

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти
денної та заочної форм навчання
за спеціальністю

174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління
Протокол № 5 від 20 грудня 2023р.

Київ 2024

УДК 378.147

Конспект лекцій з дисципліни «Інженерна графіка» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти за спеціальністю 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (Електронне видання) / Уклад.: Л. В. Карпюк – Київ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2024 – 280 с.

Даний конспект лекцій є навчальним виданням для курсу «Інженерна графіка», який викладається для здобувачів вищої освіти галузі знань автоматизації та приладобудування першого року навчання.

Відповідно до програми курсу, в конспекті лекцій викладені теоретичні положення з наступних тем курсу нарисної геометрії та інженерної графіки: проєкційні системи, епюр Монжа, проєкції точки, прямої та площини; види, розрізи, перерізи, основні вимоги до оформлення креслеників

Стиль і обсяг викладу матеріалу носять технологічну спрямованість і передбачають наявність у студентів знань шкільних курсів: «Геометрія», «Креслення».

Призначений для студентів спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка усіх форм навчання.

Укладач:

Л. В. Карпюк

Відповідальний за випуск:

Рецензент:

д.т.н., проф. М. Г. Лорія

	Стор.
ВСТУП.....	7
ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ І СИМВОЛІКА.....	13
ТЕМА 1. ОСНОВИ ПРОЄКЦІЮВАННЯ. ПРОЄКЦІЮВАННЯ ТОЧКИ.....	14
1 Види проєкціювання.....	14
1.1 Центральне проєкціювання.....	14
1.2 Паралельне проєкціювання.....	15
2 Однопроєкційне проєкціювання.....	16
3 Двопроєкційне проєкціювання. Епюр Монжа.....	17
4 Проєкціювання точки на три площини проєкцій.....	18
5 Конкуруючі точки.....	21
ТЕМА 2. ПРОЄКЦІЮВАННЯ ПРЯМОЇ ЛІНІЇ.....	23
1 Поняття прямої лінії.....	23
2 Класифікація прямих ліній.....	23
2.1 Прямі загального положення.....	24
2.2 Прямі особливого положення.....	24
2.3 Прямі рівня.....	25
2.3.1 Горизонтальна пряма рівня.....	25
2.3.2 Фронтальна пряма рівня.....	25
2.3.3 Профільна пряма рівня.....	26
2.4 Проеціюючі прямі.....	27
2.4.1 Горизонтальні проєціюючі прямі.....	27
2.4.2 Фронтальні проєціюючі прямі.....	28
2.4.3 Профільні проєціюючі прямі.....	29
3 Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення методом прямокутного трикутника.....	29
4 Сліди прямої.....	31
5 Взаємне положення прямих.....	31
ТЕМА 3. ПЛОЩИНИ.....	34
1 Визначник площин і способи задання її на кресленику.....	34
2 Класифікація площин.....	35
2.1 Площини загального положення.....	36
2.2 Площини особливого положення.....	37
2.3 Осьові площини.....	45
3 Сліди площини.....	45
4 Взаємне розташування двох площин та прямої і площини у просторі.....	46
5 Взаємна перпендикулярність геометричних фігур.....	50
ТЕМА 4. СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ПРОЄКЦІЙ.....	55
1 Загальні відомості.....	55
2 Спосіб плоскопаралельного переміщення.....	56
2.1 Паралельне переміщення відрізка прямої.....	56
2.2 Паралельне переміщення площини.....	57
2.3 Спосіб обертання навколо ліній рівня.....	58

2.4	Обертання точки.....	58
2.5	Обертання площини.....	59
2.6	Спосіб обертання навколо слідів площин (суміщення площини з площиною проєкцій).....	60
2.7	Заміна однієї площини проєкцій при проєціюванні точки.....	61
2.8	Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній.....	63
2.9	Заміна площин проєкцій при проєціюванні площин.....	65
2.10	Перетворення проєкцій за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій.....	66
ТЕМА 5. ПРОЄКЦІЮВАННЯ БАГАТОГРАННИКА. ПЕРЕТИН БАГАТОГРАННИКА ПЛОЩИНАМИ.....		70
1	Проєціювання багатогранників.....	70
2	Перетин багатогранників проєкціюючими площинами.....	72
3	Перетин багатогранників площинами загального положення.....	76
4	Перетин багатогранників з прямою лінією.....	79
ТЕМА 6. ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ.....		83
1	Загальні принципи.....	83
2	Криволінійні поверхні.....	85
3	Перетин кривих поверхонь площинами.....	86
4	Конічні перетини.....	87
5	Перетин прямої з поверхнею.....	93
6	Загальні відомості про розгортки. Розгортання гранних поверхонь.....	95
7	Розгортання кривих поверхонь.....	97
ТЕМА 7. СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ. ПРОЄКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ.....		101
1	Види зображень.....	101
2	Умовності і спрощення.....	109
3	Нанесення розмірів.....	110
4	Формати і основні написи.....	118
5	Масштаби.....	121
6	Лінії.....	121
7	Шрифти.....	123
8	Побудова уклону і конусності.....	123
9	Спряження.....	125
ТЕМА 8. РІЗЬ. ПРАВИЛА ЗОБРАЖЕННЯ РІЗИ НА КРЕСЛЕНИКУ.....		128
1	Загальні поняття різі.....	128
2	Основні елементи та параметри різі.....	130
3	Типи різей.....	131
4	Зображення різі на кресленику.....	138
ТЕМА 9. НАРІЗНІ З'ЄДНАННЯ.....		144
1	Загальні відомості.....	144
2	Умовні позначення кріпильних деталей.....	145
3	Конструкція та розміри елементів кріпильних нарізних виробів.....	145
3.1	Болти.....	146

3.2	Шпильки.....	148
3.3	Гайки.....	151
3.4	Гвинти.....	153
3.5	Шайби.....	153
4	Болтове з'єднання.....	155
5	Шпилькове з'єднання.....	156
6	Гвинтове з'єднання.....	158
7	Трубне з'єднання.....	161
	ТЕМА 10. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕНИКИ.....	166
1	Зміст кресленика.....	166
2	Розроблення кресленика.....	167
3	Умовності та спрощення у виконанні кресленика.....	167
4	Нанесення номерів позицій складових частин.....	168
5	Виконання окремих виглядів складальних креслеників.....	169
6	Вимоги до специфікацій.....	171
	ТЕМА 11. НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ.....	179
1	Види зварювання та основні способи їх виконання.....	179
2	Ручне дугове зварювання.....	181
3	Зображення швів зварних з'єднань.....	184
4	Умовне позначення швів.....	185
5	Спрощення у позначенні швів зварних з'єднань.....	187
	ТЕМА 12. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ.....	191
1	Принципи створення системи автоматизованого проектування (САПР)....	191
2	Склад і структура САПР.....	192
3	Предмет і область застосування комп'ютерної графіки.....	193
4	Відображення інформації.....	194
5	Проектування.....	194
6	Моделювання.....	194
7	Графічний інтерфейс користувача.....	195
	ТЕМА 13. ВВЕДЕННЯ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ AUTOCAD.....	197
1	Види і особливості комп'ютерної графіки.....	197
2	Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD.....	198
3	Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD.....	200
4	Використання команд у командному рядку.....	203
	ТЕМА 14. НАЛАШТУВАННЯ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА СИСТЕМИ AUTOCAD.....	206
1	Налаштування робочого середовища системи AutoCAD.....	206
2	Створення нового кресленика з використанням шаблонів.....	207
3	Система координат. Поворот і переміщення системи координат.....	208
4	Застосування прямокутних і полярних координат.....	209
	ТЕМА 15. ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ОБ'ЄКТІВ (ПРИМІТИВІВ).....	214
1	Побудова відрізків.....	214

2	Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь).....	215
3	Побудова прямокутників.....	216
4	Побудова багатокутників.....	216
5	Побудова криволінійних об'єктів.....	217
6	Штрихування.....	220
	ТЕМА 16. ВІДСТЕЖЕННЯ І ОБ'ЄКТНА ПРИВ'ЯЗКА.....	222
1	Крокова прив'язка й сітка.....	222
2	Полярне відстеження.....	223
3	Прив'язка до характерних точок об'єктів.....	225
4	Об'єктне відстеження.....	228
	ТЕМА 17. МЕТОДИ РЕДАГУВАННЯ ПРОСТИХ ТА СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	231
1	Методи вибору та виділення об'єктів.....	231
2	Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів.....	233
3	Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів.....	234
4	Редагування форми та розмірів об'єктів.....	236
5	Редагування за допомогою ручок.....	237
	ТЕМА 18. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ШАРАМИ Й ТЕКСТОВИМИ СТИЛЯМИ.....	240
1	Установка властивостей об'єктів.....	240
2	Шари та їх властивості.....	241
3	Нанесення на кресленик розмірів.....	243
4	Текстові стилі та їх модифікація.....	244
	ТЕМА 19. ПОНЯТТЯ ГРАФІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СХЕМ.....	248
1	Оформлення графічної частини інженерного проєкту.....	248
2	Основні правила виконання схем.....	251
3	Структурна електрична схема.....	252
4	Функціональна схема автоматизації.....	252
5	Принципова електрична схема.....	261
6	Схема з'єднань.....	267
7	Схема підключення.....	269
8	Гідравлічні та пневматичні схеми.....	272
	Рекомендована література.....	276

ВСТУП

Інженерна графіка – це дисципліна, яка складається з двох дисциплін: нарисної геометрії та технічного креслення.

Нарисна геометрія – розділ геометрії, в якому просторові фігури вивчають за допомогою зображень їхніх графічних моделей на площині кресленика.

Предмет нарисної геометрії – це розробка методів побудови та читання креслеників, розв’язання на креслениках геометричних задач, розробка методів геометричного моделювання, тобто створення проєкцій об’єкта, який відповідав би наперед заданим геометричним та іншим вимогам, а та-кож побудова зображень предметів та об’єктів деякої конкретної галузі інженерної діяльності. Формоутворюючими елементами простору є основні геометричні фігури – точка, пряма та площина, з яких утворюються складніші фігури.

Нарисна геометрія – одна з дисциплін, що складає основу інженерного утворення. Ця дисципліна дає можливість графічно обґрунтувати способи побудови зображень просторових фігур, деталей форм на плоскому кресленику і за даними зображеннями цих форм на плоскому кресленику розпізнати просторову фігуру, а також розв’язувати графічно задачі геометричного характеру.

Вивчення нарисної геометрії сприяє розвитку просторової уяви, яка необхідна інженеру будь-якої спеціальності для глибокого розуміння технічного креслення, для створення й розробки нових конструкцій.

Засновником нарисної геометрії є французький геометр Гаспар Монж (1746-1818). В 1799 р. з’явилася його знаменита книга «Geometrie descriptive» («Нарисна геометрія»). У цій геометрії окремі прямокутні проєкції на вертикальні та горизонтальні площини були зведені в єдину систему.

Нарисна геометрія, як окрема загальнотехнічна дисципліна викладається у вищих навчальних закладах вже протягом двох останніх століть. Викладання та вивчення цієї дисципліни базується на довузівській геометричній і графічній підготовці студентів і об’єктивно не становить значних труднощів для засвоєння її основних положень. У нарисній геометрії практично відсутній матеріал, що потребує механічного запам’ятовування, немає складних математичних викладок та доведень. Тим не менш нарисна геометрія традиційно вважається у студентів однією із найскладніших дисциплін. Складність її, як відомо, в основному полягає в тому, що на плоскому зображенні відображуються просторові форми, конфігурація, взаємне положення та розміри яких визначаються відповідними способами, свідоме застосування яких здійснюється створенням у студента певних просторових уявлень на основі його просторової уяви.

Метою викладання навчальної дисципліни «Інженерна графіка» є розвиток просторового та інженерного мислення з точки зору вивчення і вдосконалення сучасних методів, правил і норм побудови креслеників просторових форм і виробів, забезпечення майбутнім спеціалістам достатнього рівня

знань з інженерної графіки, необхідних при вивченні спеціальних інженерних дисциплін.

Таким чином, *завданням вивчення* інженерної графіки є:

- здобуття: знань теоретичних основ побудови зображень, простих ліній, площин, геометричних фігур; навичок визначення форми простих деталей за їх зображенням; навичок читання і виконання креслеників схем;

- ознайомлення: зі способами побудови зображень; із зображенням деталей та їх з'єднань;

- оволодіння: навичками розв'язувати задачі на взаємну належність і перетин геометричних фігур, на визначення їхньої натуральної величини; просторовою уявою, здатністю аналізувати форму виробів за їх креслениками; вмінням читати кресленики складаних одиниць, складених із простих деталей.

Зміст та обсяг аудиторних занять навчальної дисципліни «Інженерна графіка» денної форми навчання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміст аудиторних занять здобувачів вищої освіти за денною формою навчання

Назва теми та короткий зміст лекційних занять	Кількість годин	Рекомендована література
1	2	3
<p>Лекція 1 Тема 1. Основи проєкціювання. Проєкціювання точки <i>Стислий зміст:</i> Види проєкціювання. Центральне проєкціювання. Паралельне проєкціювання. Однопроєкційне проєкціювання. Двопроєкційне проєкціювання. Епюр Монжа. Проєкціювання точки на три площини проєкцій. Конкуруючі точки.</p>	2	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
<p>Лекції 2-3 Тема 2. Проєкціювання прямої лінії <i>Стислий зміст:</i> Поняття прямої лінії. Класифікація прямих ліній. Прямі загального положення. Прямі особливого положення. Прямі рівня. Горизонтальна пряма рівня. Фронтальна пряма рівня. Профільна пряма рівня. Проєціюючі прямі. Горизонтальні проєціюючі прямі. Фронтальні проєціюючі прямі. Профільні проєціюючі прямі. Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення методом прямокутного трикутника. Сліди прямої. Взаємне положення прямих.</p>	4	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
<p>Лекції 4-5 Тема 3. Площини</p>	4	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]

<p><u>Стислий зміст:</u> Визначник площин і способи задання її на рисунку. Класифікація площин. Площини загального положення. Площини особливого положення. Осьові площини. Сліди площини. Взаємне розташування двох площин та прямої і площини у просторі. Взаємна перпендикулярність геометричних фігур.</p>		
<p>Лекція 6 Тема 4. Способи перетворення ортогональних проєкцій</p> <p><u>Стислий зміст:</u> Загальні відомості. Спосіб плоскопаралельного переміщення. Паралельне переміщення відрізка прямої. Паралельне переміщення площини. Спосіб обертання навколо ліній рівня. Обертання точки. Обертання площини. Спосіб обертання навколо слідів площин (суміщення площини з площиною проєкцій. Заміна однієї площини проєкцій при проєціюванні точки. Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній. Заміна площин проєкцій при проєціюванні площин. Перетворення проєкцій за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій.</p>	2	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
<p>Лекції 7-8 Тема 5. Проєціювання багатогранника. Перетин багатогранника площинами</p> <p><u>Стислий зміст:</u> Проєціювання багатогранників. Перетин багатогранників проєціюючими площинами. Перетин багатогранників площинами загального положення. Перетин багатогранників з прямою лінією. Питання для самоконтролю. Завдання для самостійної роботи.</p>	4	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
<p>Лекції 9 Тема 6. Перетин поверхонь</p> <p><u>Стислий зміст:</u> Загальні принципи. Криволінійні поверхні. Перетин багатогранників площинами. Перетин кривих поверхонь площинами. Визначення точок перетину прямої лінії з поверхнями. Взаємний перетин багатогранників. Взаємний перетин кривих поверхонь</p>	2	[4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]
<p>Лекція 10 Тема 7. Система конструкторської документації. Проєкційне креслення</p> <p><u>Стислий зміст:</u> Види зображень. Умовності і спрощення. Нанесення розмірів. Формати і основні</p>	2	[13], [514] [15], [16]

написи. Масштаби. Лінії. Шрифти. Побудова уклону і конусності. Спряження. Рознімні з'єднання деталей.		
Лекції 11-12 Тема 8. Різь. Правила зображення різі на кресленнику <i>Стислий зміст:</i> Загальні поняття різі. Основні елементи та параметри різі. Типи різей. Зображення різі на кресленнику.	4	[13], [514 [15], [16
Лекції 13-14 Тема 9. Нарізні з'єднання <i>Стислий зміст:</i> Технічні вимоги до кріпильних деталей. Умовні позначення кріпильних деталей. Конструкція та розміри елементів кріпильних нарізних виробів. Болти. Шпильки. Гайки. Гвинти. Шайби. Нарізні з'єднання. Болтові з'єднання. Шпилькові з'єднання. Гвинтові з'єднання. Трубне з'єднання.	4	[13], [514 [15], [16
Лекції 15-16 Тема 10. Складальні кресленики <i>Стислий зміст:</i> Зміст кресленника. Розроблення кресленника. Умовності та спрощення у виконанні кресленника. Проставляння розмірів. Нанесення номерів позицій складових частин. Виконання окремих виглядів складальних креслеників. Вимоги до специфікацій.	4	[13], [514 [15], [16
Лекції 17-18 Тема 11. Нерознімні з'єднання <i>Стислий зміст:</i> Види зварювання та основні способи їх виконання. Ручне дугове зварювання. Зображення швів зварних з'єднань. Умовне позначення швів. Спрощення у позначенні швів зварних з'єднань.	3	[13], [514 [15], [16
Лекція 19 Тема 12. Основні положення комп'ютерної графіки <i>Стислий зміст:</i> Принципи створення системи автоматизованого проектування (САПР). Склад і структура САПР. Предмет і область застосування комп'ютерної графіки. Відображення інформації. Проектування. Моделювання. Графічний інтерфейс користувача.	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
Лекція 20 Тема 13. Введення до системи автоматизованого проектування AutoCAD.	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]

<p><u>Стислий зміст:</u> Види і особливості комп'ютерної графіки. Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD. Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD. Використання команд у командному рядку.</p>		
<p>Лекція 21 Тема 14. Налаштування робочого середовища системи AutoCAD. <u>Стислий зміст:</u> Налаштування робочого середовища системи AutoCAD. Створення нового креслення з використанням шаблонів. Система координат. Поворот і переміщення системи координат. Застосування прямокутних і полярних координат.</p>	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
<p>Лекція 22 Тема 15. Особливості побудови елементарних об'єктів (примітивів). <u>Стислий зміст:</u> Побудова відрізків. Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь). Побудова прямокутників. Побудова багатокутників. Побудова криволінійних об'єктів. Штрихування.</p>	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
<p>Лекція 23 Тема 16. Відстеження і об'єктна прив'язка. <u>Стислий зміст:</u> Крокова прив'язка й сітка. Полярне відстеження. Прив'язка до характерних точок об'єктів. Об'єктне відстеження..</p>	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
<p>Лекція 24 Тема 17. Методи редагування простих та складних об'єктів. <u>Стислий зміст:</u> Методи вибору та виділення об'єктів. Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів. Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів. Редагування форми та розмірів об'єктів. Редагування за допомогою ручок.</p>	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
<p>Лекція 25 Тема 18. Особливості роботи з шарами й текстовими стилями. <u>Стислий зміст:</u> Установка властивостей об'єктів. Шари та їх властивості. Нанесення на кресленику розмірів. Текстові стилі та їх модифікація.</p>	2	[1] [2], [19], [20], [21], [23]
<p>Лекція 26 Тема 19. Поняття графічної документації при проектуванні схем.</p>	2	[25], [26], [27], [28]

<u>Стислий зміст:</u> Оформлення графічної частини інженерного проекту. Основні правила виконання схем. Структурна електрична схема. Функціональна схема автоматизації. Принципова електрична схема. Схема з'єднань. Схема підключення. Гідравлічні й пневматичні схеми.		
Підсумковий контроль знань	залік	

Рекомендації щодо вивчення дисципліни

Курс інженерної графіки слід опанувати наступним порядком:

1. Ознайомтесь з матеріалом теми лекції.
2. Ознайомтесь з рекомендованою літературою до певної теми. Бажано занотувати у робочому зошиті основні положення і зарисовувати окремі кресленики.
3. Надайте відповіді на питання для самоконтролю. Бажано записати відповіді в робочий зошит.
4. Уважно ознайомтесь зі стандартами, які необхідні для виконання завдання, що запропоновано для самостійної роботи.
5. Виконайте завдання, що запропоновано для самостійної роботи. Побудови виконати, використовуючи інструменти для креслення

▪ **ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ І СИМВОЛІКА**

- $\Delta, \Sigma, \Pi, \Lambda, \Psi, \Phi, \Omega$ – поверхні (площини)
- Π_1, Π_2, Π_3 – основні площини проєкцій
- Π_4, Π_5, \dots – додаткові площини проєкцій
- a, b, c, \dots – лінії в просторі
- $A, B, C, \dots, 1, 2, 3, \dots$ – точки в просторі
- $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ – кути
- $A_1, A_2, A_3, \dots, a_1, a_2, a_3, \dots, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ – проєкції точок, ліній, поверхонь на площині проєкцій
- (AB) – пряма, яка проходить через точки A і B
- $[AB]$ – відрізок прямої
- $|AB|$ – відстань між точками A і B
- \parallel – паралельність
- \perp – перпендикулярність
- \nparallel – непаралельність
- \nperp – неперпендикулярність
- $=$ – рівність, результат
- \equiv – тотожність
- \in – приналежність
- \subset – включення
- \cap – перетинання

ТЕМА 1

ОСНОВИ ПРОЄКЦІЮВАННЯ. ПРОЄКЦІЮВАННЯ ТОЧКИ

Зміст теми:

1. Види проєкціювання
 - 1.1. Центральне проєкціювання
 - 1.2. Паралельне проєкціювання
2. Однопроєкційне проєкціювання
3. Двопроєкційне проєкціювання. Елюр Монжа
4. Проєкціювання точки на три площини проєкцій
5. Конкуруючі точки

1 Види проєкціювання

Предметом нарисної геометрії є виклад і обґрунтування способів побудови просторових форм на площині і способів рішення завдань геометричного характеру за заданими зображеннями цих форм.

Метод проєкціювання дозволяє однозначно вирішити:

- пряме завдання - згідно заданого оригіналу побудувати його проєкційний кресленик;

- зворотне завдання - визначення оригіналу згідно проєкції.

Побудова зображень у нарисній геометрії основана на методі проєкцій.

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

Проєкціювання може бути центральним і паралельним.

1.1 Центральне проєкціювання

Центральне проєкціювання – це проєкціювання на задану площину проєкцій із заданого або довільно обраного центра проєкціювання.

Основні властивості:

- будь-який геометричний предмет, при незмінному його положенні щодо площини проєкцій і центра проєкціювання, має на площині проєкцій єдину проєкцію;

- будь-яка точка на площині проєкцій є проєкцією незліченної безлічі точок;

- проєкція прямої лінії в загальному випадку - пряма лінія.

Перевага:

- наочність одержуваного зображення.

Недоліки:

- складність визначення дійсних розмірів проєкціюваного предмета згідно його зображення;

- центральне проєкціювання застосовується тоді, коли зображення повинне

наочно відбивати лише форму проєцйюемого предмета (живопис, архітектура, фото, кіно).

Суть центрального проєкціювання полягає в тому, що із центра проєкції точки S через кожену точку A, B, C і т.д. будь-якого просторового об'єкта проходить промінь, що називається проєкційним. Цей промінь, перетинаючи площину проєкцій Π_1 , дає проєкцію даної точки. На площині проєкцій кожній точці A, B, C і т.д. просторового об'єкта буде відповідати тільки одна точка A_1, B_1, C_1 і т.д. Це і є центральними проєкціями точок A, B, C .

Сукупність усіх проєкцій цих точок і дає проєкцію даного об'єкта на площині кресленика (рис. 1.1).

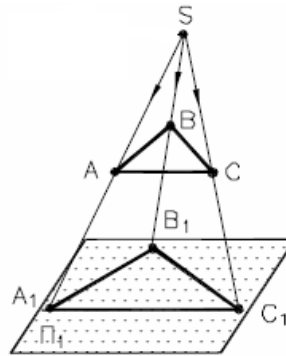


Рисунок 1.1 – Центральне проєкціювання точок

1.2 Паралельне проєкціювання

Паралельне проєкціювання – це проєкціювання за допомогою паралельних проєкційних променів.

Основні властивості:

- паралельні прямі проєкціюються у вигляді паралельних прямих;
- відношення відрізків двох паралельних відрізків дорівнює відношенню проєкцій цих відрізків.

Перевага:

- порівняльна нескладність визначення дійсних розмірів проєкційних предметів згідно їх зображенню.

Недолік:

- менша, у порівнянні із центральним проєкціюванням, наочність зображень.

Якщо проєкційні промені не перпендикулярні до площини проєкцій, проєкціювання називається **косокутним** чи **похилим** (рис. 1.2). В тому випадку, коли проєкційні промені перпендикулярні до площини проєкцій – **прямокутним** або **ортогональним** (рис. 1.3).

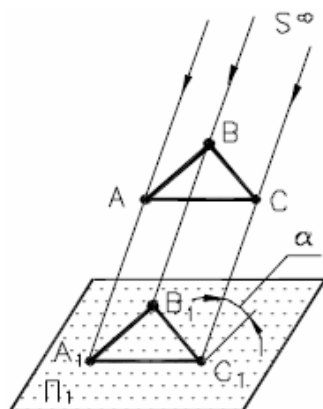


Рисунок 1.2 - Паралельне косокутне проєкціювання

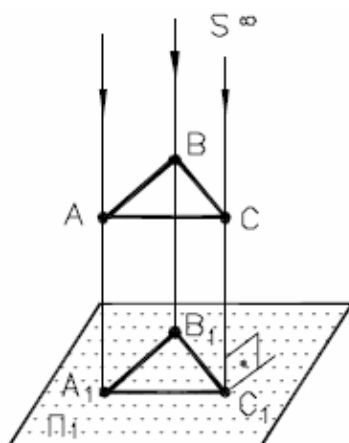


Рисунок 1.3 - Паралельне прямокутне проєкціювання

Надалі буде використовуватися тільки паралельне ортогональне проєкціювання.

2 Однопроєкційне проєкціювання

При заданому напрямку проєкціювання точка **A** має єдину проєкцію **A₁**.

В той же час точка **A** є проєкцією нескінченної кількості точок, що лежать на проєкуючій прямій, яка проходить через точку **A** (рис.1.4).

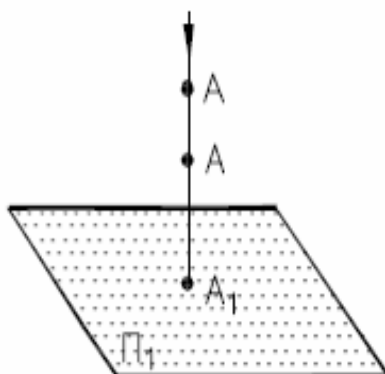


Рисунок 1.4 - Однопроєкційне проєкціювання

3 Двопроекційне проєкціювання. Епюр Монжа

Будь-який кресленик повинен бути оборотним. Пряма задача – будь-яку точку, що знаходиться в просторі, завжди можна спроектувати на площину проєкції й одержати проєкцію цієї точки. Зворотна задача – за проєкцією точки необхідно визначити її положення в просторі. Для однозначності рішення зворотного завдання необхідне проєкціювання оригіналу на дві або більше площини.

Якщо дана тільки одна площина проєкції, то одній проєкції точки в просторі відповідає нескінченна кількість точок. Виходить, одна проєкція не визначає положення об'єкта в просторі. Отже, щоб зробити кресленик оборотним, потрібні дві проєкції точки.

На рисунку 1.5 зображено проєкції точки A на двох площинах проєкцій:

Π_1 – горизонтальна площина проєкцій;

Π_2 – фронтальна площина проєкцій;

A_1 – горизонтальна проєкція точки A ;

A_2 – фронтальна проєкція точки A ;

OX – вісь проєкцій;

Якщо горизонтальну площину проєкцій Π_1 повернути навколо осі OX до суміщення в одну площину з площиною Π_2 , то таке розгорнуте зображення називають *епюром*.

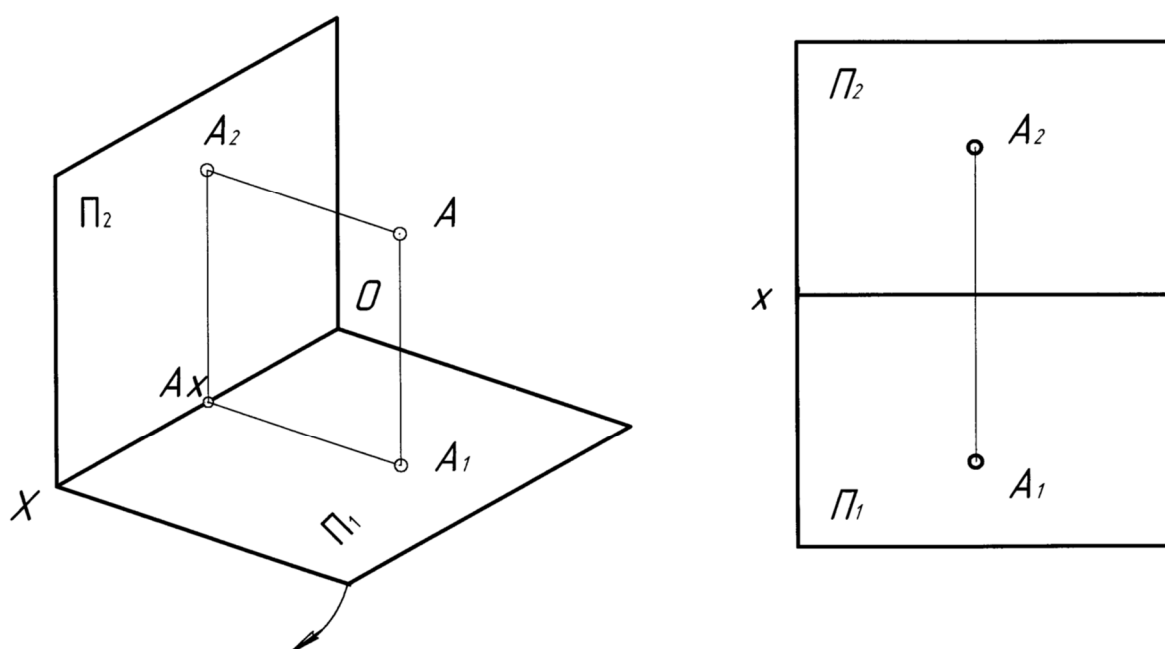


Рисунок 1.5 - Двопроекційне проєкціювання

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

4 Проекціювання точки на три площини проєкцій

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

Нехай задані три взаємно перпендикулярні площини проєкцій, які утворюють прямий тригранний кут (рис. 1.6): Π_1 – горизонтальна, Π_2 – фронтальна і Π_3 – профільна площини проєкцій; лінії Ox , Oy , Oz взаємного перетину площин проєкцій – осі проєкцій, а точка O – початок координат. В просторі задана точка A і потрібно побудувати її проєкції на площини Π_1 , Π_2 і Π_3 . Для цього із точки A проводять проєкціювальні промені AA_1 , AA_2 , AA_3 , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. В результаті перетину отримують A_1 – горизонтальну, A_2 – фронтальну і A_3 – профільну проєкції точки A .

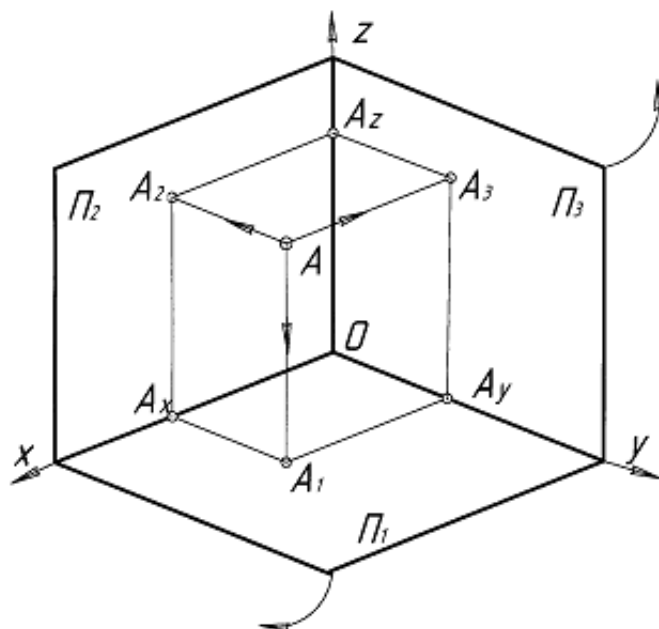


Рисунок 1.6 - Проекціювання точки на три площини проєкцій

Використовувати таку просторову модель на плоскому кресленику незручно. Тому виконується розгортка площин проєкцій. Якщо площини проєкцій Π_1 і Π_3 повернути відповідно навколо осей Ox і Oz в напрямку, вказаному стрілками, до суміщення з площиною проєкцій Π_2 , то отримуємо епюр, який містить у собі три проєкції точки (рис. 1.7).

Часто положення точки в просторі задається її координатами. Координати точки у просторі записують $A(x,y,z)$. Відстань від точки A до площини проєкції Π_1 визначається координатою z , до площини проєкції Π_2 – координатою y , до площини проєкції Π_3 – координатою x . Для побудови горизонтальної проєкції точки необхідно знати координати X_A і Y_A . Побудова фронтальної проєкції точки ведеться за координатами X_A і Z_A , профільної проєкції точки – за координатами Y_A і Z_A (рис. 1.7). Координати проєкцій точок записують: $A_1(x,y)$ – горизонтальна проєкція точки A , $A_2(x,z)$ – фронтальна проєкція точки A , $A_3(y,z)$ – профільна проєкція точки A .

Якщо одна з координат точки дорівнює нулю, то точка належить одній з площин проєкції.

Пряма A_1A_2 називається *вертикальною лінією зв'язку*, A_2A_3 – *горизонтальною лінією зв'язку* (рис. 1.7).

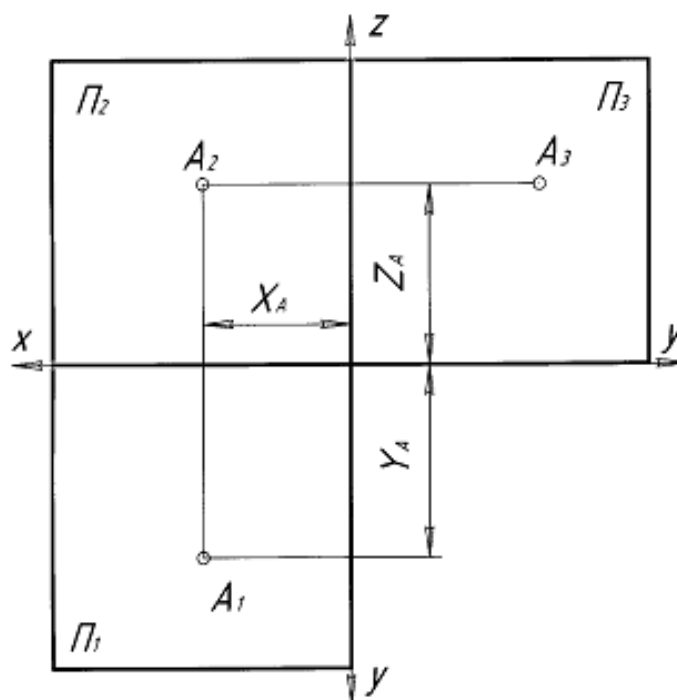


Рисунок 1.7 – Епюр. Розгортка площин проєкцій

Три площини проєкцій у своєму перетині утворюють вісім тригранних кутів, поділяючи простір на вісім частин — вісім октантів. Відлік октантів показаний на рисунку 1.8.

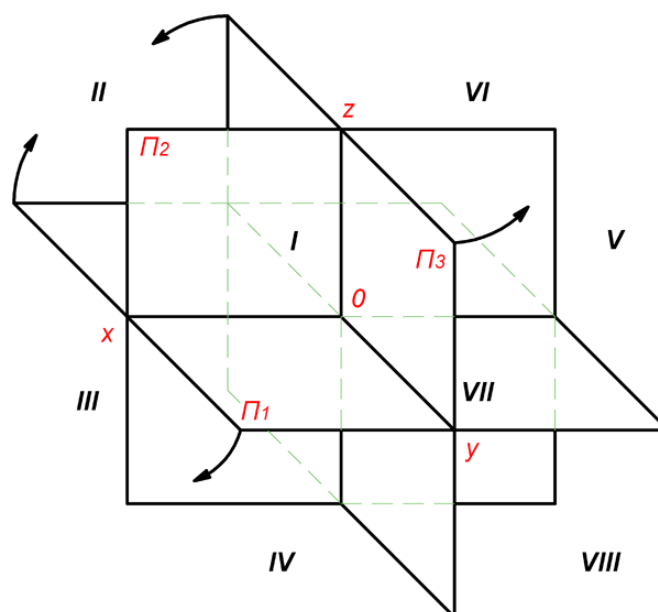


Рисунок 1.8 – Поділ простору на октанти трьома взаємно перпендикулярними площинами

Ребрами цих октантів (тригранних кутів) є осі **OX**, **OY**, **OZ**, а площинами — відповідні частини площин проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 . Точку перетину трьох осей **O** називають початком осей проєкцій. Додатні напрями осей проєкцій показані на рисунку 1.8.

Отже, за напрямом осей проєкцій відносно точки **O** легко уявити кожний октант. У таблиці 1.1 знаками «+» та «-» позначено напрями осей проєкцій для кожного октанта.

Таблиця 1.1

Осі проєкцій	Октанти							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
OX	+	+	+	+	-	-	-	-
OY	+	-	-	+	+	-	-	+
OZ	+	+	-	-	+	+	-	-

Щоб перейти від просторової системи трьох взаємно перпендикулярних площин проєкцій до плоскої (до епюра), потрібно горизонтальну площину проєкцій обернути навколо осі **OX**, як і в системі Π_1 , Π_2 , а профільну — навколо осі **OZ** у напрямі проти руху годинникової стрілки до суміщення її з фронтальною площиною проєкцій. Обертання цих площин проєкцій на рисунку 1.9 показано стрілками. Вісь **OY** при цьому неначе роздвоюється, тобто одна її частина належить Π_1 , а інша — Π_3 .

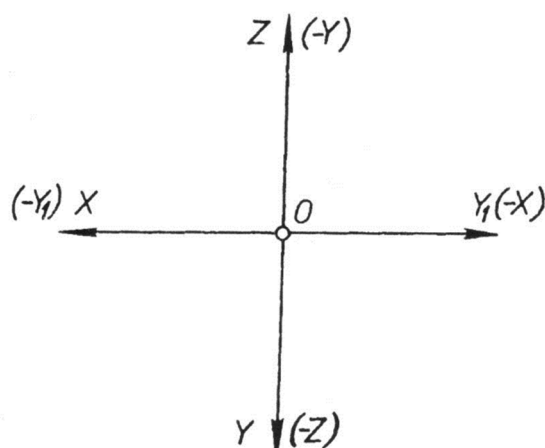


Рисунок 1.9 – Плоска система трьох взаємно перпендикулярних площин проєкцій

Положення точки в просторі визначається її проєкціями на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій.

Фронтальна та горизонтальна проєкції точки завжди розташовані на одній вертикальній лінії проєкційного зв'язку.

Залежно від положення точки в тій чи іншій чверті буде визначатися розташування її проєкцій на епюрі:

а) якщо точка розташована в першій чверті, то горизонтальна проєкція точки — під віссю проєкцій, а фронтальна — над цією віссю;

б) якщо точка розташована в другій чверті, то обидві проєкції точки — горизонтальна і фронтальна — над віссю проєкцій;

в) якщо точка розташована в третій чверті, то горизонтальна проєкція точки — над віссю проєкцій, а її фронтальна проєкція — під цією віссю;

г) якщо точка розташована в четвертій чверті, то і горизонтальна, і фронтальна проєкції розташовані під віссю проєкцій.

Якщо точка належить площині проєкцій, то одна її проєкція збігається з точкою, а інша лежить на осі проєкцій.

Якщо точка задана координатами X, Y, Z , то:

відстань від точки Π_2 до фронтальної площини проєкцій визначається координатою Y ; на епюрі — це відстань від горизонтальної проєкції точки до осі проєкцій. Координата Y додатна для точок, розташованих перед фронтальною площиною проєкцій, і від'ємна для точок, розташованих за нею;

відстань від точки до горизонтальної площини проєкцій визначається координатою Z ; на епюрі — це відстань від фронтальної проєкції точки до осі проєкцій. Координата Z додатна для точок, розташованих над горизонтальною площиною проєкцій, і від'ємна для точок, розташованих під нею;

5 Конкуруючі точки

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

На рисунку 1.10 показано дві пари конкуруючих точок A і B , C і D . Точки A і B конкурують (збігаються) на Π_1 , точка B невидима. Точки C і D конкурують на Π_2 , точка D невидима. В дужках на епюрі зображають невидимі точки.

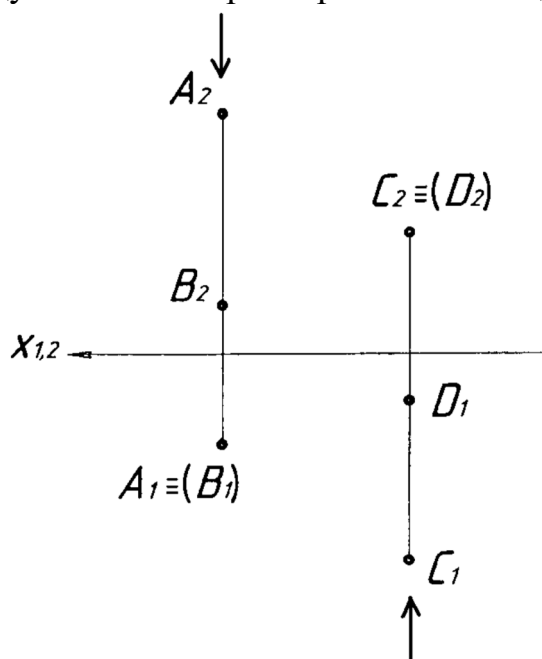


Рисунок 1.10 – Конкуруючі точки

Контрольні питання

- 1 Назвіть основні методи проєкціювання і поясніть їх сутність.
- 2 Сформулюйте основні властивості центрального проєкціювання.
- 3 Сформулюйте основні властивості паралельного проєкціювання.
- 4 Який метод лежить в основі нарисної геометрії?
- 5 Що являє собою просторова система координат?
- 6 Як утворюється комплексний кресленик?
- 7 Епюр Монжа. Як його отримати?
- 8 Які координати має точка в просторовій системі координат?
- 9 Як визначається видимість конкуруючих точок?
- 10 Які виміри, або координати має точка, що лежить у просторі? Що лежить на площині проєкцій Π_2 ? Що лежить на осі проєкцій Ox ?
- 11 У якій послідовності будують проєкції точки за її координатами?
- 12 Якими способами можна побудувати третю проєкцію точки за двома її відомими?

ТЕМА 2 ПРОЄКЦЮВАННЯ ПРЯМОЇ ЛІНІЇ

Зміст теми:

- 1 Поняття прямої лінії
- 2 Класифікація прямих ліній
 - 2.1 Прямі загального положення
 - 2.2 Прямі особливого положення
 - 2.3 Прямі рівня
 - 2.3.1 Горизонтальна пряма рівня
 - 2.3.2 Фронтальна пряма рівня
 - 2.3.3 Профільна пряма рівня
 - 2.4. Проеціюючі прямі
 - 2.4.1 Горизонтальні проєціюючі прямі
 - 2.4.2 Фронтальні проєціюючі прямі
 - 2.4.3 Профільні проєціюючі прямі
- 3 Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення методом прямокутного трикутника
- 4 Сліди прямої
- 5 Взаємне положення прямих

1 Поняття прямої лінії

Поняття прямої лінії відноситься до основних геометричних понять, які приймаються без визначення. Прямую можна розглядати статично як результат перетину двох площин, або кінематично як сукупність послідовних положень рухомої у просторі точки у напрямку найкоротшої відстані між двома точками А і В.

У нарисній геометрії пряму в просторі розглядають як безмежну. Частину прямої, обмежену двома точками, називають відрізком.

На комплексному рисунку пряму можна позначити як безмежну $a(a_1, a_2, a_3)$, або як відрізок прямої $AB (A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3)$.

Комплексний рисунок прямої лінії будується за тими ж законами проєкційного зв'язку, як і комплексний рисунок точки.

Оскільки відрізок прямої цілком визначається двома точками, обмежуючих його кінці, то для побудови комплексного рисунка прямої досить побудувати комплексний рисунок двох точок і однойменні проєкції цих точок з'єднати прямими лініями. Одна проєкція прямої не визначає однозначно її положення у просторі. Необхідно мати як мінімум дві проєкції.

2 Класифікація прямих ліній

В основу класифікації прямих ліній покладено їх розташування відносно площин проєкцій. Усі можливі прямі можна зобразити на такій схемі (Рисунок 2.1):

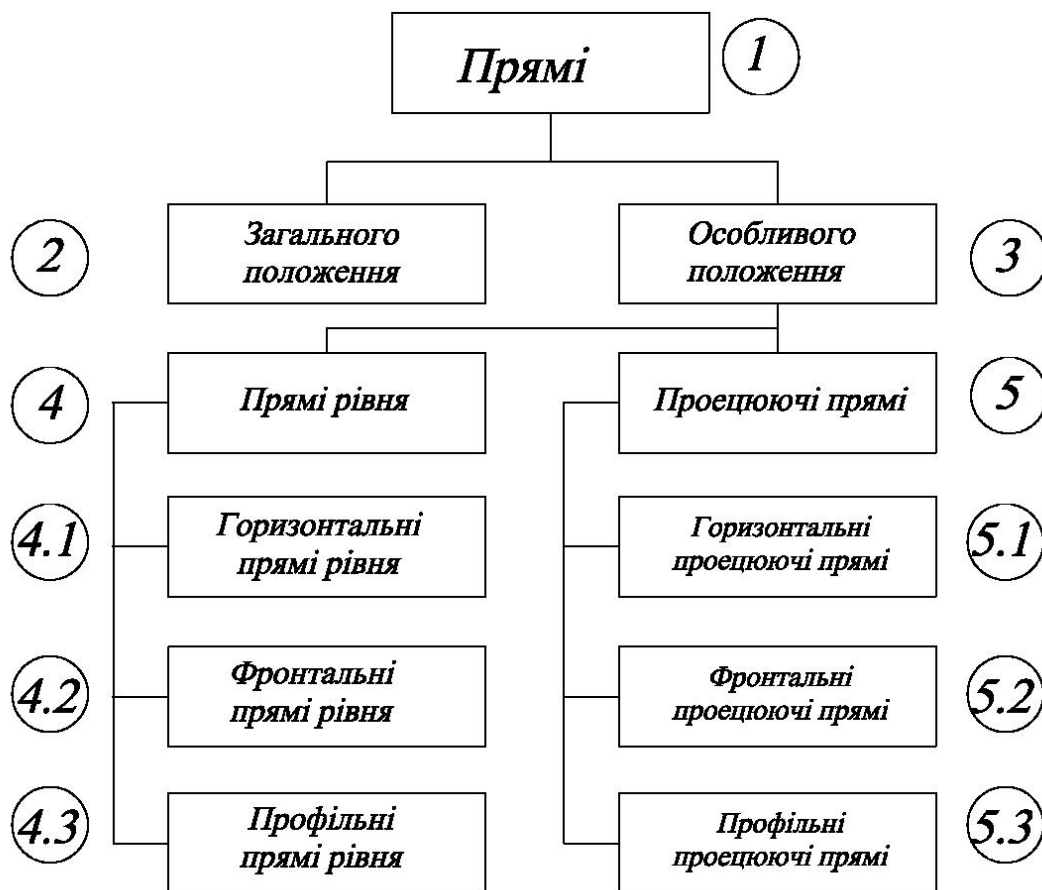


Рисунок 2.1 - Класифікація прямих згідно до їх положення по відношенню до площин проєкцій

2.1 Прямі загального положення

Прямою загального положення називають пряму, розташовану похило до всіх площин проєкцій. її проєкції утворюють із осями **OX**, **OY** і **OZ** гострі або тупі кути, тобто жодна з проєкцій не може бути паралельною або перпендикулярною до них. Жодна з проєкцій цієї прямої не зображає на комплексному рисунку натуральну величину оригіналу. Окрім прямих загального положення існують прямі особливо положення, які поділяють на проєціючі і прямі рівня.

$$\textcircled{2} \quad AB \not\parallel, \not\perp \pi_1, \pi_2, \pi_3$$

2.2 Прямі особливо положення

Окрім прямих загального положення існують прямі особливо положення, які поділяють на проєціючі і прямі рівня.

Прямыми особливо положення є прямі, перпендикулярні, паралельні площинам проєкцій, або такі, що належать їм.

$$\textcircled{3} \quad AB // \text{ або } \perp \pi_1, \text{ або } \pi_2, \text{ або } \pi_3$$

2.3 Прямі рівня

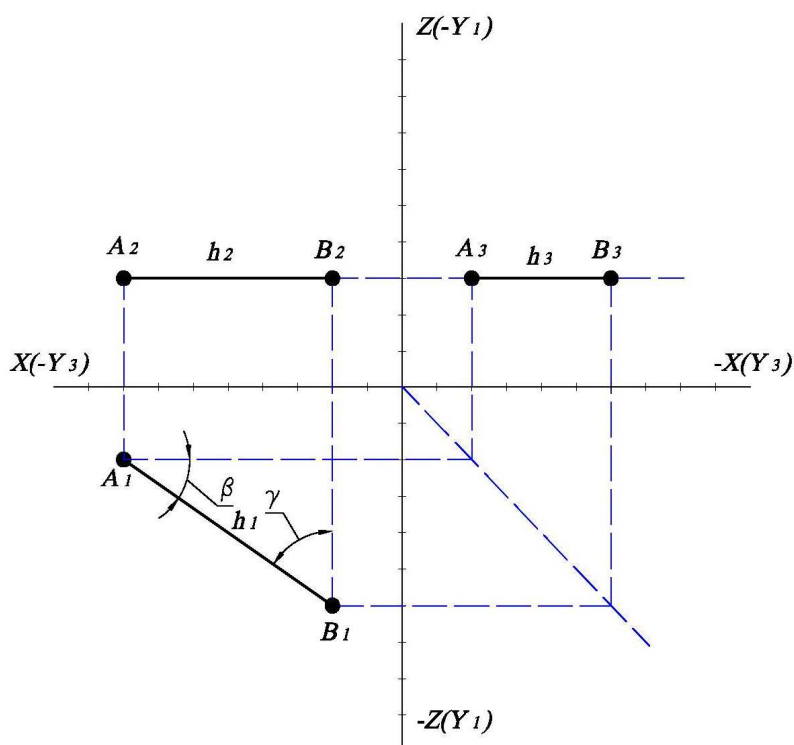
Прямими рівня називаються прямі, паралельні одній з площин проєкцій, на яку вони проєціюються в натуральну величину.

- ④ $AB // \pi_1, \text{ або } \pi_2, \text{ або } \pi_3 \text{ але } \not// \not\perp,$
двом другим площинам проєкцій

2.3.1 Горизонтальна пряма рівня

- ④.1 $AB // \pi_1, \text{ але } \not// \not\perp, \pi_2 \text{ і } \pi_3$

- Це горизонтальна пряма $//\pi_1$
- Позначається на кресленику: $h(h_1, h_2, h_3)$ - горизонталь
- AB до π_1 - α - кут нахилу до π_1
- AB до π_2 - β - кут нахилу до π_2
- AB до π_3 - γ - кут нахилу до π_3
- ЗАВЖДИ:
- $h_2 // x$
- $h_3 // y$
- $A_1B_1 = |AB|$
- $\alpha = 0$
- $\gamma + \beta = 90^\circ$

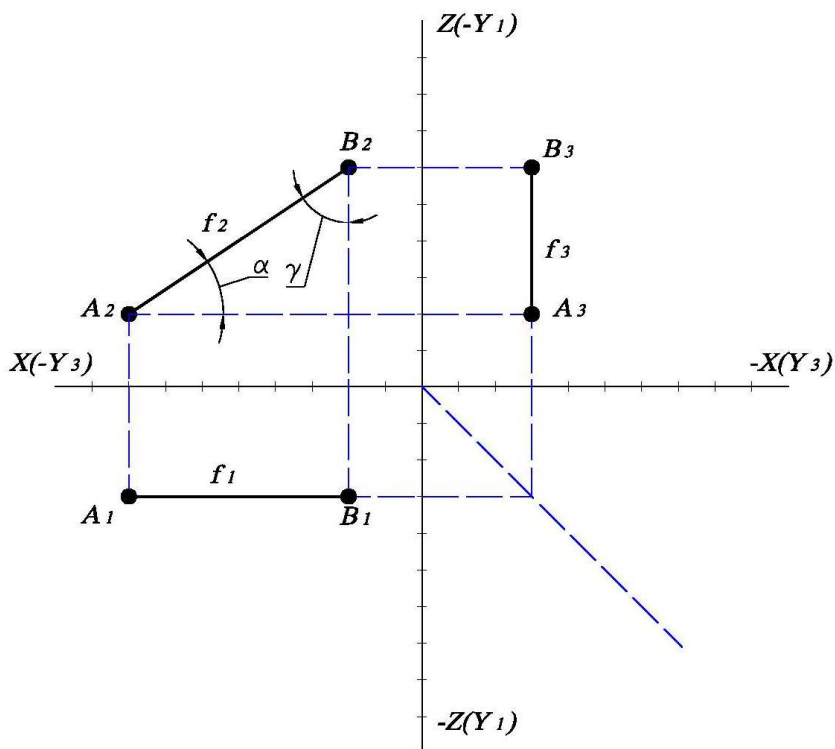


2.3.2 Фронтальна пряма рівня

- ④.2 $AB // \pi_2, \text{ але } \not// \not\perp, \pi_1 \text{ і } \pi_3$

- Це фронтальна пряма $//\pi_2$
- Позначається на кресленику: $f(f_1, f_2, f_3)$ - фронталь

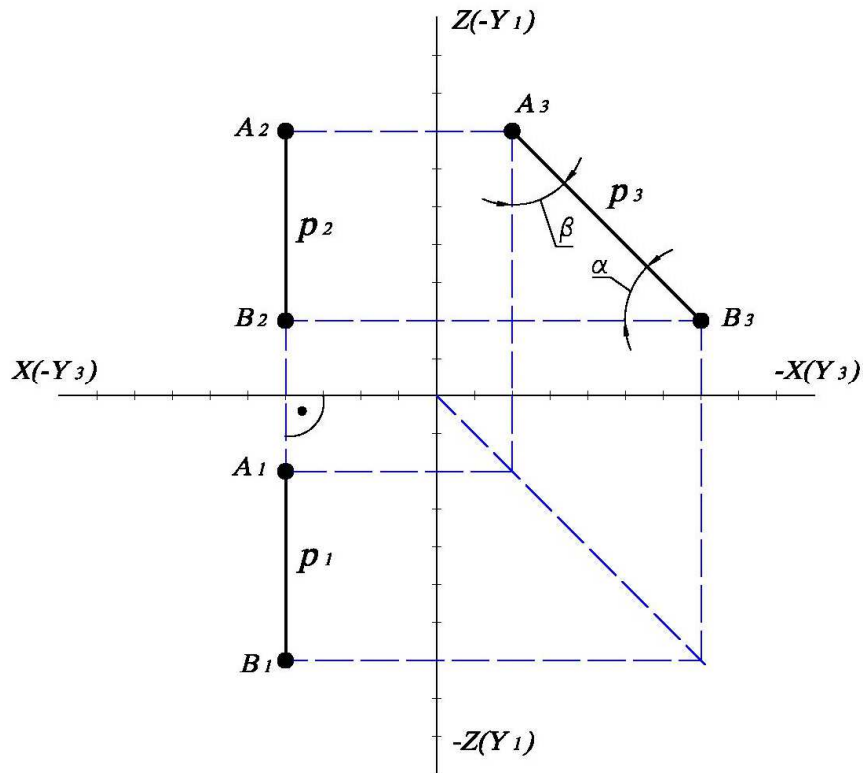
- ЗАВЖДИ:
- $f_1 // x$
- $f_3 // y$
- $A_2B_2 = |AB|$
- $\beta = 0$
- $\alpha + \gamma = 90^\circ$



2.3.3 Профільна пряма рівня

4.3 $AB // \pi_3$, але $\nparallel \pi_1, \pi_2$

- Це профільна пряма $// \pi_3$
- Позначається на кресленнику: $p(p_1, p_2, p_3)$ - профіль
- ЗАВЖДИ:
- p_1 перпендикулярна x
- p_2 перпендикулярна x
- $A_3B_3 = |AB|$
- $\alpha + \beta = 90^\circ$
- $\gamma = 0$



2.4 Проеціючі прямі

Проеціючими прямими називаються прямі перпендикулярні площинам проєкцій.

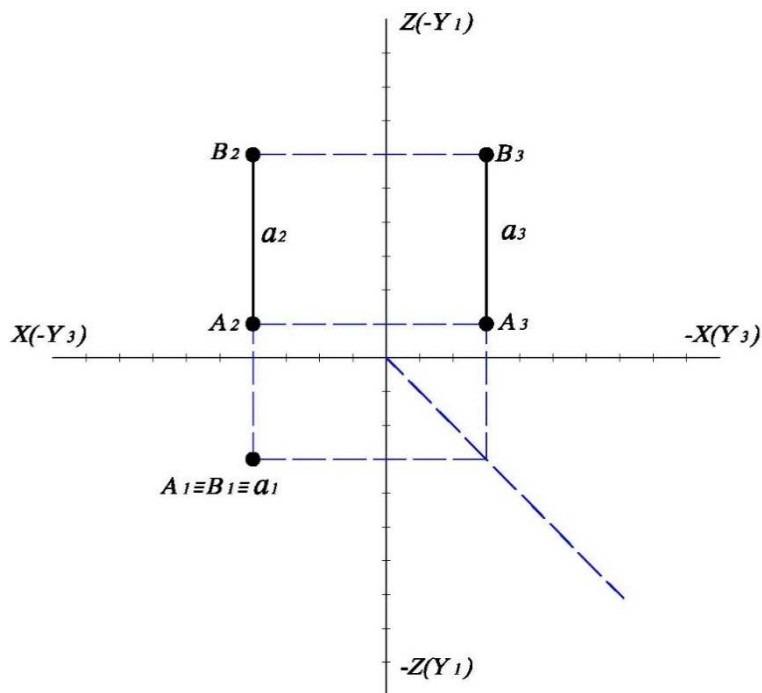
На одну із площин проєкцій вони проєціюються в точку, до інших двох вони паралельні і проєціюються в натуральну величину.

⑤ $a(AB) \perp \pi_1$, або π_2 , або π_3 і // двом другим площинам

2.4.1 Горизонтальні проєціючі прямі

⑤.1 $a(AB) \perp \pi_1$ і // π_2 і π_3

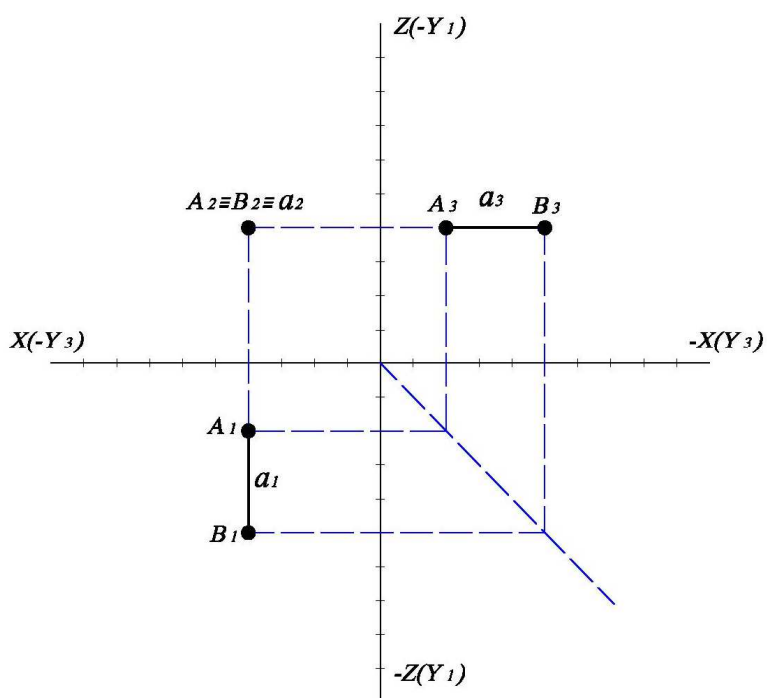
- ЗАВЖДИ:
- $a_2 \perp x$
- $a_3 \perp y$
- $a_1 \equiv A_1 \equiv B_1$
- $a_2 = a_3 = |AB|$
- $\alpha = 90^\circ$
- $\gamma = \beta = 0^\circ$



2.4.2 Фронтальні проєцюючі прямі

5.2) $a(AB) \perp \pi_2$ і $\parallel \pi_1$ і π_3

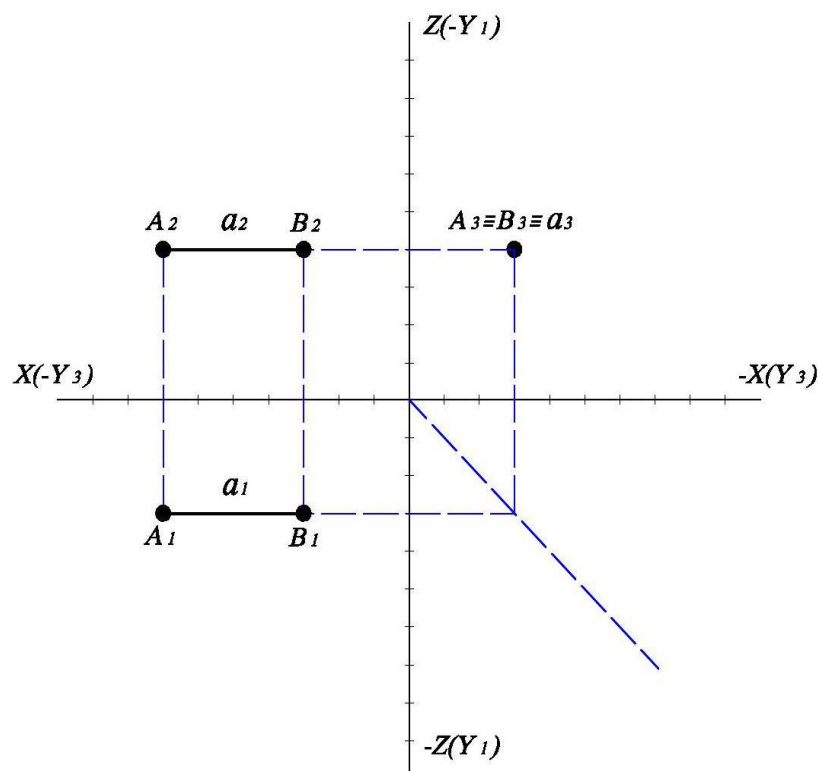
- ЗАВЖДИ:
- $a_1 \perp x$
- $a_3 \parallel y$
- $a_2 \equiv A_2 \equiv B_2$
- $a_1 = a_3 = |AB|$
- $\beta = 90^\circ$
- $\alpha = \gamma = 0^\circ$



2.4.3 Профільні проєруючі прямі

$$(5.3) a(AB) \perp \pi_3 \text{ і } // \pi_1 \text{ і } \pi_2$$

- ЗАВЖДИ:
- $a_1 // x$
- $a_2 // x$
- $a_3 \equiv A_3 \equiv B_3$
- $a_1 = a_2 = |AB|$
- $\gamma = 90^\circ$
- $\alpha = \beta = 0^\circ$



3 Визначення натуральної величини відрізка прямої загального положення методом прямокутного трикутника

Справжню величину відрізка довільної прямої за його проєкціями визначають як гіпотенузу прямокутного трикутника, побудованого на одній проєкції як на катеті. Другим катетом трикутника є різниця відстаней кінцевих точок відрізка від тієї площини проєкцій, проєкція на яку прийнята за перший катет.

Для визначення натуральної величини прямої загального положення треба виконати деякі побудови. На рисунку 2.2,а зображено відрізок AB загального положення. Якщо з точки A провести відрізок AB' , паралельний його горизонтальній проєкції A_1B_1 , то утвориться прямокутний трикутник ABB' (рис. 2.2,а), гіпотенузою якого є відрізок AB . Розглянувши цей трикутник, можна зробити висновок, що натуральна величина відрізка прямої загального положення дорівнює гіпотенузі прямокутного трикутника, один катет якого – одна з проєкцій відрізка, а другий – різниця координат по осі Z між точками A і B : $Z = ZA - ZB$. Відповідну побудову виконано на рисунку 2.2,б, де одночасно визначається і кут нахилу відрізка AB до

горизонтальної площини проєкцій. Щоб визначити кут нахилу до фронтальної площини проєкцій, таку ж побудову треба виконати на фронтальній площині проєкцій (рис. 2.3,а,б). Такий метод визначення величини відрізка прямої називають **методом прямокутного трикутника**.

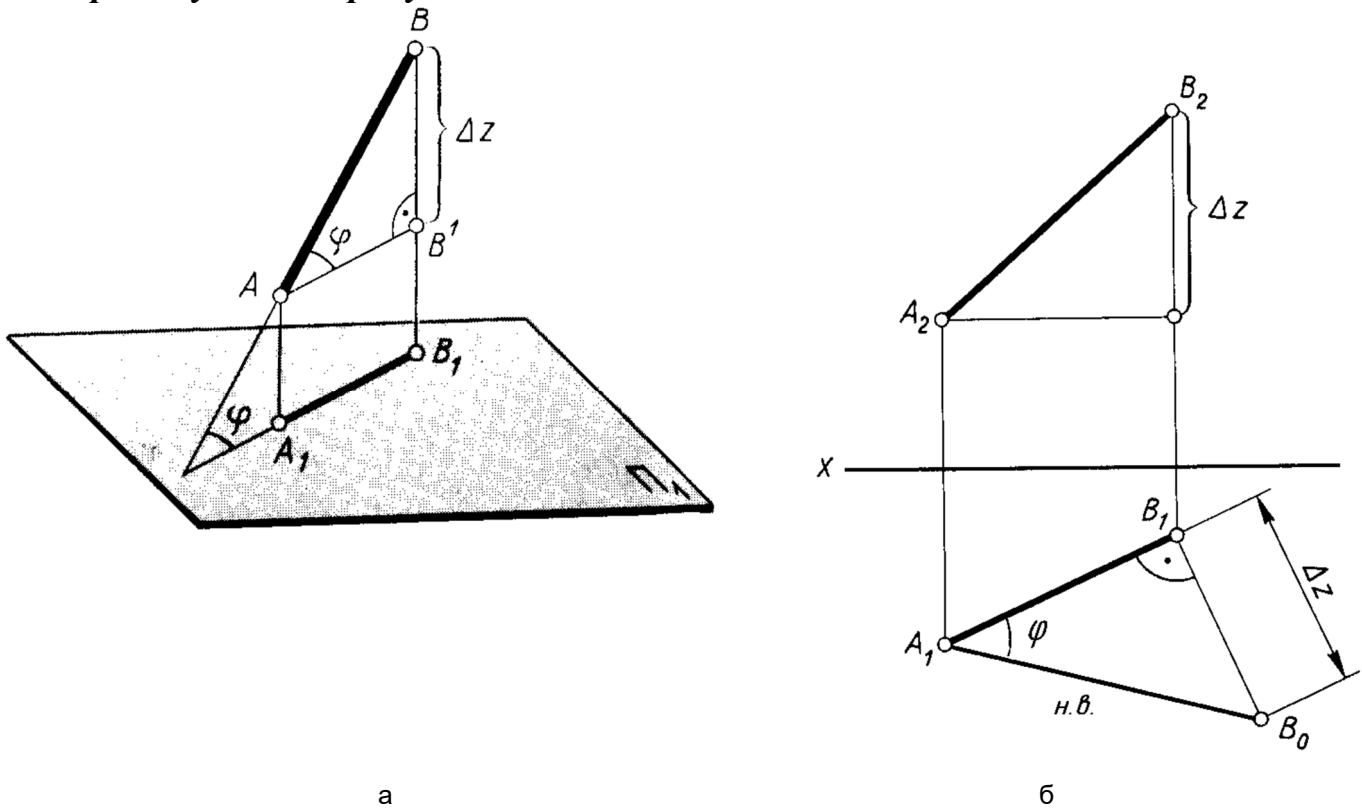


Рисунок 2.2 – Визначення натуральної величини прямої загального положення

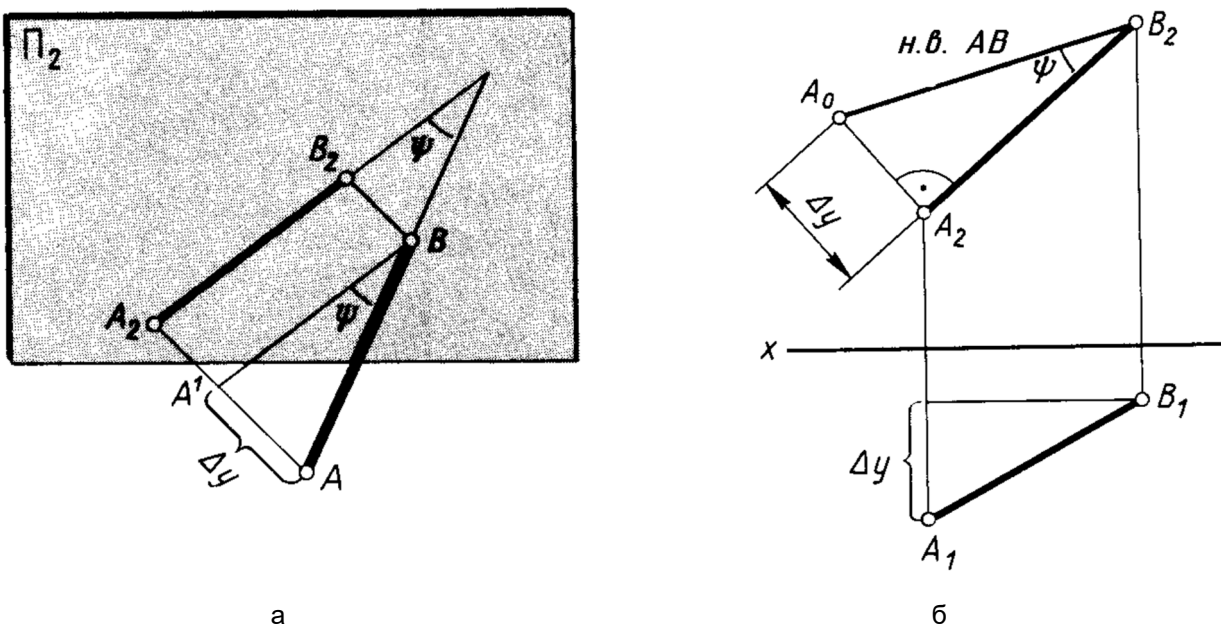


Рисунок 2.3 - Визначення куту нахилу до фронтальної площини проєкцій

4 Сліди прямої

Слідами прямої називають точки перетину її з площинами проєкцій (Рис.2.4).
Горизонтальним слідом прямої називають точку її перетину з горизонтальною площиною проєкцій. Позначається буквою М(M_1, M_2, M_3).

Фронтальним слідом прямої називають точку її перетину з фронтальною площиною проєкцій. Позначається буквою N(N_1, N_2, N_3).

Профільним слідом прямої називають точку її перетину з профільною площиною проєкцій. Позначається буквою Р(P_1, P_2, P_3).

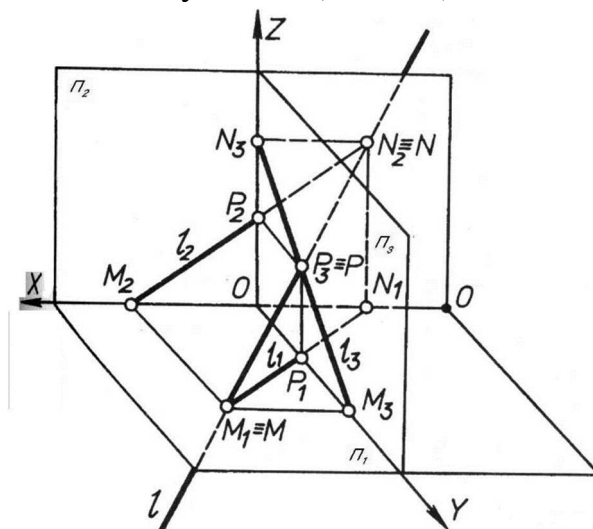


Рисунок 2.4 – Сліди прямої

5 Взаємне положення прямих

Дві прями у просторі можуть займати взаємне положення:

1). **Дві прями паралельні.** Якщо дві прями паралельні, то паралельні також їх однойменні проєкції. Паралельність двох профільних прямих визначають за їхніми профільними проєкціями (Рис. 2.5).

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

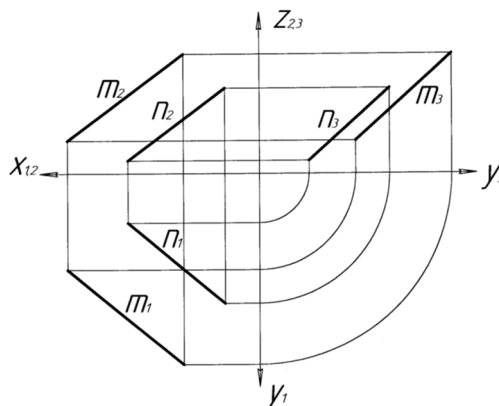


Рисунок 2.5 - Дві прями паралельні

2). **Дві прямі перетинаються.** Якщо прямі перетинаються, то перетинаються також їхні однойменні проєкції. Проєкції точки перетину знаходяться на одній лінії зв'язку (Рис. 2.6).

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

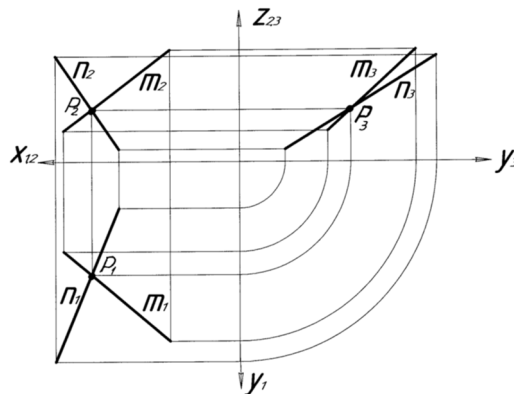


Рисунок 2.6 - Дві прямі перетинаються

3). **Дві прямі мимобіжні.** Якщо дві прямі не паралельні і не перетинаються між собою, то вони називаються мимобіжними. Ознакою мимобіжних прямих є наявність пар конкуруючих точок. На рисунку 2.7 точки A і B конкурують на Π_1 : $A \in n$, $B \in m$, $A_1 \equiv (B_1)$. Точки C і D конкурують на Π_2 : $C \in n$, $D \in m$, $C_2 \equiv (D_2)$.

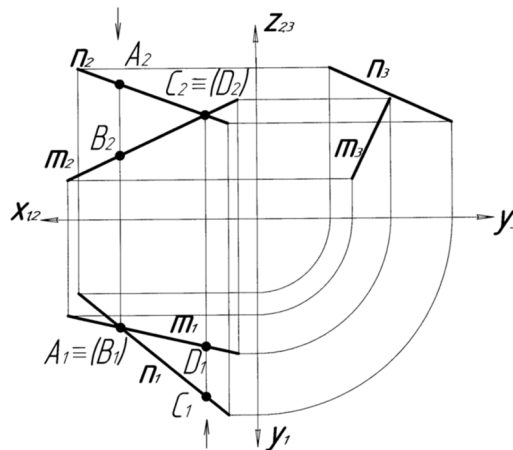


Рисунок 2.7 - Дві прямі мимобіжні

Контрольні питання

- 1 Які положення прямих вам відомі?
- 2 Як розташована пряма загального положення відносно площин проєкцій?
- 3 Які прямі особливого положення ви знаєте?
- 4 За якими ознаками визначають прямі рівня?
- 5 За якими ознаками визначають проєцювальні прямі?
- 6 Як можна визначити натуральну величину прямої загального положення в системі площин проєкцій Π_1/Π_2 ?

- 7 Як можна визначити кут нахилу прямої загального положення до площин проєкцій Π_1 і Π_2 ?
- 8 Що називається слідом прямої?
- 9 Яке взаємне положення можуть займати дві прямі у просторі?
- 10 За якими ознаками визначаються паралельні прямі?
- 11 За якими ознаками визначаються прямі, що перетинаються?
- 12 За якими ознаками визначаються мимобіжні прямі?

ТЕМА 3 ПЛОЩИНИ

Зміст теми:

- 1 Визначник площин і способи задання її на кресленику
- 2 Класифікація площин
 - 2.1 Площини загального положення
 - 2.2 Площини особливого положення
 - 2.3 Осьові площини
- 3 Сліди площини
- 4 Взаємне розташування двох площин та прямої і площини у просторі
- 5 Взаємна перпендикулярність геометричних фігур

1 Визначник площини і способи задання її на кресленику

Площина відноситься до числа основних геометричних понять.

З кінематичної точки зору площина уявляє собою безперервну множину послідовних положень твірної прямої, що переміщується паралельно сама собі по напрямній прямій.

Сукупність геометричних фігур з указанням їх розташування у просторі, яка виділяє однозначно дану площину із всієї множини площин, називається *визначником площини*.

На комплексному кресленику площина може бути задана таким чином:

- а) проєкціями трьох точок, що не лежать на одній прямій;
- б) проєкціями прямої і точки поза прямою;
- в) проєкціями двох прямих, що перетинаються;
- г) проєкціями двох паралельних прямих;
- д) проєкціями будь-якої плоскої фігури;
- е) слідами площини.

Основний спосіб задання площини перший. Решта утворюється від нього (Рис. 3.1).

Крім того, площина може бути задана її слідами. Слідами площини називаються прямі, за якими площина перетинається з площинами проєкцій.

Площина загального положення, яка до усіх трьох площин проєкцій розташована похило, має три сліди: горизонтальний слід - h° , фронтальний слід - f° , профільний слід - p° . Слід - це пряма нульового рівня, а тому слід збігається з однією своєю проєкцією, а інші його проєкції збігаються з осями проєкцій. Проєкції слідів площин на осях проєкцій на комплексному рисунку не позначаються.

Точки перетину заданої площини з осями проєкцій називаються точками збігу слідів площин.

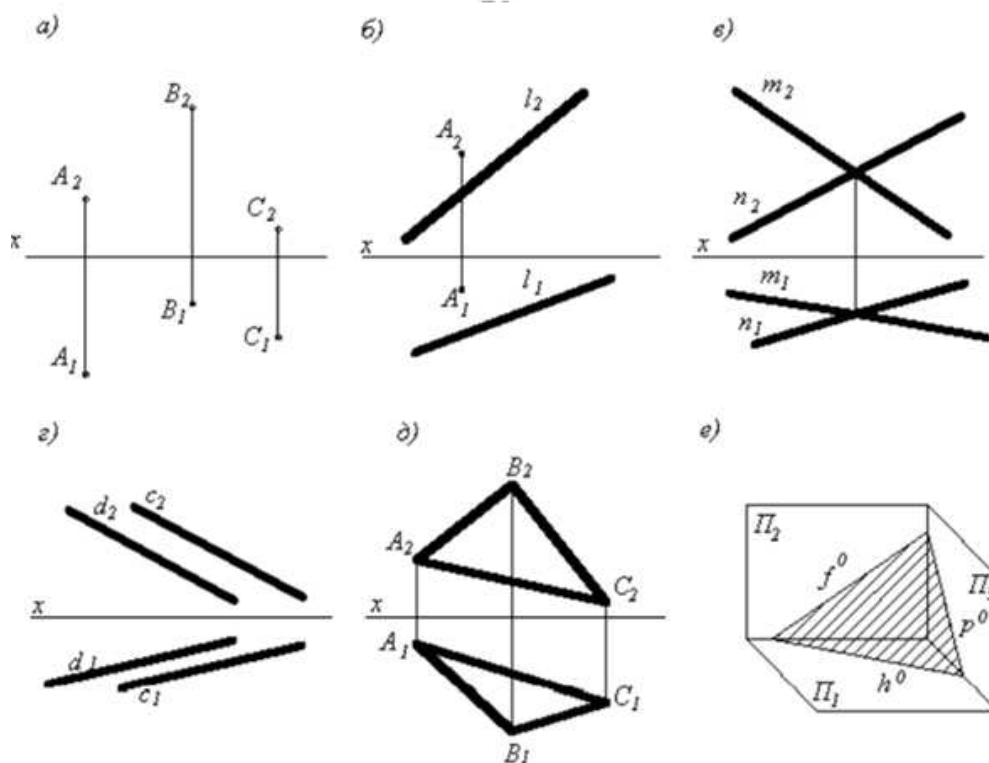


Рисунок 3.1 – Способи задання площини

2 Класифікація площин

В основу класифікації площин покладено їх розміщення відносно площин проєкцій. Залежно від положення площин відносно площин проєкцій розрізняють такі площини (Рис. 3.2):



Рисунок 3.2 - Класифікація площин

2.1 Площини загального положення

Площиною загального положення називається площина, яка не паралельна (не перпендикулярна) ні одній з площин проєкцій. На рисунку 3.3 наведено приклад площини загального положення. На рисунку 3.3,а площина загального положення задана трикутником, на рисунку 3.3,б площина задана паралельними прямими.

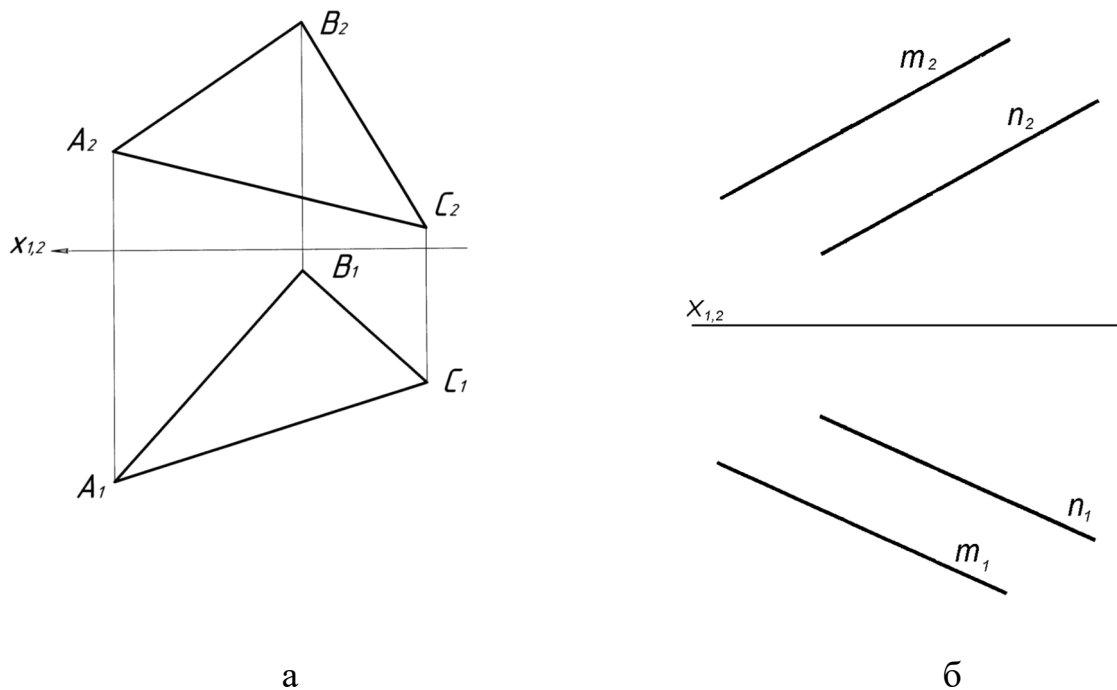


Рисунок 3.3 – Площини загального положення

Розглядаючи площину загального положення в просторі, видно що сліди цієї площини нахилені до осей проєкцій X , Y , Z . Кут між горизонтальним і фронтальним слідами може бути гострим (Рис. 3.4) або тупим (Рис. 3.5).

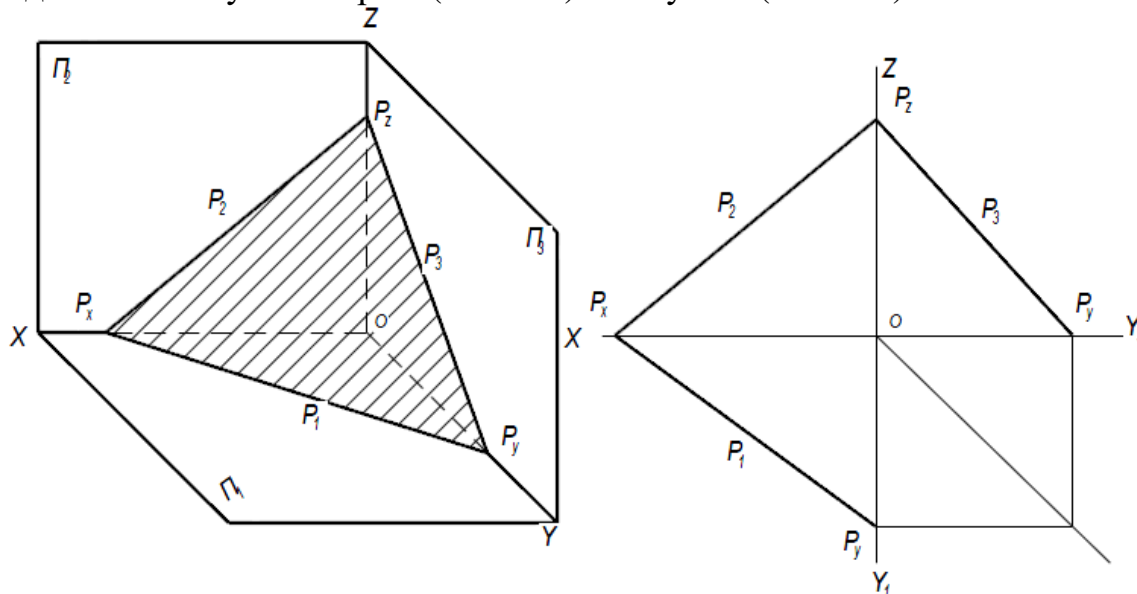


Рисунок 3.4 – Сліди площини загального положення

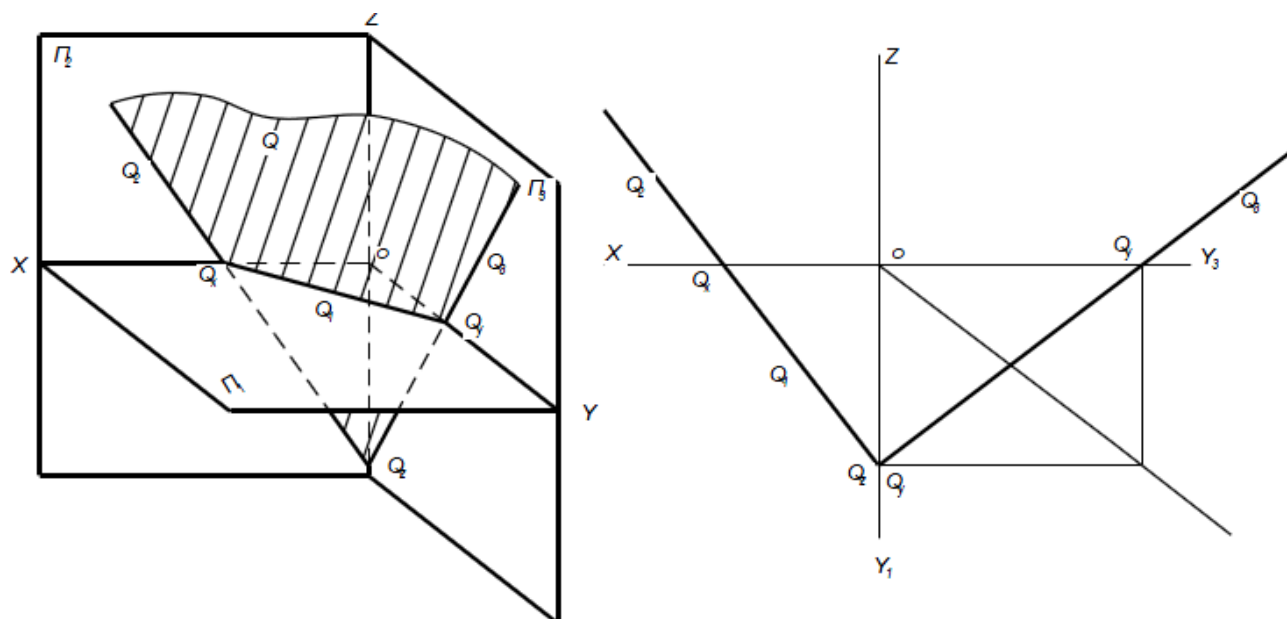


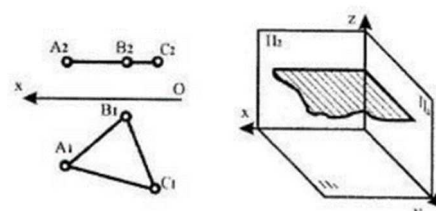
Рисунок 3.5 – Сліди площини загального положення

2.2 Площини особливого положення

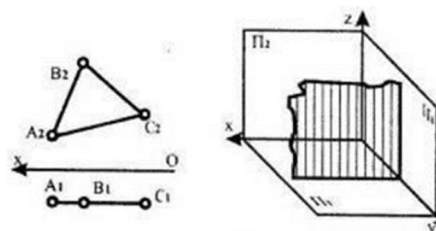
До площин особливого положення відносяться площини рівня і проєруючі площини.

Площини рівня

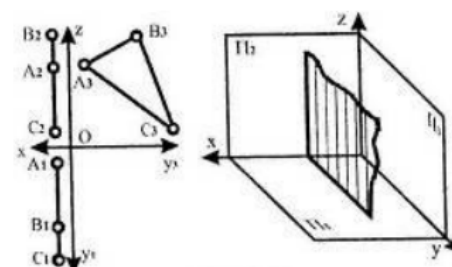
- Площина паралельна Π_1 називається *горизонтальною*. Горизонтальна площина в системі площин проєкцій Π_1/Π_2 відображається на Π_2 в пряму лінію, паралельну осі Ox . На Π_1 має натуральну величину (Рис.3.6).



- Площина паралельна Π_2 називається *фронтальною*. Фронтальна площина в системі площин проєкцій Π_1/Π_2 відображається на Π_1 в пряму лінію, паралельну осі Ox . На Π_2 має натуральну величину (Рис.3.7).



- Площина паралельна Π_3 називається *профільною*. Профільна площина відображається на Π_1 і Π_2 в прямі лінії, які паралельні осям Oy і Oz . На Π_3 має натуральну величину (Рис. 3.8).



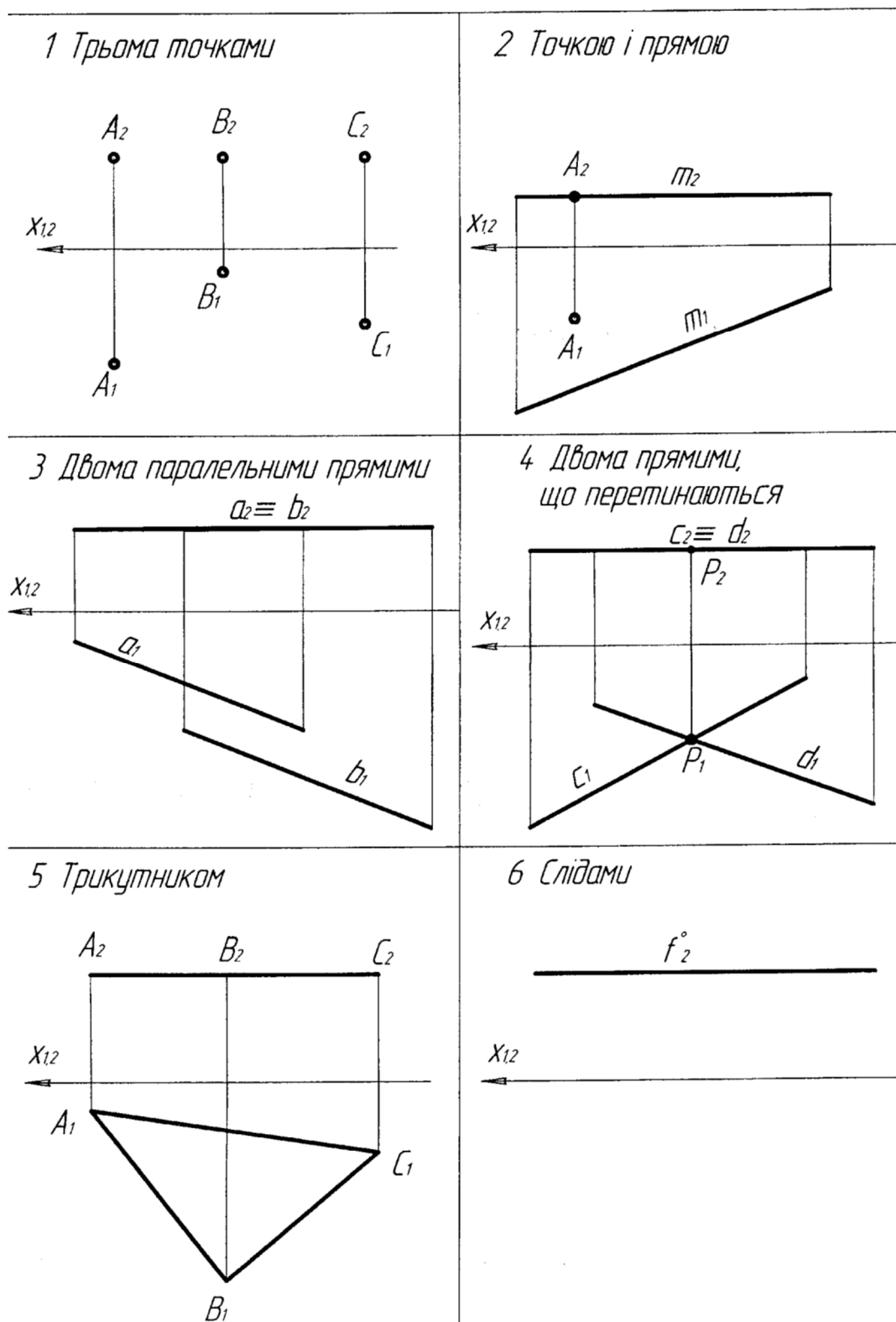


Рисунок 3.6 – Горизонтальні площини рівня

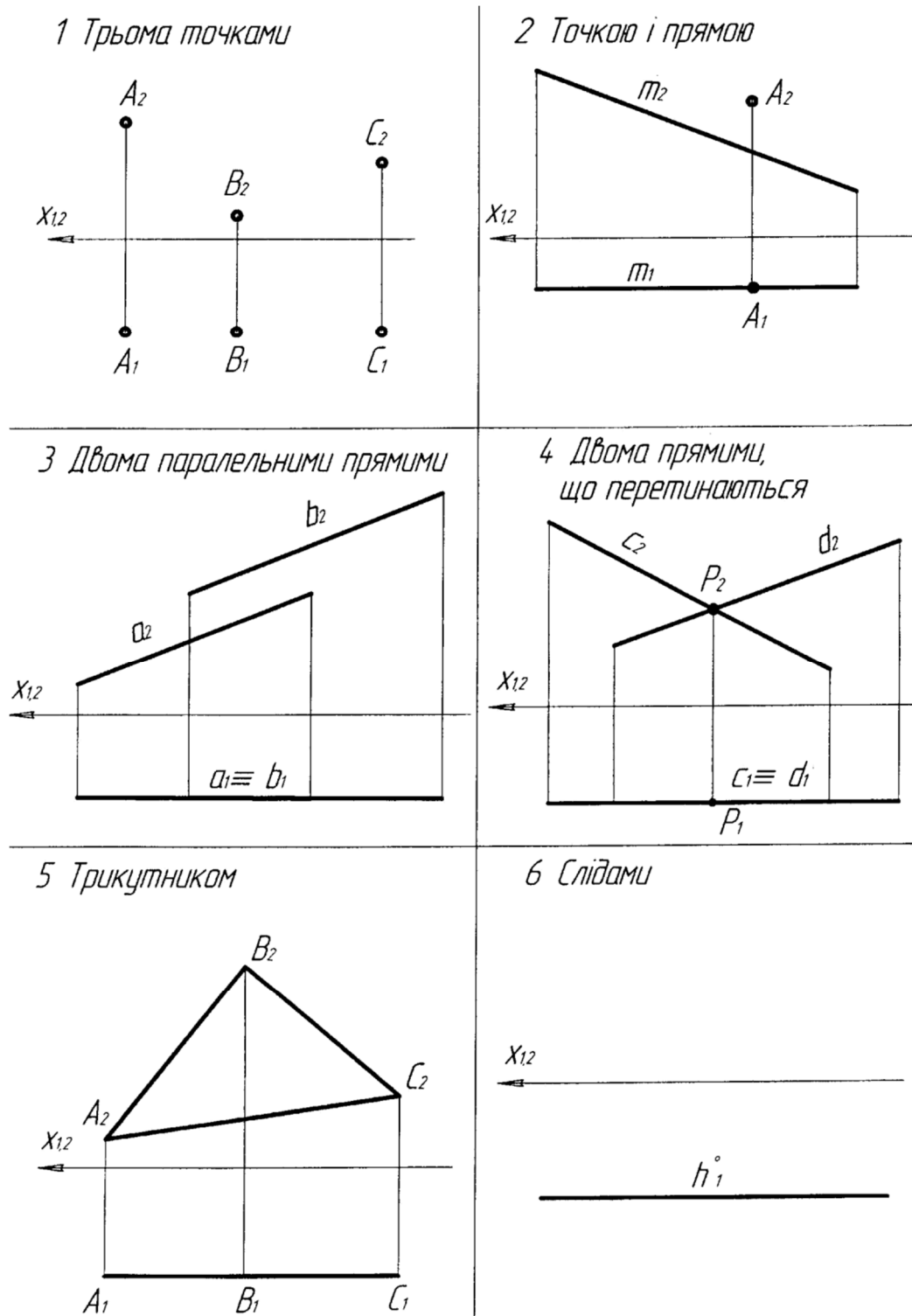


Рисунок 3.7 – Фронтальні площини рівня

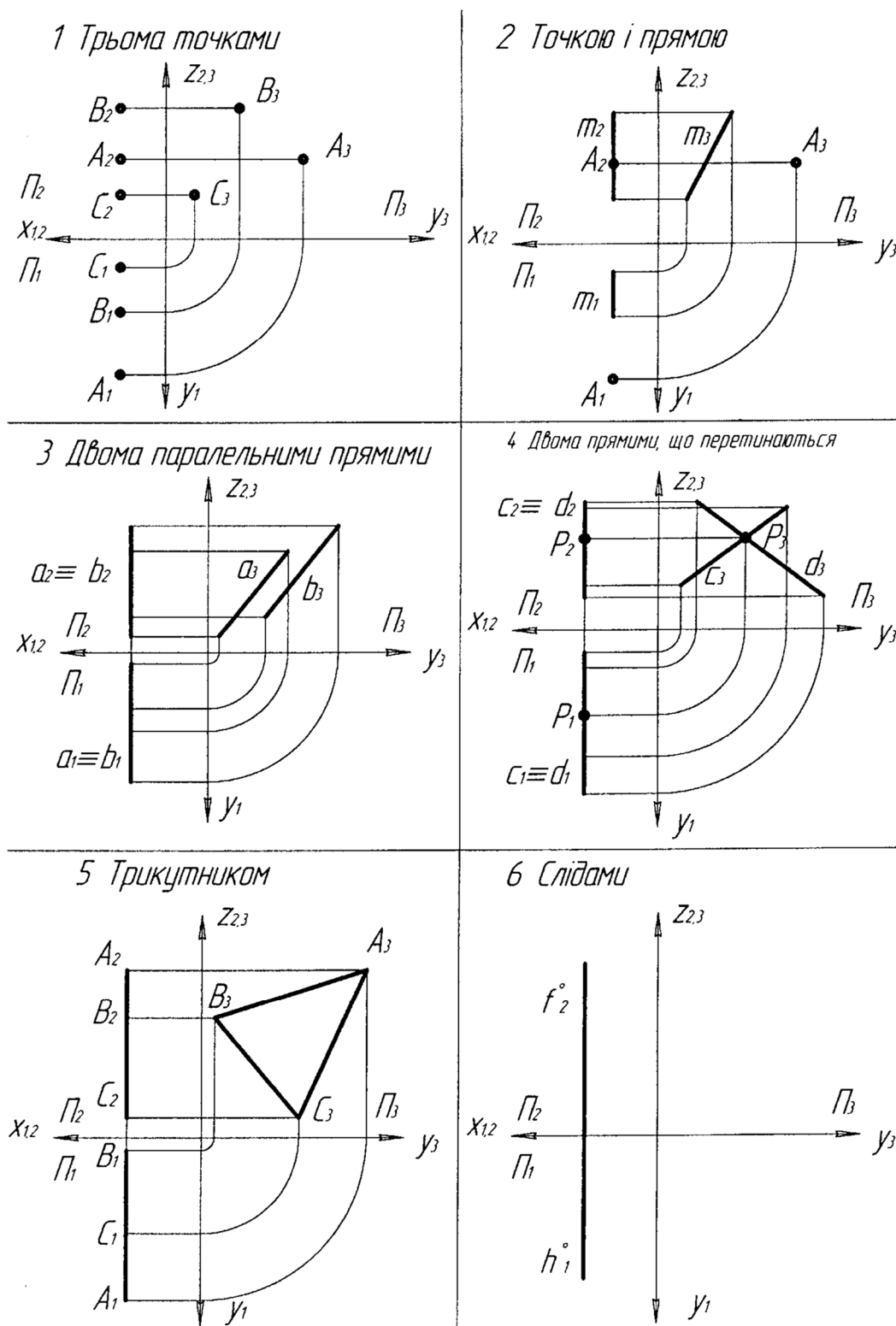
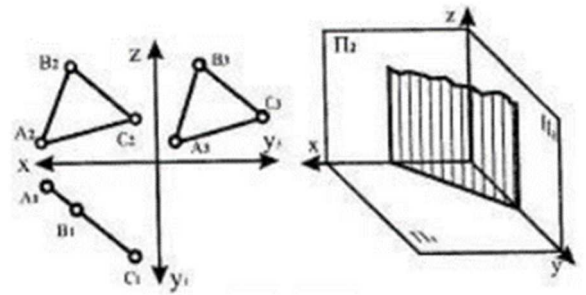


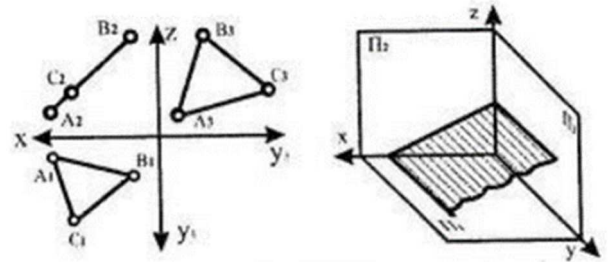
Рисунок 3.8 – Профільні площини рівня

Проецюючі площини

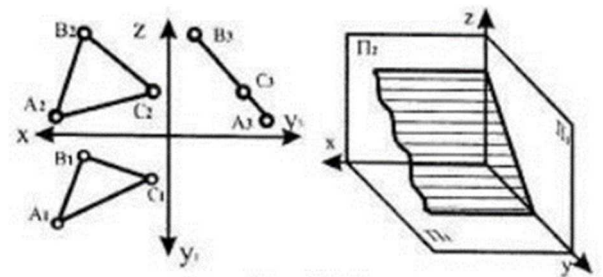
- Площина перпендикулярна до Π_1 називається горизонтальною проєцюючою. Така площина відображається на Π_1 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_2 і Π_3 (Рис. 3.9).



- Площина перпендикулярна до Π_2 називається фронтальною проєцюючою. Така площина відображається на Π_2 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_1 і Π_3 (Рис. 3.10).



- Площина перпендикулярна до Π_3 називається профільною проєцюючою. Така площина відображається на Π_3 в пряму лінію і має реальні кути нахилу до Π_1 і Π_2 (Рис. 3.11).



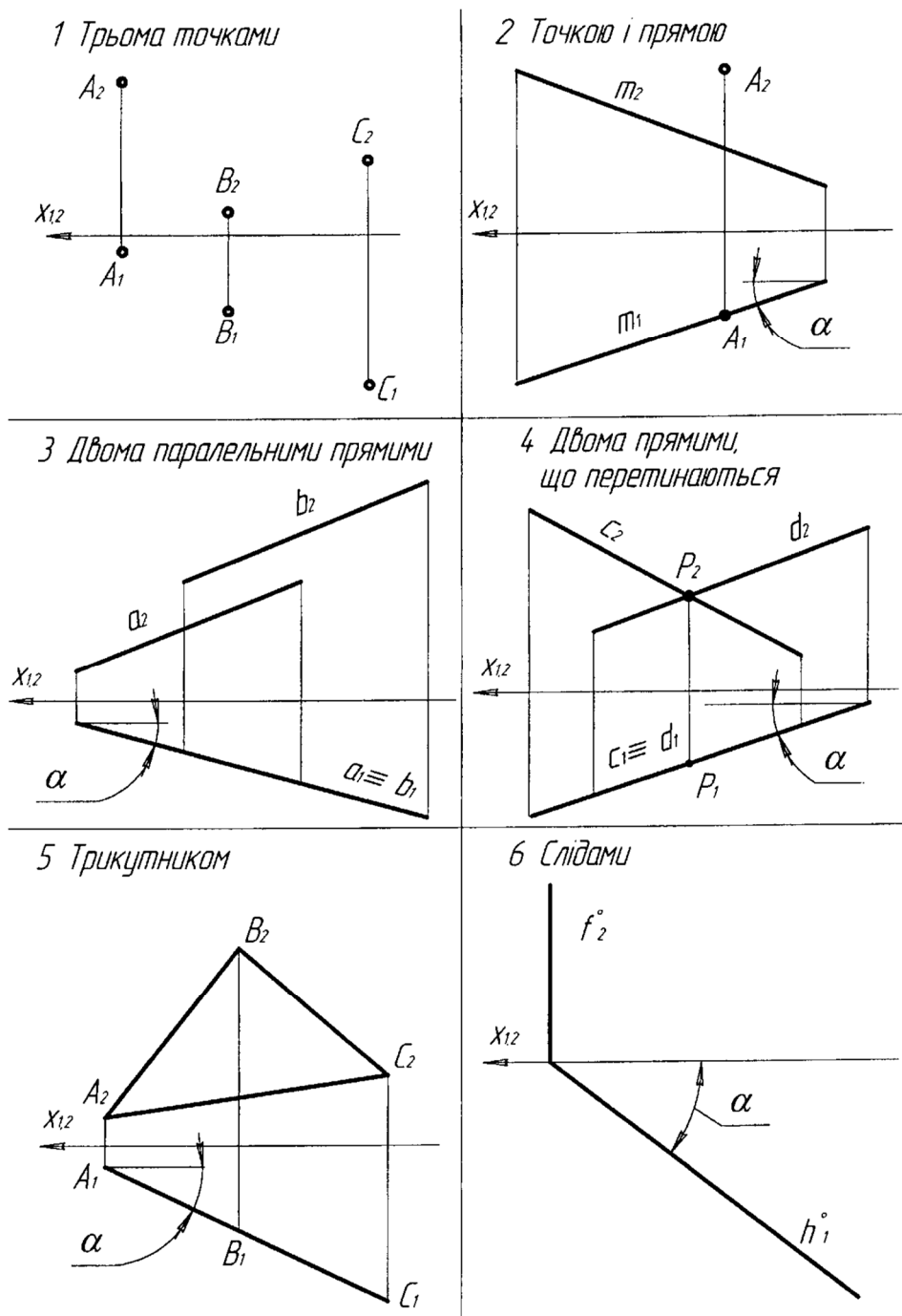


Рисунок 3.9 – Горизонтальні проєціюючі площини

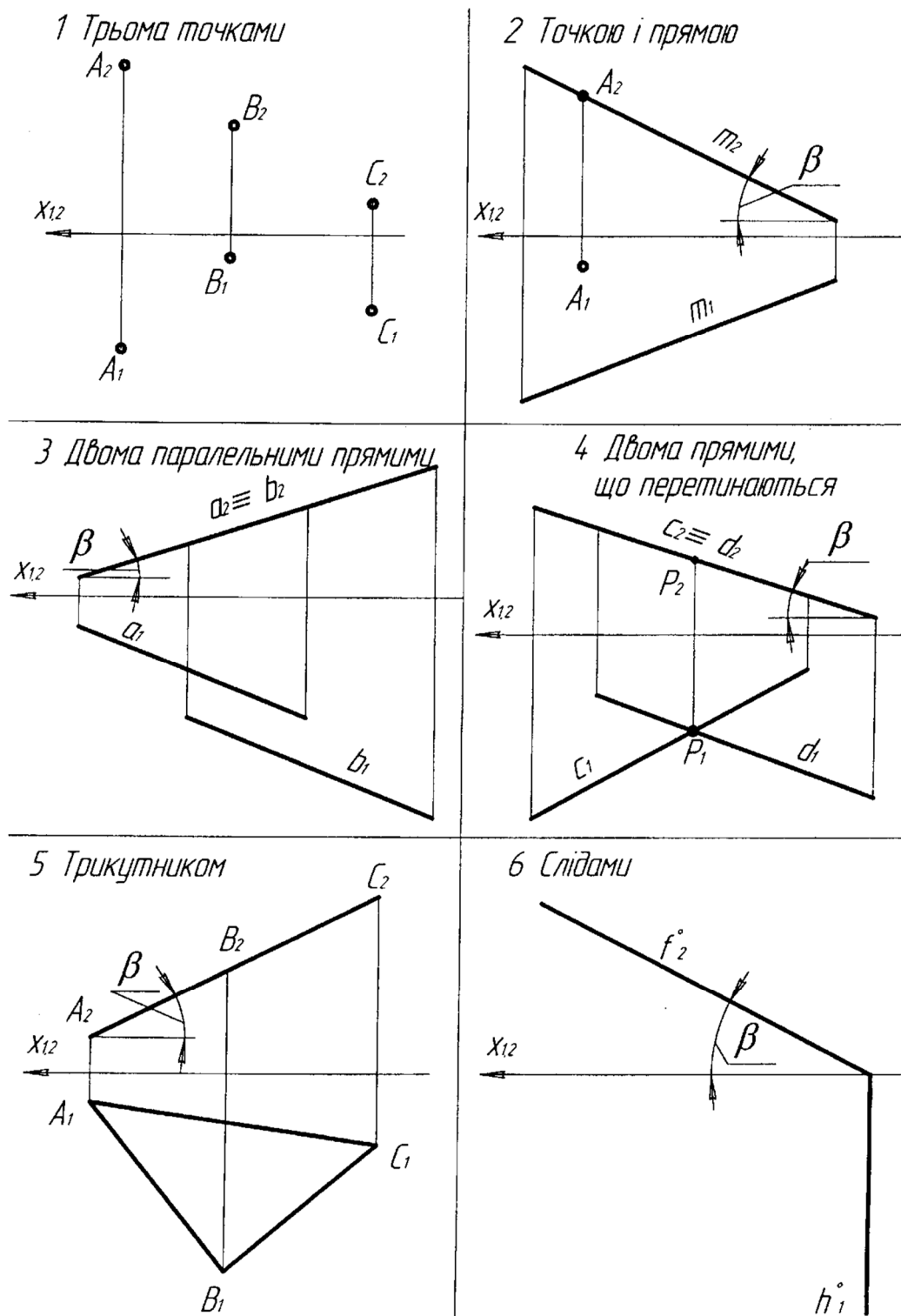


Рисунок 3.10 – Фронтальні проєцюючі площини

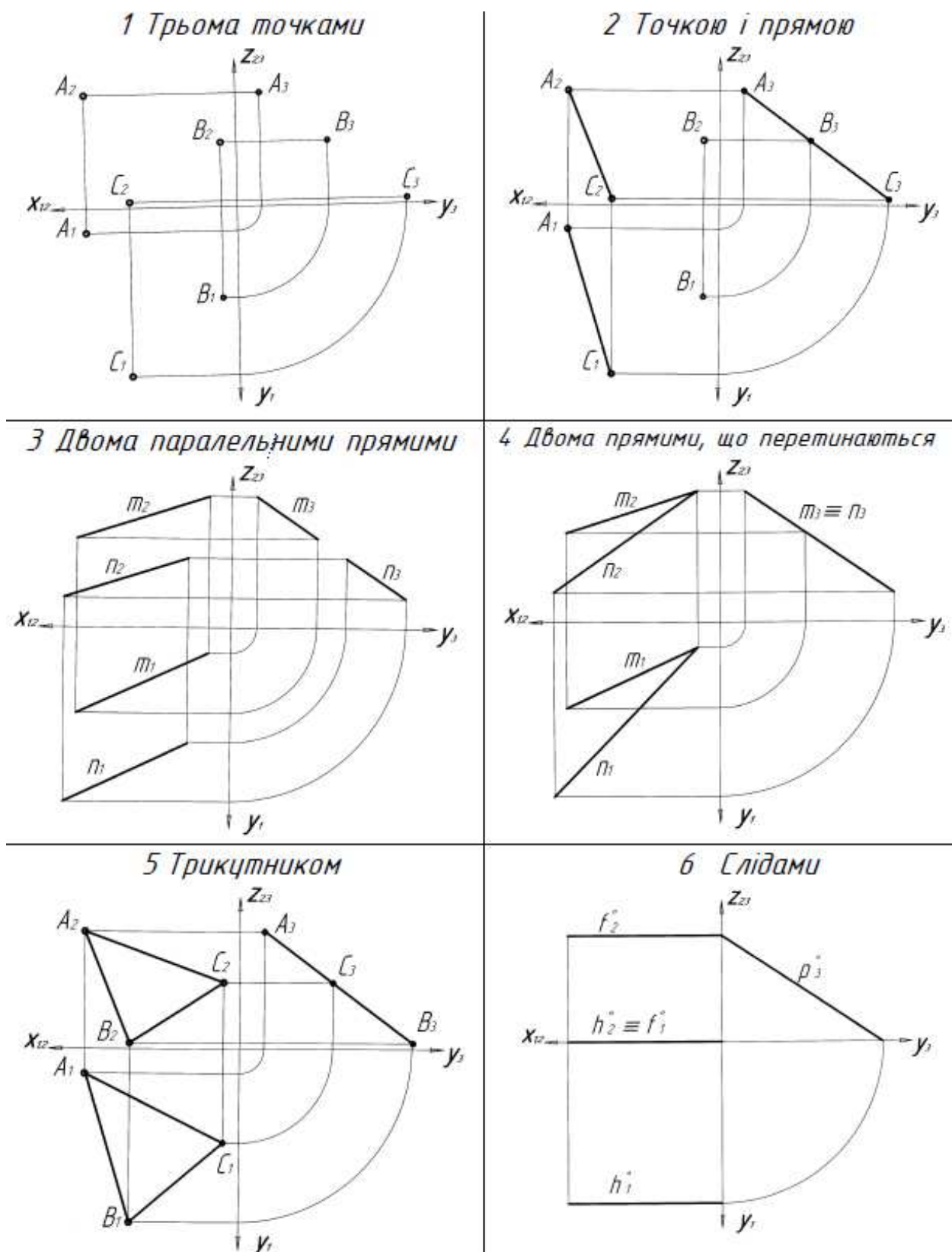


Рисунок 3.11 – Профільні проєруючі площини

2.3 Осьові площини

Осьові площини - частковий випадок проєруючих площин, коли вони проходять через осі проєкцій (Рис. 3.12).

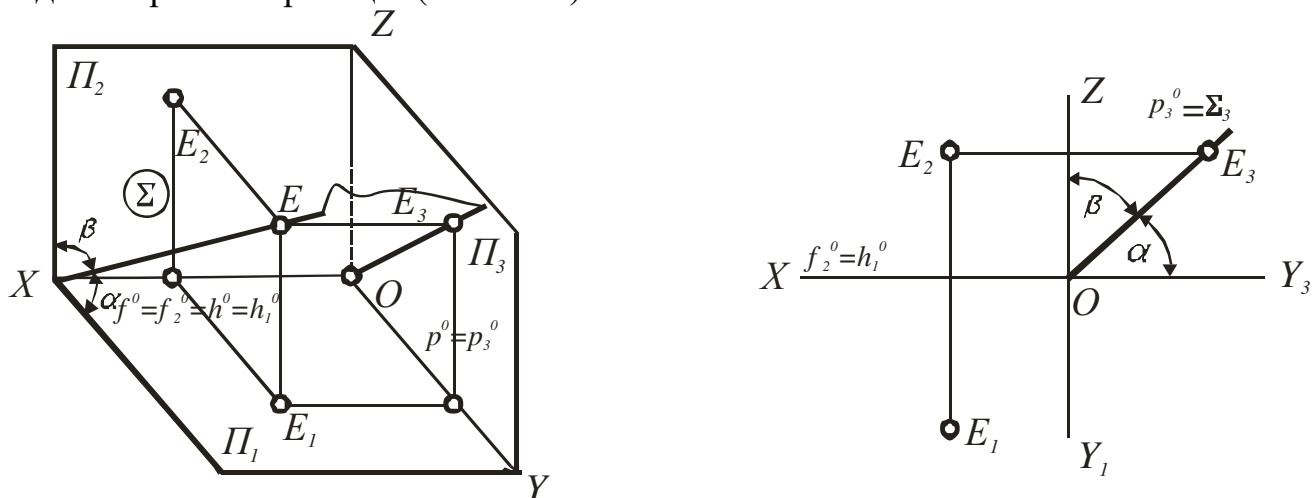


Рисунок 3.12 - Осьові площини

Якщо осьову площину треба задати на комплексному рисунку, складеному з двох зображень, то вона задається визначником, в який входить вісь, через яку проходить площина та точка, що належить площині. У даному випадку горизонтальний і фронтальний сліди площини Σ збігаються з віссю OX.

3 Сліди площини

Слідом площини називається пряма перетину площини з площиною проєкцій. Тому одна із проєкцій кожного сліду збігається із самим слідом, а інша проєкція – з віссю. За розташуванням слідів площини можна судити про положення заданої площини відносно площин проєкцій.

Горизонтальним слідом площини називається пряма перетину площини з площиною проєкцій Π_1 .

Фронтальним слідом площини називається пряма перетину площини з площиною проєкцій Π_2 .

Профільним слідом площини називається пряма перетину площини з площиною проєкцій Π_3 .

У площині загального стану три сліда. Для того щоб побудувати сліди площини загального стану, потрібно знати наступні положення:

1) горизонтальний слід площини проходить через горизонтальні сліди всіх прямих, що лежать в цій площині; те ж саме можна сказати і щодо фронтального та профільного слідів площини;

2) сліди площини перетинаються між собою на осях координат: горизонтальний і фронтальний - на осі x_{12} , горизонтальний і профільний - на осі y_{13} , фронтальний і профільний - на осі z_{23} .

Тому для побудови слідів якої-небудь площини загального стану необхідно взяти на площині дві довільні прямі, побудувати їх сліди і з'єднати однойменні сліди між собою прямою лінією

Більш наглядно площина може бути задана за допомогою прямих ліній, по яким ця площина перетинає площини проєкцій.

На рисунку 3.13 показана побудова таких прямих для випадку, коли деяка площина Q задана двома прямими AB і BC , які перетинаються.

Для побудови прямої, по якій площина Q перетинає площину проєкцій Π_1 , достатньо побудувати дві точки, які належать одночасно площинам Q і Π_1 .

Такими точками будуть сліди прямих AB і BC на площині Π_1 . Побудувавши ці сліди (M_1 і M_1') і провівши через них пряму, получимо лінію перетину площин Q і Π_1 .

Лінію перетину площин Q і Π_2 будуть визначати точки N_2 і N_2' - фронтальними слідами прямих AB і BC .

Прямі, по яким площина перетинається з площинами проєкцій називаються слідами цієї площини на площинах проєкцій.

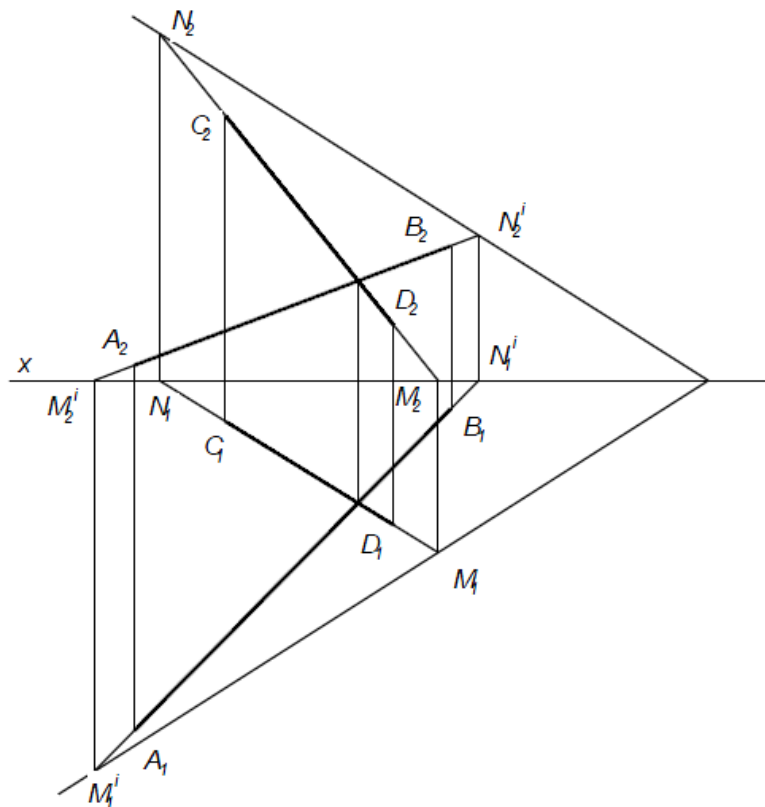


Рисунок 3.13 – Побудова слідів площини

4 Взаємне розташування двох площин та прямої і площини у просторі

Дві площини у просторі можуть перетинатися, бути між собою паралельними, взаємно перпендикулярними, збігатися.

Паралельні площини

Площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються однією площиною, відповідно паралельні двом прямим, що перетинаються іншою площиною. У паралельних площинах однойменні сліди паралельні. Площини особливого положення паралельні тоді, коли їх однойменні сліди-проекції паралельні.

Перетин площин

Площини перетинаються по прямій лінії. Для визначення лінії перетину необхідно в загальному випадку знайти дві точки, що одночасно належать двом площинам, що перетинаються, або одну точку, якщо відомий напрям цієї прямої.

Якщо одна або дві із площин, що перетинаються, є площинами окремого положення, то лінія перетину визначається без допоміжних побудов, бо одна або дві проекції її знаходяться на слідах-проекціях проєціюючих площин (Рис. 3.14).

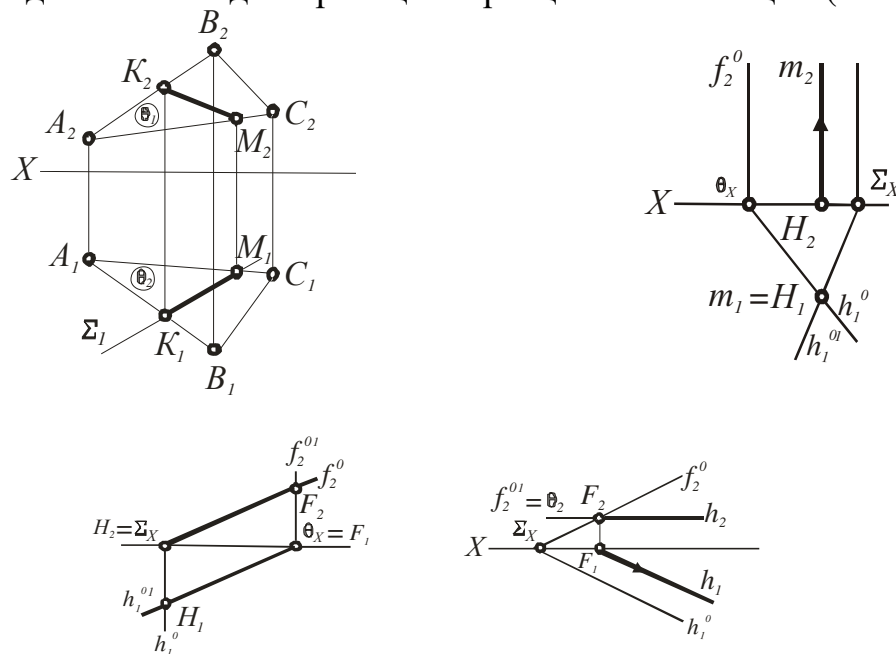


Рисунок 3.14 – Перетин площин

Якщо обидві площини загального положення, то для побудови лінії їх перетину необхідно використати дві допоміжні площини-посередники окремого положення. Такий спосіб знаходження лінії перетину площин має назву допоміжних січних площин.

Взаємне розташування прямої та площини

Пряма може належати площині, бути їй паралельною, перетинатись з нею або бути до неї перпендикулярною.

Пряма, паралельна площині

Коли пряма паралельна якій-небудь прямій, що належить площині, то вона паралельна самій площині.

Отже, якщо через точку в просторі треба провести пряму, паралельну площині, то спочатку в цій площині намічають яку небудь пряму, а потім через дану точку проводять другу пряму, паралельно першій. На рисунку 3.15,а через точки K і E проведені прямі, паралельні площині трикутника ABC . У першому випадку пряма KL паралельна стороні трикутника AB ($K_1L_1 \parallel A_1B_1, K_2L_2 \parallel A_2B_2$), а в другому пряма EF паралельна довільній прямій MN , що належить трикутнику.

На рисунку 3.15,б через пряму AB проведена площина, паралельна прямій CD .

Якщо через одну із двох мимобіжних прямих необхідно провести площину, паралельну другій із цих прямих, то задача має єдине рішення. Через точку B проведена допоміжна пряма, паралельна прямій CD ; прямі AB і BE визначають площину, паралельну прямій CD .

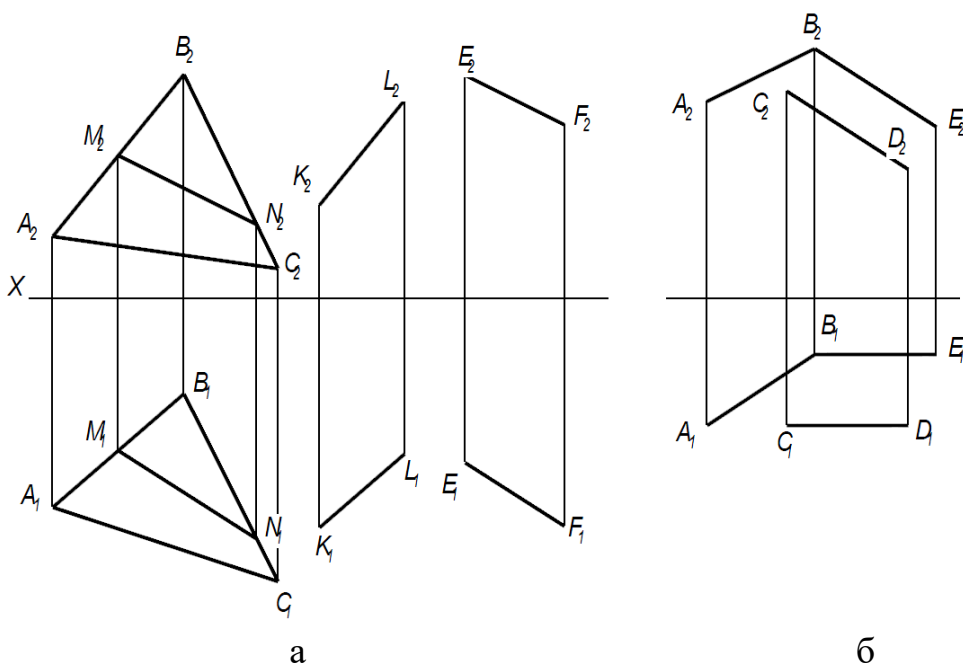


Рисунок 3.15 - Пряма, паралельна площині

Пряма, що перетинає площину (основна задача нарисної геометрії)

Основною цю задачу називають тому, що вона є складовою частиною при розв'язуванні багатьох задач нарисної геометрії.

Побудову точки перетину (точки зустрічі) прямої з площиною в загальному випадку виконують за таким планом:

- через пряму проводять допоміжну площину;
- знаходять лінію перетину заданої площини з допоміжною;
- визначають точку перетину двох прямих - заданої та лінії перетину (рис. 3.16).

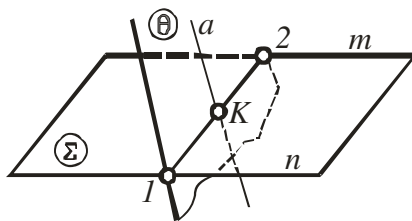


Рисунок 3.16 - Пряма, що перетинає площину

Вправа. Знайти точку перетину прямої α з площиною загального положення $\Sigma(m \parallel n)$ (рис. 3.17)

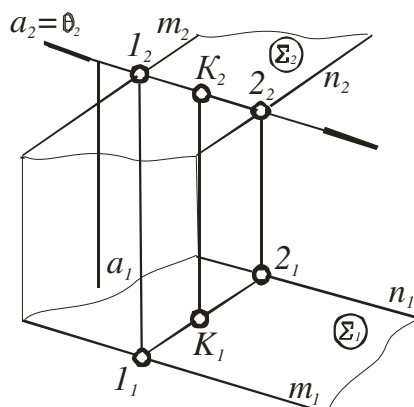


Рисунок 3.17 - Завдання

Якщо площина загального положення задана слідами і треба знайти точку зустрічі з нею прямої загального положення, то площину-посередник, яку проводять через пряму, для спрощення розв'язання, треба задавати також слідами. Тоді точки, які належать проєкціям лінії перетину двох площин (заданої і посередника), визначають як точки перетину однойменних слідів площин (рис. 3.18).

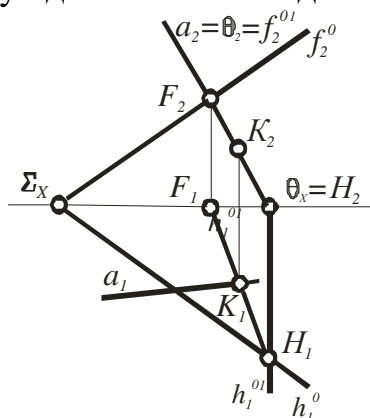


Рисунок 3.18 – Вирішення завдання, якщо площина загального положення задана слідами

Якщо задана площина є площиною особливого положення, то точку перетину з нею прямої знаходять без додаткових побудов, бо одна проєкція точки зустрічі знаходиться на сліді-проєкції площини, а другу проєкцію точки знаходять за допомогою лінії проєкційного зв'язку (рис. 3.19, а, б).

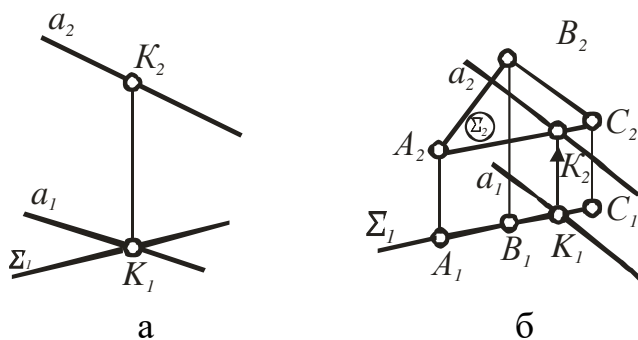


Рисунок 3.19 - Вирішення завдання, якщо задана площина є площиною особливого положення

Якщо задано площину загального положення, а пряма окремого положення (наприклад, горизонтально проєціююча), то горизонтальна проєкція точки перетину збігається з горизонтальною проєкцією прямої, тобто $a_1 = K_1$. Фронтальну проєкцію точки зустрічі K_2 знаходять за допомогою прямої 1-2 (1_1-2_1 , 1_2-2_2), що належить площині (рис. 3.20).

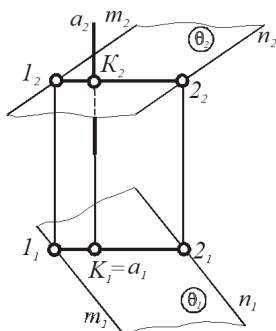


Рисунок 3.20 - Вирішення завдання, якщо задано площину загального положення, а пряма окремого положення

5 Взаємна перпендикулярність геометричних фігур

Ця тема є однією з головних у курсі нарисної геометрії. Розв'язування задач за цією темою в значній мірі розвиває у студентів просторове уявлення, а також логічне просторове мислення.

Незважаючи на велику кількість позиційних і метричних задач за темою взаємної перпендикулярності геометричних фігур, усі вони розв'язуються з використанням основних геометричних модулів, відомих студентам ще з середньої школи.

Таких основних модулів три:

Пряма перпендикулярна площині (рис. 3.21,а). Пряма $n \perp \Sigma$, якщо вона перпендикулярна двом прямим h і f , що належать площині.

Пряма перпендикулярна другій прямій (рис. 3.21,б). Пряма $n \perp AK$, якщо вона перпендикулярна площині Σ , якій належить AK .

Площина перпендикулярна другій площині (рис. 3.21,в). Площина $\Theta \perp \Sigma$, якщо пряма n , яка належить площині Θ , перпендикулярна площині Σ .

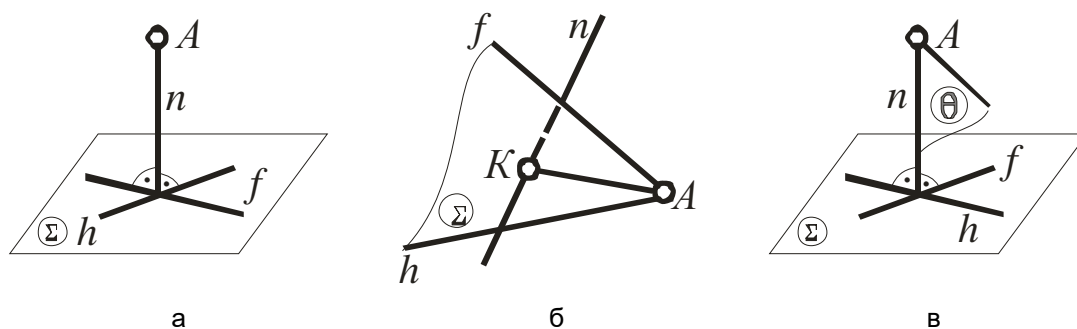


Рисунок 3.21 – Основні модулі взаємної перпендикулярності геометричних фігур

Пряма, перпендикулярна площині

Із всієї множини прямих площини, до якої перпендикулярна пряма n , вибираємо такі, які утворюють з n прямий кут, що проєцюється на відповідну площину проєкцій без спотворення (рис. 3.22)

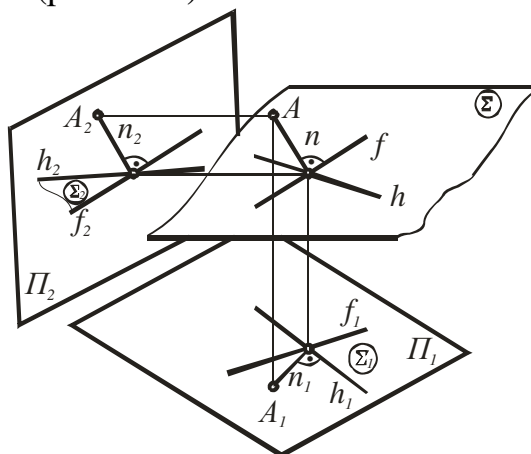


Рисунок 3.22 - Пряма, перпендикулярна площині

Такими прямими є лінії рівня площини. Прямий кут проєцюється без спотворення на ту площину проєкцій, до якої паралельна одна із його сторін. Тобто одна із його сторін є лінією рівня. Таким чином, можна записати: якщо пряма n перпендикулярна горизонталі площини, то горизонтальна проєкція перпендикуляра n_1 буде перпендикулярною горизонтальній проєкції горизонталі – h_1 . Аналогічно, якщо пряма n перпендикулярна фронталі площини, то фронтальна проєкція перпендикуляра n_2 буде перпендикулярною фронтальній проєкції фронталі – f_2 .

Перпендикулярність площин

Ознакою двох взаємно перпендикулярних площин є те, що в кожній з них можна провести перпендикуляр до іншої площини. Тобто якщо площина проходить через пряму лінію, перпендикулярну до іншої площини (або паралельна цій прямій), то вона перпендикулярна до цієї площини. Отже, площина Σ , перпендикулярну даній площині Δ , можна побудувати:

- 1) або як площину, що проходить через пряму, перпендикулярну площині Δ ;
- 2) або як площину, перпендикулярну одній з прямих, що належать площині Δ .

В обох випадках завдання має безліч рішень, якщо на площину не накласти будь-яких додаткових умов.

На кресленику (рис. 3.23, а) площина $\Sigma (m \cap n) \perp \Delta (a \cap b)$ проведена через пряму $m(m_1, m_2)$, перпендикулярну площині $\Delta (a \cap b)$.

Пряма $n(n_1, n_2)$, що перетинає пряму m в точці M , обрана довільно.

Примітка. Якщо потрібно провести площину Σ , перпендикулярну даній площині $\Delta (a \cap b)$ і таку, що проходить через задану пряму $n(n_1, n_2)$, то площина Σ є єдиним рішенням.

На кресленику (рис. 3.23, б) площина $\Sigma (h \cap f) \perp \Delta (a \cap b)$ проведена перпендикулярно прямій $b(b_1, b_2)$, що належить площині Δ , і задана тому горизонталлю $h[h_1 \perp b_1, h_2 \perp (M_1 M_2)]$ і фронталлю $f[f_1 \perp (M_1 M_1), f_2 \perp b_2]$.

Примітки:

1. Якщо площину $\Sigma (h \cap f)$ провести перпендикулярно горизонталі, що належить площині $\Delta (a \cap b)$, то площина Σ розташується перпендикулярно до площин Δ і Π_1 тобто буде горизонтально проєкціуючою.

2. Якщо площину $\Sigma (h \cap f)$ провести перпендикулярно фронталі, що належить площині $\Delta (a \cap b)$, то площина Σ розташується перпендикулярно до площин Δ і Π_2 , тобто буде фронтально проєкціуючою.

Площина, перпендикулярна одночасно двом заданим площинам, може бути побудована:

- 1) або як площина, перпендикулярна лінії їх перетину;
- 2) або як площина, що проходить через перпендикуляри до них, побудовані з однієї точки простору.

Отже, щоб провести через точку A площину, перпендикулярну площині Σ (рис. 3.24), потрібно спочатку опустити з точки A перпендикуляр n до площини Σ . Площина, яка містить в собі цей перпендикуляр, буде перпендикулярною до площини Σ .

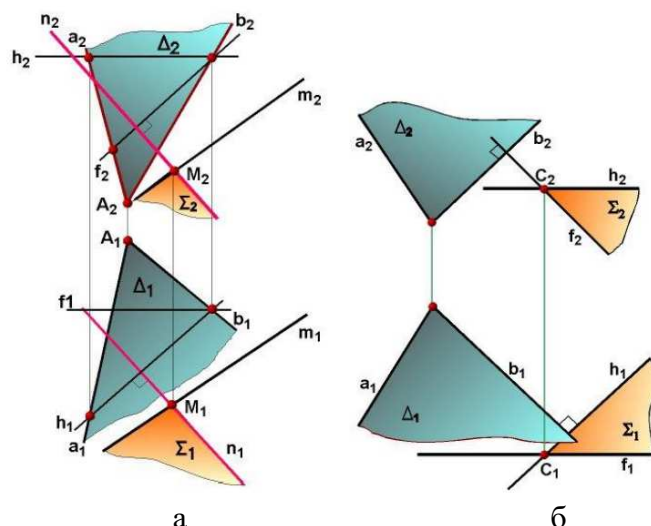


Рисунок 3.23 - Перпендикулярність площин

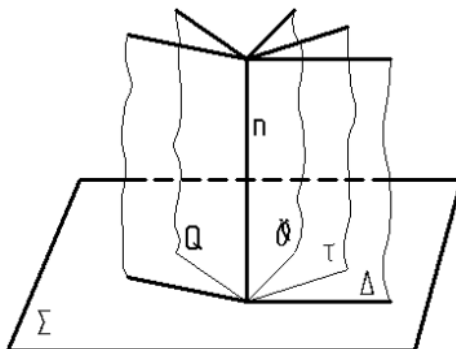


Рисунок 3.24 - Взаємно перпендикулярні площини

Контрольні питання

1. Що називають визначником площини? Як його позначають на рисунках?
2. Перелічити способи задання площин на комплексному рисунку і записати їх за допомогою визначників.
3. Що називають слідами площини; Як їх називають і позначають?
4. Які точки називають точками збігу слідів і як їх позначають?
5. Які площини називають площинами загального положення?
6. Скільки слідів має площина загального положення?
7. Перелічити і назвати площини особливого положення.
8. Які площини називають площинами рівня? Перелічити і назвати ці площини. Перелічити графічні характеристики цих площин.
9. Що називають слідом-проекцією площин особливого положення? Яка властивість слідів-проекцій?
10. Перелічити і назвати проєціючі площини.
11. Які площини називають осьовими?
12. Яку площину називають бісекторною?
13. Сформулюйте умови належності прямої лінії площині.
14. Чи можна провести у площині пряму через одну точку, що належить площині? Якщо так, то що для цього ще потрібно?
15. За яких умов можна стверджувати, що дана точка належить площині?
16. Якщо пряма лежить у площині, то її сліди знаходяться на однойменних слідах площини. Чи правильне це твердження?
17. Перелічіть головні лінії площини.
18. Побудуйте горизонталь і фронталь у проєціюючих площинах.
19. Що можна визначити за допомогою ліній найбільшого нахилу площин першого і другого роду?
20. Назвати умову паралельності двох площин.
21. Як побудувати лінію перетину двох площин загального положення?
22. Де знаходяться проєкції лінії перетину горизонтально проєціюючої і фронтально проєціюючої площин?

23. Як називається лінія перетину двох горизонтально проєціюючих площин?
24. Назвати умову паралельності прямої та площини.
25. Перелічити послідовність алгоритму знаходження точки перетину прямої з площиною.
26. Якщо пряма перетинається з площиною окремого положення, то де знаходиться одна із проєкцій точки перетину і як знаходять другу її проєкцію?
27. Як знаходять проєкції точки перетину проєціюючої прямої з площиною загального положення?
28. Як провести через точку пряму, перпендикулярну до даної площини?
29. Як проводять на комплексному рисунку проєкції перпендикуляра через задану точку до заданої площини загального положення?
30. Як провести через задану точку площину, перпендикулярну до заданої прямої загального положення?
31. Як провести через задану точку площину, перпендикулярну до заданої площини?
32. Як знайти відстань від точки до площини?
33. Як знайти відстань від точки до прямої загального положення?
34. Як знайти відстань від точки до проєціюючої прямої? Як будуть розташовані проєкції відрізка, яка визначає цю відстань?

ТЕМА 4

СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ПРОЄКЦІЙ

Зміст теми:

- 1 Загальні відомості
- 2 Спосіб плоскопаралельного переміщення
 - 2.1 Паралельне переміщення відрізка прямої
 - 2.2 Паралельне переміщення площини
 - 2.3 Спосіб обертання навколо ліній рівня
 - 2.4 Обертання точки
 - 2.5 Обертання площини
 - 2.6 Спосіб обертання навколо слідів площин (суміщення площини з площиною проєкцій)
 - 2.7 Заміна однієї площини проєкцій при проєціюванні точки
 - 2.8 Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній
 - 2.9 Заміна площин проєкцій при проєціюванні площин
 - 2.10 Перетворення проєкцій за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій

1 Загальні відомості

В попередньому розділі розглядалось розв'язування позиційних задач нарисної геометрії, в яких визначалось взаємне розташування геометричних фігур у просторі та між собою. Розв'язувались також метричні задачі, в яких визначались дійсні величини геометричних фігур і дійсні величини відстаней між фігурами.

Якщо геометричні фігури займали загальне положення, то розв'язування таких задач було складним і виникали певні труднощі при їх розв'язуванні.

У випадках, коли геометричні фігури займали особливе положення відносно площин проєкцій, розв'язування задач значно спрощувалось.

При розв'язуванні позиційних та метричних задач нарисної геометрії виникає потреба в перетворенні проєкцій так, щоб за допомогою нових допоміжних проєкцій зручно було знайти:

- натуральну величину відрізка прямої загального положення;
- кути нахилу прямих загального положення до площин проєкцій;
- натуральну величину геометричних фігур, що визначають площини загального положення;
- кути нахилу площин до площин проєкцій;
- натуральну величину відстані між двома прямими;
- відстань від точки до площини та ін.

Перетворення ортогональних проєкцій виконується такими способами:

- система площин проєкцій і напрям проєціювання не змінюються - змінюється положення геометричних фігур у просторі відносно площин проєкцій;
- положення геометричних фігур у просторі залишається незмінним - змінюється положення площин проєкцій відносно геометричних фігур;

- положення геометричних фігур у просторі і система площин проєкцій залишаються незмінними - змінюється напрям проєціювання.

2 Спосіб плоскопаралельного переміщення

Плоскопаралельним переміщенням називається такий рух геометричної фігури в нове положення, за якого траєкторії всіх її точок знаходяться в паралельних площинах рівня. При цьому способі переміщуються геометричні фігури, а площини проєкцій залишаються нерухомими. При плоскопаралельному переміщенні фігура виконує складний рух: обертання навколо осі, яка не задається, а також паралельне переміщення відносно площин проєкцій.

Якщо при плоскопаралельному переміщенні точки геометричної фігури переміщуються в площинах горизонтального рівня, то фронтальні їх проєкції переміщуються по прямих, паралельних осі ОХ, тобто по фронтальних слідах-проєкціях цих площин, а горизонтальна проєкція фігури змінює лише своє положення, не змінюючи величини та форми.

Якщо точки геометричної фігури переміщуються в площинах фронтального рівня, то горизонтальні їх проєкції переміщуються паралельно осі ОХ, а фронтальна проєкція фігури змінює лише своє положення, не змінюючи величини та форми.

Одним паралельним переміщенням можна визначити:

- натуральну величину відрізка прямої загального положення, а також кути нахилу його до площин проєкцій;
- відстань між двома довільними точками;
- відстань між двома паралельними лініями рівня;
- відстань між двома площинами загального положення (перетворивши їх у проєціюючі площини);
- натуральну величину плоскої фігури, якщо площина фігури є проєціюючою.

Двома паралельними переміщеннями визначаються:

- відстань від точки до прямої загального положення;
- відстань між паралельними та мимобіжними прямими загального положення;
- натуральна величина плоскої фігури, що належить площині;
- величина плоского кута;
- величина двогранного кута при ребрі, яке є прямою загального положення тощо.

2.1 Паралельне переміщення відрізка прямої

Щоб визначити натуральну величину відрізка прямої загального положення, треба виконати одне його переміщення із загального положення до положення прямої рівня.

Щоб відрізок прямої загального положення перетворити в проєціюючу пряму, необхідно виконати два переміщення. Спочатку відрізок перетворюється в пряму рівня, а потім пряма рівня перетворюється в проєціюючу пряму.

Привести відрізок АВ загального положення в положення проєціюючої прямої (рис. 4.1).

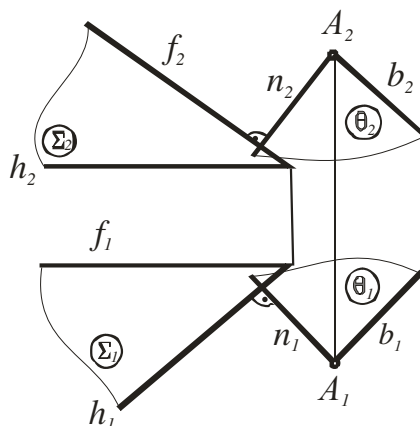


Рисунок 4.1 - Паралельне переміщення відрізка прямої

2.2 Паралельне переміщення площини

Для визначення натуральної величини трикутника, який займає проєціююче положення, необхідно виконати одне плоскопаралельне переміщення. Площину загального положення в площину рівня приводять двома плоскопаралельними переміщеннями.

Визначити натуральну величину трикутника ABC та кут нахилу його до площини Π_2 (рис. 4.2).

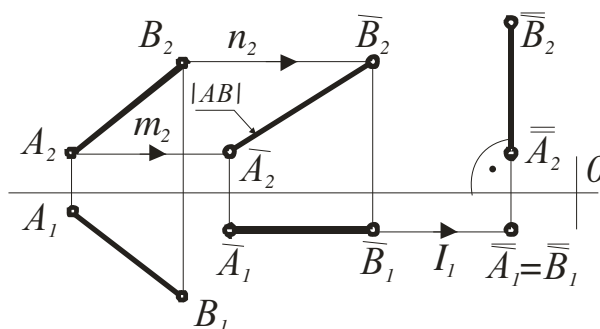


Рисунок 4.2 – Визначення натуральної величини трикутника ABC

Натуральну величину ABC визначаємо за допомогою двох плоскопаралельних переміщень. Для здійснення першого переміщення будемо в трикутнику ABC фронталь $f(f_1, f_2)$ і обертаємо $\Delta A_2B_2C_2$ так, щоб побудована фронталь стала перпендикулярною осі проєцій OX - $f_2 \perp OX$. Навколо цієї фронталі будемо $\Delta A_2B_2C_2$ конгруентний $\Delta A_2B_2C_2$. Площина ΔABC стала горизонтально проєціюючою. Кут β - кут нахилу площини ΔABC до Π_2 .

Друге переміщення виконуємо так, щоб ΔABC став площиною фронтального рівня. Для цього горизонтальну проєкцію $\overline{A_1}\overline{B_1}\overline{C_1}$, переміщуємо без зміни її величини в проєкцію $\overline{\overline{A_1}}\overline{\overline{B_1}}\overline{\overline{C_1}}$, паралельну осі OX . На площину Π_2 трикутник проєціюється в натуральну величину, тобто $\Delta \overline{\overline{A_2}}\overline{\overline{B_2}}\overline{\overline{C_2}} = |\Delta ABC|$.

2.3 Спосіб обертання навколо ліній рівня

В розглянутих вище способах перетворення проєкцій було показано, щоб визначити натуральну величину плоскої геометричної фігури загального положення, необхідно виконати два повороти навколо осей, перпендикулярних площинам проєкцій, або два паралельних переміщення.

Цього можна досягти більш коротким шляхом, виконавши тільки одне перетворення обертанням площини навколо лінії (осі обертання), яка належить самій площині. Такими лініями є лінії рівня площин.

Обертаючи площину навколо її горизонталі, можна перевести її в положення площини горизонтального рівня і плоскі геометричні фігури цієї площини стануть паралельними горизонтальній площині проєкцій, тобто проєціюватимуться на Π_1 без спотворення. Обертання площини навколо її фронталі приведе до того ж результату, тільки натуральна величина плоскої фігури буде одержана на Π_2 .

2.4 Обертання точки

Розглянемо обертання будь-якої точки A навколо будь-якої горизонталі A . На прикладі точки необхідно уявити у просторі елементи апарату цього способу перетворення (рис. 4.3.).

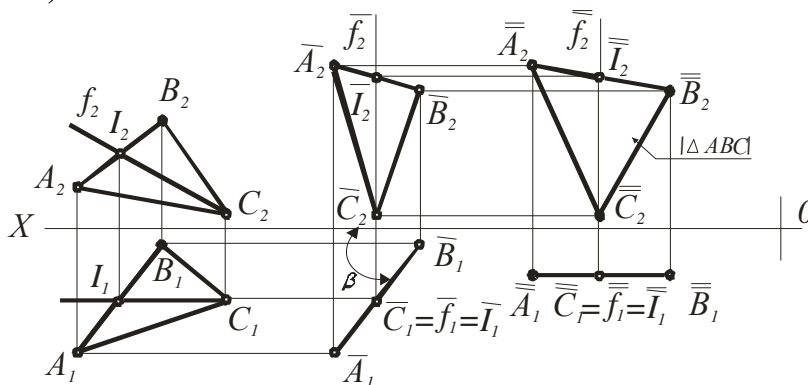


Рисунок 4.3 - Обертання точки

Точка A , обертаючись навколо горизонталі h , описує коло l в площині Σ , яка проведена перпендикулярно до осі обертання h . Окрім того, площина Σ перпендикулярна до площини Π_1 , тобто є горизонтально проєціюючою площиною, її горизонтальна проєкція Σ_1 є слідом-проєкцією цієї площини. Звичайно, Σ_1 буде перпендикулярною до h_1 . Площина Σ є площиною траєкторії руху точки A при обертанні її навколо осі h . Коло l проєціюється на Π_1 в пряму лінію l_1 , яка зливається з слідом-проєкцією Σ_1 . На Π_2 це коло проєціюється у виді еліпса l_2 , бо площина Σ розміщена

до Π_2 під гострим кутом. При розв'язуванні задач еліпс l_2 не використовується, а тому на комплексних рисунках не будується.

Точка A і вісь h визначають у просторі ще одну фронтально проєціюючу площину θ . В цій площині лежить і радіус обертання точки $A: R=OA$. Точка O — точка перетину горизонталі h (осі обертання) з площиною Σ . Площина $\Sigma \perp h$, а тому $\theta \perp \Sigma$.

Повернемо площину θ навколо осі h до положення θ , паралельного площині Π_1 . В цьому положенні площина θ є площиною рівня, а тому всі геометричні фігури, що належать площині, проєціюються на Π_1 без спотворення. Радіус обертання R займе положення $R = OA = O_1A_1 = |R|$.

Площина θ проєціюється на Π_2 на свій слід-проєкцію θ_2 , з яким зливається фронтальна проєкція горизонталі h , тобто $\theta_2 = h_2$.

2.5 Обертання площини

Щоб повернути площину загального положення в положення площини горизонтального рівня, необхідно повернути її навколо будь-якої горизонталі цієї площини. Щоб повернути площину загального положення в положення площини фронтального рівня, необхідно повернути її навколо будь-якої фронталі цієї площини.

Обертання площини навколо її лінії рівня практично зводиться до визначення дійсної величини радіусів обертання точок площини, що обертаються в паралельних між собою проєціюючих площинах, і відкладання цих радіусів на слідах-проєкціях площин обертання. Кінцеві точки одержаних відрізків і будуть шуканими проєкціями точок площини, що обертаються до положення площини рівня.

Вправа. Визначити натуральну величину ABC , що належить площині θ загального положення (рис. 4.4).

Визначимо спочатку елементи апарату обертання навколо лінії рівня:

- через точку A проведемо горизонталь h (h_1, h_2) - вісь обертання;
 - точки A і I лежать на осі обертання, а тому в процесі обертання будуть нерухомими;
 - для розв'язування вправи досить взяти за рухомі дві точки B і C ;
 - через точку B проведемо горизонтально проєціюючу площину обертання Σ ($\Sigma_1 \perp h_1$);
 - через точку C проведемо горизонтально проєціюючу площину обертання Δ ($\Delta_1 \perp h_1$);
 - площини Σ і Δ паралельні між собою. Робимо висновок, що точки площини θ обертаються в паралельних між собою горизонтально проєціюючих площинах;
 - площина $\Sigma(\Sigma_1)$ перетинається з h в точці O ($O_1 O_2$) - центр обертання т. B ;
- відрізок BO (B_1O_1, B_2O_2) - проєкції радіуса обертання точки B .

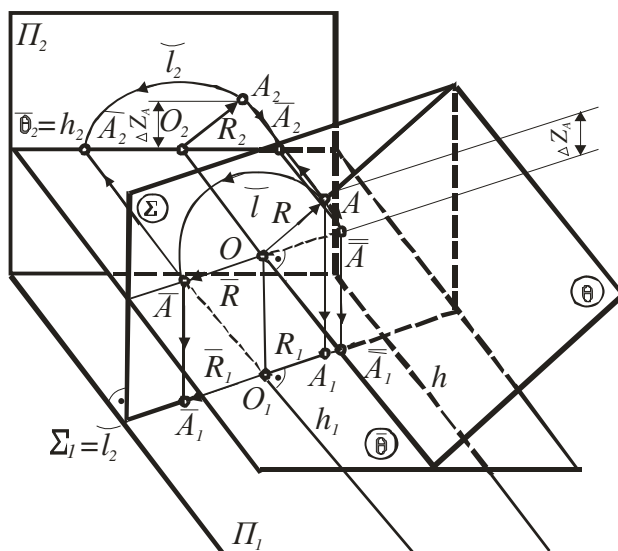


Рисунок 4.4 - Обертання площини

Для розв'язування вправи нове положення точки B знайдемо обертанням точки навколо горизонталі.

Обертання точки C виконаємо без знаходження її радіуса обертання. Нове положення цієї точки C знайдемо як точку, що належить відрізку BC в повернутому його положенні. В цьому відрізку точка $B(B_1, B_2)$ знайдена, точка $I(I_1, I_2)$ нерухома. Проведемо через ці точки пряму n . Точка C_1 знаходиться на перетині прямої n з слідом-проекцією ΔI , $\Delta A_1 AN = \Delta ABC$

2.6 Спосіб обертання навколо слідів площин (суміщення площини з площиною проєкцій)

Суміщення є окремим випадком обертання площини навколо ліній рівня. При суміщенні за вісь обертання беруть не будь-яку лінію рівня, а горизонтальний або фронтальний сліди площини (нульову горизонталь - h^0 або нульову фронталь - f^0).

При обертанні площини навколо горизонтального сліду h^0 площина суміщається з площиною Π_1 або з Π_2 , якщо площина обертається навколо фронтального сліду f^0 .

Цей спосіб використовується, коли необхідно знайти натуральні величини геометричних фігур, що належать площині, а також, коли необхідно побудувати в площині загального положення проєкції геометричної фігури заданої форми і розмірів.

Апарат геометричних побудов при суміщенні є таким же, як і при обертанні точки навколо ліній рівня. В цьому можна переконатися, розглянувши вправу суміщення площини Ψ з площиною Π_1 (рис. 4.5, а).

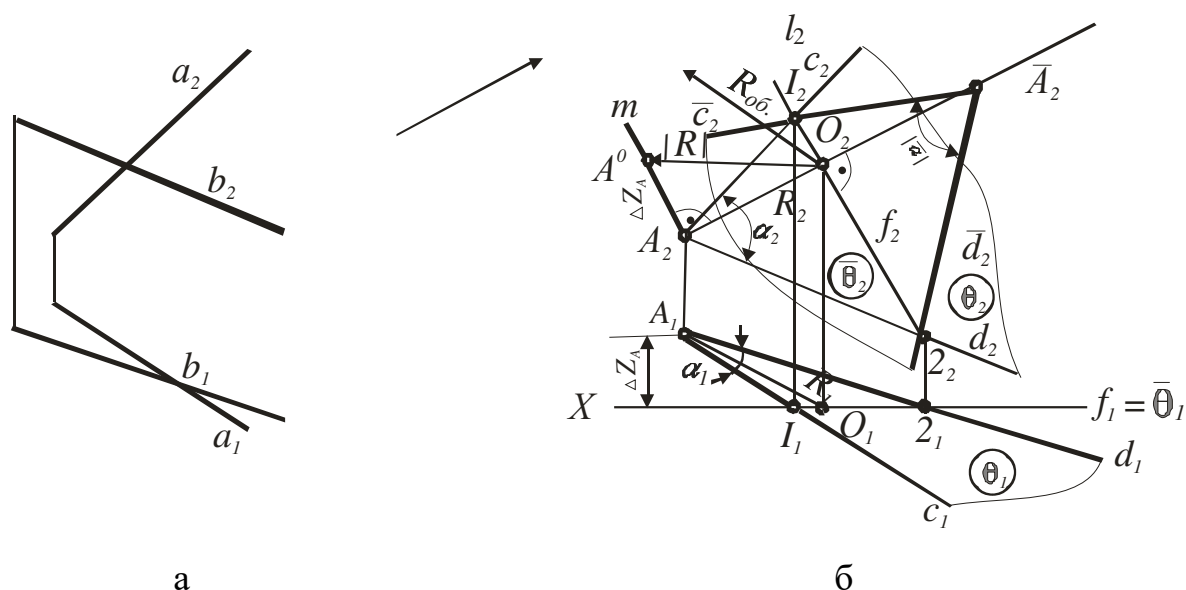


Рисунок 4.5 - Обертання навколо слідів площин

В площині ψ вберемо довільну точку A . Доцільно взяти її на фронтальному сліді площини. Виконаємо обертання точки A навколо горизонтального сліду площини h° , який приймаємо за вісь обертання. Через точку A проведемо горизонтально проєціюючу площину $\Sigma \perp h^\circ$ ($\Sigma I \perp h^\circ I$), яка буде площиною обертання цієї точки.

На перетині вісі обертання з слідом-проєкцією Σ ; площини обертання отримуємо центр обертання O (O_1, O_2). За правилом прямокутного трикутника визначаємо натуральну величину радіуса обертання R (R_1, R_2).

Знаючи центр обертання, радіус обертання і напрям переміщення точки A , знаходимо її суміщене положення A . Через цю точку і точку збігу слідів Ψ_X площини проходить суміщене положення фронтального сліду суміщеної площини ψ_1 .

В одержаній побудові можна відмітити таку особливість: $\Psi_X A_1 - \Psi_X A_2$. Це впливає з того, що геометричні фігури, котрі належать площині, при суміщенні, не змінюють своїх розмірів і форми, тобто будуть конгруентними.

Процес суміщення можна спростити. Положення точки A_1 можна визначити, не використовуючи натуральної величини радіуса обертання $|R|$, центра обертання O і дуги обертання l_1 .

Точку A , визначимо за допомогою дуги m , проведеної із центра ψ_X з радіусом $R_{ob} = \Psi_X A_2$ до перетину з слідом-проєкцією Σ_1 (рис. 4.5, б).

2.7 Заміна однієї площини проєкцій при проєціюванні точки

На просторовому рис. 4.6, а задана система $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$, в якій знаходиться точка

$A(A_1, A_2)$.

Замінімо площину Π_2 на Π_4 так, щоб Π_4 була перпендикулярною до Π_1 і нахилена під довільним кутом β до площини Π_2 . Відстань площини Π_4 від точки A також довільна.

Побудуємо ортогональну проєкцію точки A на $\Pi_4 - A_4$. Лінія проєкційного зв'язку A_1A_{14} повинна бути перпендикулярною до осі X_{14} . Горизонтальна проєкція A_1 точки A в системі $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ залишається незмінною, тому що площина не замінюється. На просторовому рисунку одержимо чотирикутник $AA_4A_{14}A_1$, у якому сторона AA_4 - відстань точки A до нової площини проєкцій A_4 , а AA_1 — відстань точки A до Π_1 .

Розглянемо два чотирикутники $AA_2A_{12}A_1$ у системі $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ і $AA_4A_{14}A_1$ у системі $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$. Дійдемо до висновку, що $A_1A_{14} = A_2A_{12}$, бо кожна з цих сторін рівна одній стороні AA_1 , а $AA_1 = Z_A$. Звідси маємо $A_4A_{14} = A_2A_{12} = Z_A$. Робимо важливий для способу заміни площин проєкцій висновок: координати Z точок геометричних фігур при заміні площини Π_2 на Π_4 залишаються незмінними у системі $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$.

При заміні площин проєкцій у новій системі залишається незмінною та координата точки, яка визначає її відстань від тієї площини проєкцій, яка залишається незмінною і в новій системі.

Щоб перейти від просторового зображення системи до епюри, необхідно обертанням навколо осі X_{14} площину Π_4 сумістити з площиною Π_1 (рис. 4.6).

В суміщеному положенні проєкція A_4 буде розташована на одному перпендикулярі (лінії проєкційного зв'язку) до осі X_{14} з проєкцією A_1 , а відстань точки A_4 від A_{14} буде рівна координаті Z точки A — Z_A (рис. 4.6, б).

При суміщенні площин проєкцій необхідно вибирати такий напрямок обертання площини Π_4 , за якого проєкції точки $A - A_1$ і A_4 були б розташовані по різні сторони від осі проєкцій X_{14} .

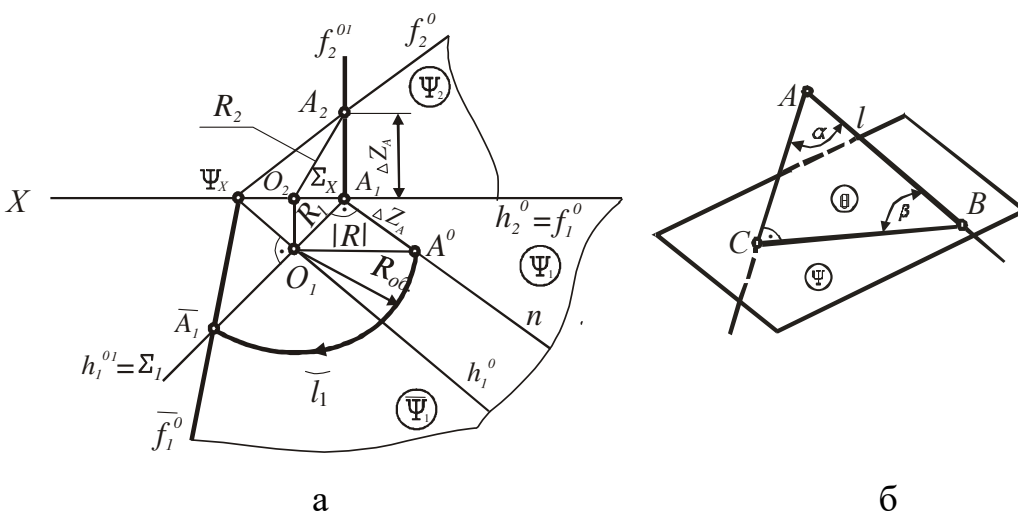


Рисунок 4.6 - Заміна однієї площини проєкцій при проєціюванні точки

2.8 Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній

Щоб побудувати проєкції прямої лінії в новій системі площин проєкцій необхідно побудувати в цій системі проєкції двох кінцевих точок відрізка прямої і потім з'єднати їх прямою лінією.

За допомогою однієї заміни площини проєкцій зручно знаходити дійсну величину відрізка прямої і кути нахилу його до площин проєкцій.

Вправа. Визначити натуральну величину відрізка прямої AB загального положення і кути нахилу його до площин проєкцій Π_1 і Π_2 системи $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$, (рис. 4.7).

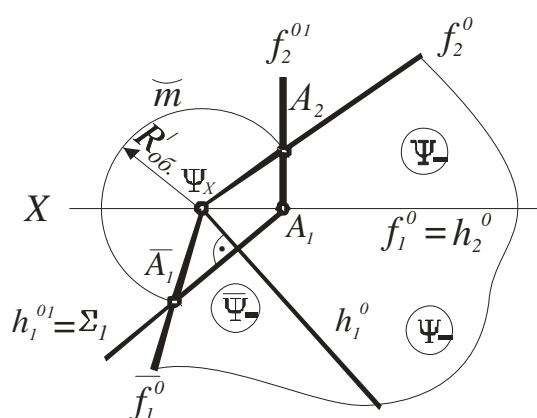


Рисунок 4.7 - Завдання

Щоб визначити натуральну величину відрізка AB і кут нахилу його до Π_1 , заміняємо площину Π_2 системи $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ на площину проєкцій Π_4 системи $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$.

Площина $\Pi_4 \parallel AB$, а $X_{14} \parallel A_1B_1$. Знаходження проєкцій A_4 і B_4 кінцевих точок відрізка AB виконується за правилами побудови проєкції A_4 точки A , які розглянуті в попередньому матеріалі. Відрізок A_4B_4 — натуральна величина відрізка AB . Кут α - кут нахилу відрізка AB до площини Π_1 .

Щоб визначити натуральну величину відрізка AB і кут нахилу до Π_2 заміняємо площину Π_1 системи X_{12} на нову площину проєкцій Π_5 системи X_{25} . Площину Π_5 розташовуємо паралельно до відрізка AB , а на епюрі нова координатна вісь X_{25} буде паралельною фронтальній проєкції відрізка A_2B_2 .

Побудова проєкцій A_5 і B_5 відрізка AB на Π_5 виконується за такими ж правилами, як і побудова проєкцій A_4 і B_4 . Різниця тільки у тому, що в системах $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ і

$X_{25} \frac{\Pi_2}{\Pi_5}$ незмінними координатами точок будуть координати Y . Тобто $A_5A_{25} = A_1A_{12} = Y_A$ і $B_5B_{25} = B_1B_{12} = Y_B$.

Відрізок A_5B_5 - натуральна величина відрізка AB . Кут β - кут нахилу відрізка AB до Π_2 .

Заміною однієї площини проєкцій можна виконати такі перетворення:

- пряму загального положення перетворити в лінію рівня, якщо нову площину проєкцій вибрати паралельно до заданої прямої;
- лінію рівня перетворити в проєціюючу пряму, якщо нову площину проєкцій вибрати перпендикулярною до цієї прямої;
- площину загального положення можна перетворити в проєціюючу, якщо нову площину проєкцій вибрати перпендикулярною до лінії рівня цієї площини;
- проєціюючу площину можна перетворити у площину рівня, якщо нову площину проєкцій вибрати паралельною проєціюючій площині.

Визначити відстань точки A від прямої m окремого положення (рис. 4.9).

Відстань точки A від прямої m визначається перпендикуляром AK , проведеним з точки A на пряму m (рис. 4.8). Щоб знайти натуральну величину відрізка AK , необхідно заміною площини проєкцій привести цей відрізок до положення лінії рівня.

Відрізок AK перпендикулярний до прямої m . Якщо AK буде паралельним до нової площини Π_4 , то пряма m буде до неї перпендикулярною і на Π_4 буде проєціюватися в точку t_4 - вироджену проєкцію прямої m , тобто в системі $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$.

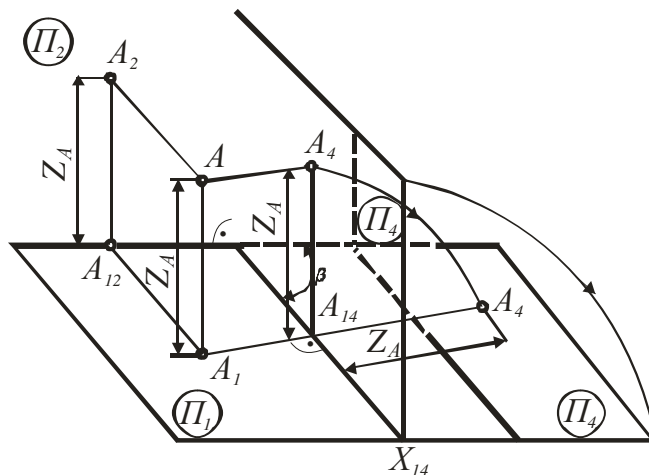


Рисунок 4.8 - Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній

Розглянемо розв'язування вправи на епюрі (рис. 4.9). Заміняємо площину Π_2 на Π_4 так, щоб Π_4 була перпендикулярною до m . Проведемо вісь $X_{14} m$.

Будуємо проєкції t , A і прямої m на Π_4 . Сполучаємо точки A_4 і $K_4 = t_4$ прямою лінією. $A_4K_4 = |AK|$.

Проєкції A_1K_1 і A_2K_2 перпендикуляра AK на вихідних площинах проєкцій Π_1 і Π_2 знаходять так:

- проєкція A_1K_1 як горизонтальна проєкція лінії рівня повинна бути паралельною до осі X_{14} або перпендикулярною до от m_1 ;
- проєкція K_2 знаходиться за правилом належності точки прямій лінії, а також за допомогою лінії проєкційного зв'язку;
- сполучаємо точки A_2 і K_2 прямою лінією і одержуємо проєкцію A_2K_2 .

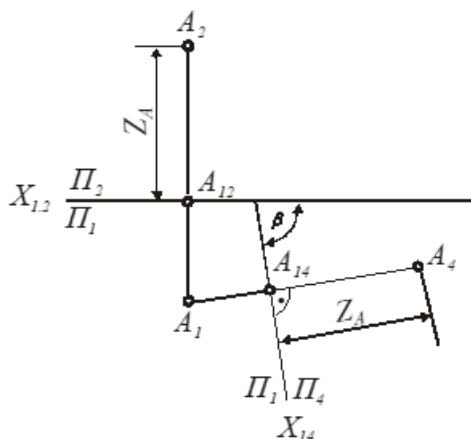


Рисунок 4.9 - Заміна площин проєкцій при проєціюванні прямих ліній

2.9 Заміна площин проєкцій при проєціюванні площин

Щоб побудувати проєкції площини при заміні площин проєкцій необхідно побудувати в новій системі площин проєкцій три точки, які визначають в загальному виді цю площину, і потім з'єднати ці точки прямими лініями.

За допомогою однієї заміни площин проєкцій можна:

- визначити натуральну величину плоскої фігури, яка розташовується перпендикулярно до площини проєкцій;
- знайти натуральну величину відстані між точкою і площиною;
- знайти натуральну величину відстані між паралельними площинами, які задані слідами;
- площину загального положення перетворити в проєціюючу і т.п.

Визначити натуральну величину ΔABC , який є горизонтально спроекціюючою площиною (рис. 4.10, а).

Дано площину $\Sigma (h^\circ \cap f^\circ)$ загального положення. Перетворити її у фронтально проєціюючу площину (рис. 4.10, б).

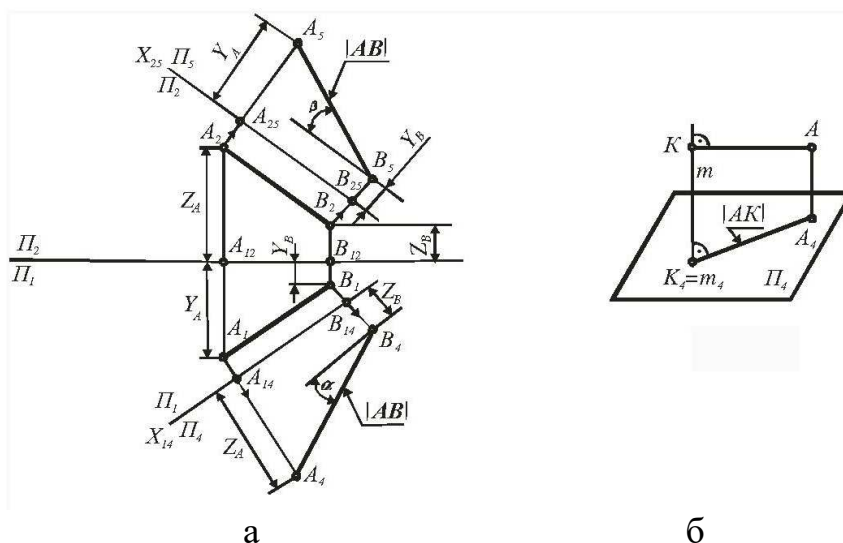


Рисунок 4.10 - Заміна площин проєкцій при проєціюванні площин

2.10 Перетворення проєкцій за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій

Для розв'язування багатьох задач нарисної геометрії недостатньо однієї заміни площини проєкцій. В таких випадках проводять заміну другої площини проєкцій основної системи $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$, яка приводить до нової системи $X_{45} \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$, не пов'язаної зовсім з основною системою.

Послідовність замін площин проєкцій виконують за такою схемою:

- перша заміна - площина Π_2 заміняється площиною Π_4 , перпендикулярною до залишеної площини Π_1 . Одержують систему $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ з віссю координат X_{14} (або Π_1 заміняють на Π_4 і одержують систему $X_{24} \frac{\Pi_2}{\Pi_4}$ з віссю координат X_{24});
- друга заміна - площина Π_1 , заміняється площиною $\Pi_5 \perp \Pi_4$. Одержують систему X_{45} з віссю координат X_{45} (або Π_2 заміняють на $\Pi_5 \perp \Pi_4$ і одержують систему $X_{45} \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ з віссю координат X_{45}).

Побудова проєкцій точок на Π_5 виконується за тими ж правилами, як і при першій заміні.

Послідовною заміною двох площин проєкцій можна виконати такі перетворення:

пряму загального положення перетворити в проєціюючу (при першій заміні її перетворюють в лінію рівня);

площину загального положення перетворити в площину рівня (першою заміною площина перетворюється в проєціюючу площину).

За допомогою таких перетворень можна розв'язати наступні задачі нарисної геометрії:

- знайти відстань від точки до прямої загального положення;
- знайти відстань між двома паралельними прямими загального положення;
- знайти відстань між двома мимобіжними прямими загального положення;
- визначити натуральну величину плоскої фігури загального положення;
- знайти натуральну величину кута між двома площинами, що перетинаються;

побудувати перпендикуляр між двома мимобіжними прямими та інші.

Визначити відстань між паралельними прямими AB і CD загального положення (рис. 4.11).

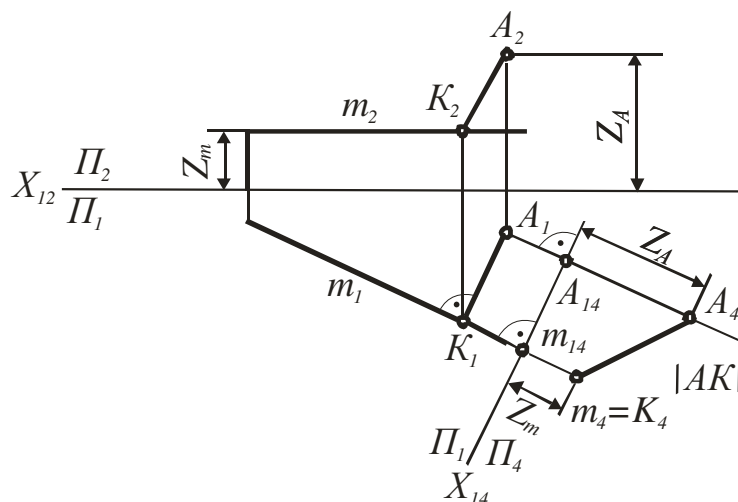


Рисунок 4.11 - Перетворення проєкцій за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій

Відстань між паралельними прямими визначиться лише тоді, коли на одну із площин проєкцій вони будуть проєціюватись в точки, тобто коли в новій системі площин проєкцій ці прямі будуть проєціюючими прямими.

Відразу вибрати таку нову площину проєкцій, яка була б перпендикулярною до прямих AB , CD і до залишеної площини проєкцій Π_1 неможливо, бо за умовою вправи задано прямі загального положення.

Вправа розв'язується тільки послідовною заміною двох площин проєкцій:

- при першій заміні перетворимо прямі загального положення в прямі рівня, замінивши площину Π_2 системи площин проєкцій $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ на площину Π_4 , паралельну заданим прямим і перпендикулярну площині Π_1 ;

- при другій заміні перетворимо прямі рівня в системі площин проєкцій $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ в проєціюючі прямі в системі площин проєкцій $X_{45} \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$, замінивши площину Π_1 на Π_5 так, щоб вона була перпендикулярною до заданих прямих.

Алгоритм побудови проєкцій точок в нових системах площин проєкцій розглянемо на прикладі точки A .

Одержавши на Π_5 вироджені проєкції прямих AB і CD у виді точок $C_5=D_5$ і $A_5=B_5$, дістанемо натуральну величину відстані між прямими, коли з'єднаємо ці точки прямою лінією. Ця лінія буде проєкцією перпендикуляра між прямими CD і AB . Кінцеві його точки позначимо K і M . Відрізок KM в системі площин проєкцій $X_{45} \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ буде лінією рівня і на Π_5 проєціюється в натуральну величину $K_5M_5 = |KM|$.

Звичайно проєкція K_5 збігається з проєкціями $C_5 = D_5$, а M_5 — з $A_5=B_5$.

Побудову проєкцій відрізка KM в системах площин проєкцій $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ і $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ виконуємо на прикладах попередніх вправ. Проєкцію точки K_4 на проєкції прямої

C_4D_4 беремо довільно, бо нема ніякої різниці, з якої точки проводити перпендикуляр між двома паралельними прямими.

Вправа. Визначити натуральну величину трикутника ABC загального положення (рис. 4.12).

Вправа розв'язується за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій:

- при першій заміні площини Π_2 на Π_4 трикутник з загального положення перетворюється в проєціюючу площину;

- при другій заміні Π_1 на Π_5 трикутник з проєціюючої площини перетворюється в площину рівня і на Π_5 проєціюється в натуральну величину

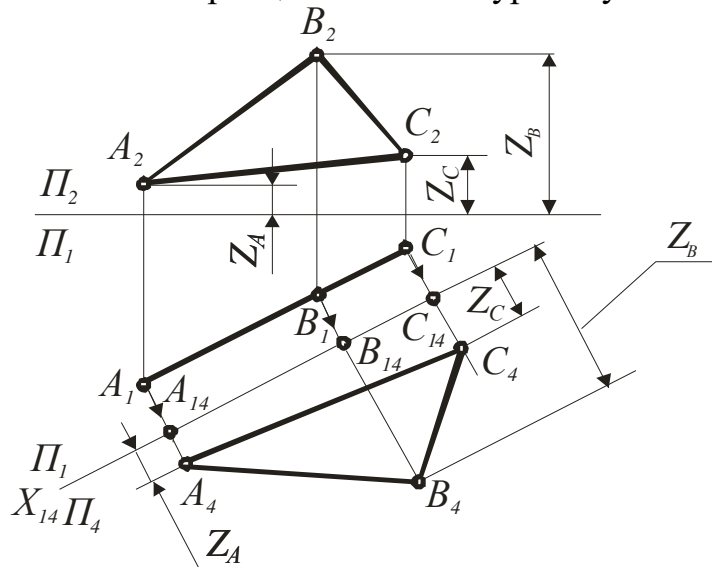


Рисунок 4.12 - Алгоритм побудови проєкцій точок в нових системах площин проєкцій

Щоб перетворити $\triangle ABC$ в проєціюючу площину, необхідно замінити площину проєкцій Π_2 системи площин проєкцій $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ так, щоб Π_4 була перпендикулярною площині $\triangle ABC$ і площині проєкцій Π_1 . Для цього в трикутнику ABC через точку A проводимо горизонталь h (h_1, h_2) і перпендикулярно до неї проводимо площину Π_4 . На епюрі це виглядає так: на довільній відстані від точки B_1 проводять $X_{14} \perp h_1$. X_{14} — вісь проєкцій нової системи площин проєкцій $X_{14} \frac{\Pi_1}{\Pi_4}$.

Далі будують проєкції A_4, B_4 і C_4 на площині Π_4 . Трикутник ABC на Π_4 проєціюється в лінію $C_4A_4B_4$ - слід-проєкцію площини $\triangle ABC$.

Щоб перетворити $\triangle ABC$ в площину рівня, замінюємо площину Π_1 системи $X_{12} \frac{\Pi_1}{\Pi_2}$ на площину Π_5 нової системи $X_{45} \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ так, щоб вона була паралельною сліду-проєкції $C_4A_4B_4$ трикутника ABC . Для цього проведемо вісь X_{45} на довільній відстані від сліду-проєкції $C_4A_4B_4$ і паралельної до нього. Будуємо відомим способом проєкції точок A, B і C на Π_5 — A_5, B_5 і C_5 . З'єднавши ці проєкції прямими лініями, одержимо $\triangle A_5B_5C_5$ - натуральну величину $\triangle ABC$.

Контрольні питання

1. Для чого необхідні способи перетворення ортогональних проєкцій?
2. Які існують способи перетворення проєкцій?
3. Які задачі нарисної геометрії можна розв'язати за допомогою одного паралельного переміщення?
4. Які задачі нарисної геометрії можна розв'язати за допомогою двох паралельних переміщень?
5. Для чого виконують способи зміни площин проєкцій?
6. Скільки можна виконати замін площин проєкцій?
7. З яких міркувань заміняють площину основної системи площин проєкцій конкретною площиною проєкцій нової системи? Як це роблять?
8. Як позначають основну систему площин проєкцій і нові системи площин проєкцій?
9. Як позначають координатні осі проєкцій у системах?
10. Скільки необхідно виконати замін площин проєкцій, щоб визначити натуральну величину прямої загального положення?
11. Скільки необхідно виконати замін площин проєкцій, щоб пряму загального положення перетворити в проєціюючу пряму?
12. Скільки необхідно виконати замін площин проєкцій, щоб визначити натуральну величину відстані від точки до прямих загального і окремого положення?
13. Перелічити, які задачі можна розв'язати за допомогою заміни однієї площини проєкцій?
14. Перелічити, які задачі можна розв'язати за допомогою послідовної заміни двох площин проєкцій?
15. Як визначити натуральну величину і кути нахилу прямої загального положення з використанням способу заміни площин проєкцій? Скільки при цьому необхідно замін площин проєкцій?

ТЕМА 5

ПРОЄКЦІЮВАННЯ БАГАТОГРАННИКА. ПЕРЕТИН БАГАТОГРАННИКА ПЛОЩИНАМИ

Зміст теми:

- 1 Проекціювання багатогранників
- 2 Перетин багатогранників проєкціуючими площинами
- 3 Перетин багатогранників площинами загального положення
- 4 Перетин багатогранників з прямою лінією

1 Проекціювання багатогранників

Багатогранник - замкнута просторова фігура, що складається з відсіків площин, які мають форму багатокутників (рис. 5.1).

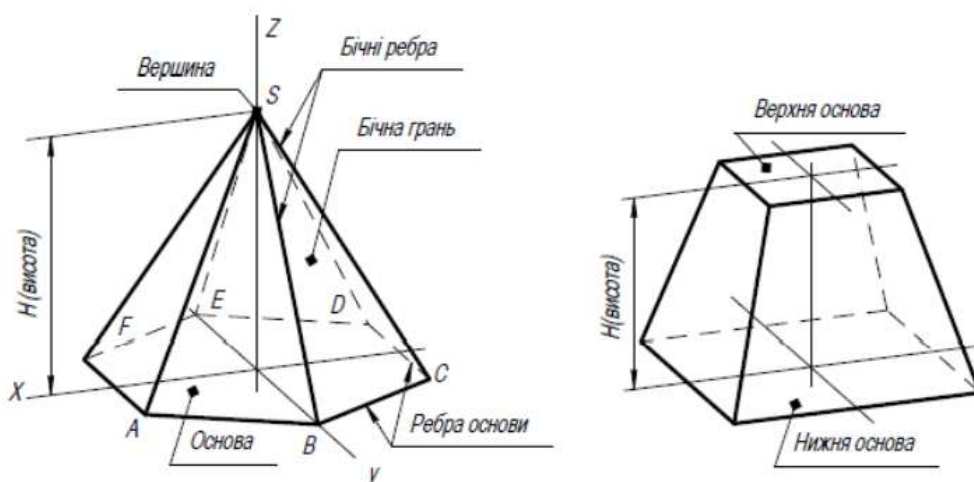


Рисунок 5.1 – Елементи багатогранників

Багатогранник називається правильним, якщо всі його грані - рівні правильні багатокутники і в кожній вершині сходиться одне і те ж число граней. На противагу тому, що існує незліченна множина не подібних один одному правильних багатокутників, існує лише обмежене число не подібних один одному правильних багатогранників. Опуклих правильних багатогранників може бути тільки п'ять (рис. 5.2). Ці п'ять правильних опуклих багатогранників наступні: правильний тетраедр (чотиригранник) або коротше, просто тетраедр (рис. 5.2, а); гексаедр (шестигранник), який є не що інше, як куб (рис. 5.2, б); октаедр (восьмигранник) (рис. 5.2, в); додекаедр (12-гранник) (рис. 5.2, г), ікосаедр (20-гранник) (рис. 5.2, д).

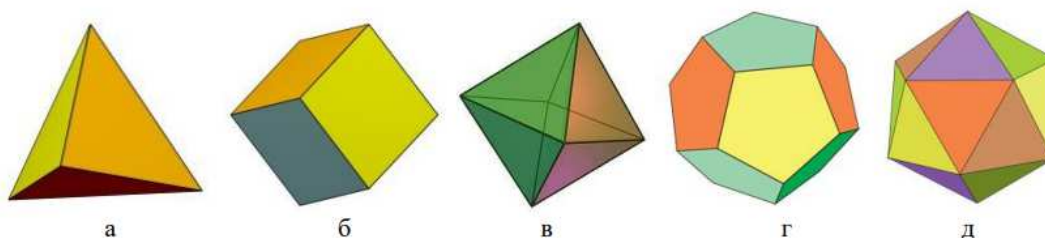


Рисунок 5.2 - Види багатогранників

Багатогранник називається опуклим, якщо він весь розміщений з одного боку від площини кожної його грані. Опуклий багатогранник називається правильним, якщо всі його грані правильні багатокутники і всі багатогранні кути при вершинах однакові.

Призма – багатогранник, утворений перетином призматичної поверхні двома паралельними площинами. Призма називається прямою, якщо бічні ребра її перпендикулярні до основи. Призма називається правильною, якщо в основі її лежить правильний багатокутник. Призма, яка зображена на рис. 5.3, а, б, в має 6 бічних граней, 2 основи, 18 ребер (з них 6 бічних), 12 вершин. Верхня основа паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_2 , нижня належить Π_1 . Грані ВСМК, ЕЕОТ – фронтальні площини, на Π_3 кожна з них проєкується в пряму лінію - слід площини. Інші межі - горизонтально-проєкціуючі площини, а бічні ребра – горизонтально-проєкціуючі прямі. Ребра основи - горизонтальні лінії рівня. На рис. 5.3, б зображено проєкції призми і деяких складових її елементів: вершина А, ребра а.

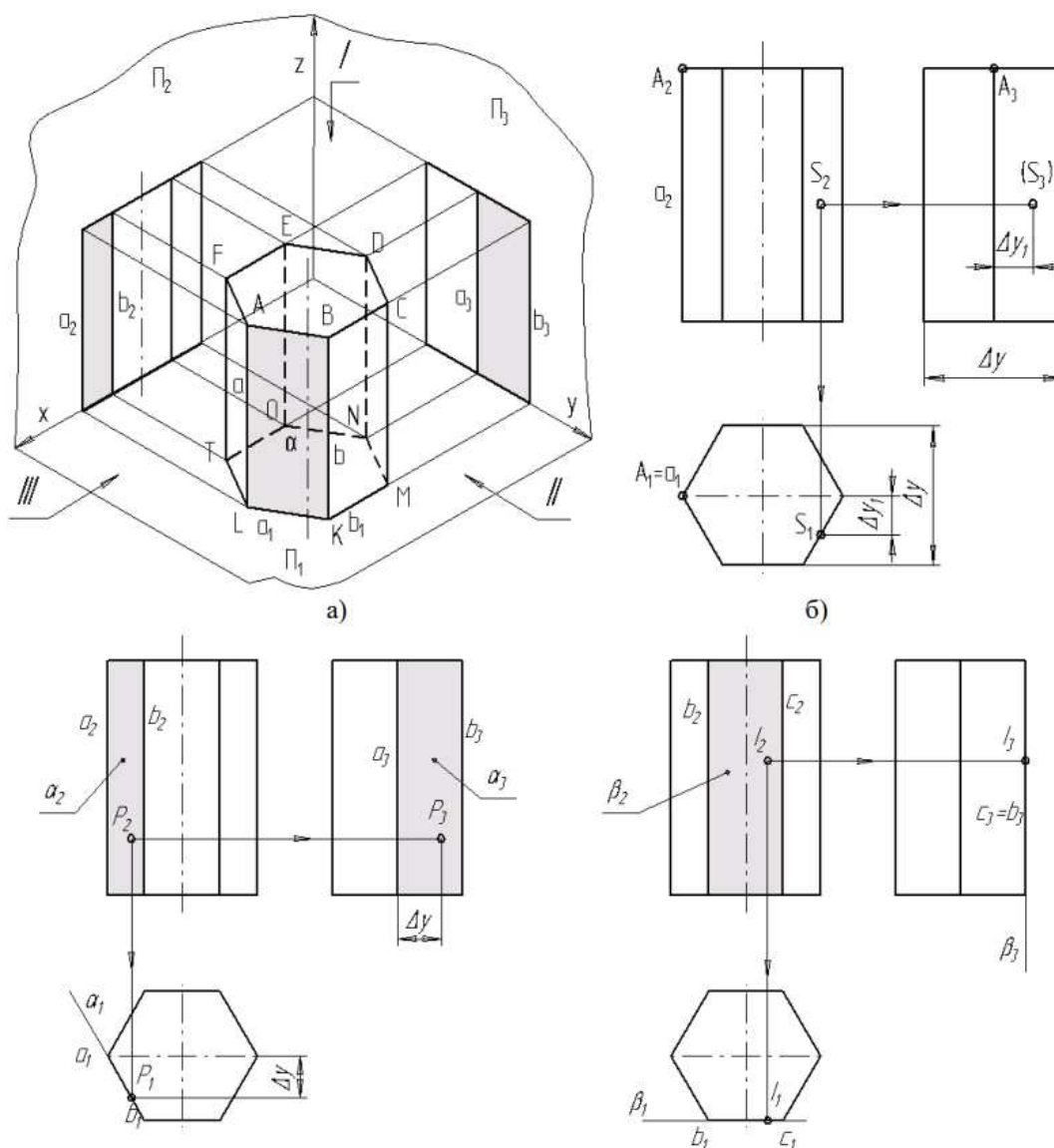


Рисунок 5.3 - Проекціювання точок, що належать зовнішній поверхні призми

Проекції точок, які належать граням займають проекціуюче положення, будують за допомогою ліній зв'язку (рис. 5.3,в, точка Р; рис. 5.3,г, точка И; рис. 5.3,б, точка S).

На горизонтальній проекції видима буде верхня основа. На фронтальній проекції видимі грані АВКЛ, ВСМК, CDNM, інші - невидимі. На профільній проекції видимі грані - АВКЛ, АFTL, інші - невидимі. Точка S, яка належить грані CDNM, видима на фронтальній проекції, але невидима на профільній (рис. 5.3, б). Точка Р (рис. 5.3, в) на грані АВКЛ видима на профільній і на фронтальній проекціях. Комплексний кресленик правильної призми слід починати виконувати з горизонтальної проекції.

Піраміда - багатогранник, одна грань якої (основа) - багатокутник, а бічні грані - трикутники із загальною точкою (вершиною) піраміди. Піраміда називається правильною, якщо її основою є правильний багатокутник і вісь проходить через центр основи.

Проекції точок, які належать граням, що займають проекціуюче положення, і ребрах будують за допомогою ліній зв'язку (рис. 5.4, б, точка F; рис. 5.4, в, точка К). Точки на гранях площин загального положення будують за допомогою допоміжних ліній.

На горизонтальній проекції піраміди видно всі бічні грані. На фронтальній - видимими будуть лише грані SAE і SAD. На профільній - видимі грані SAE і SAC. Точка К, яка належить грані SCB, видима на горизонтальній проекції, але невидима на фронтальній. Точка Е на грані SAE видима на всіх трьох проекціях.

Побудову піраміди починають викреслювати з горизонтальної проекції.

Проекції піраміди наведені на рис. 5.4, а, б, в, г, д.

2 Перетин багатогранників проєкціуючими площинами

При перетині поверхні багатогранника площиною отримують плоску фігуру – багатокутник, вершини якого належать ребрам багатогранника, а сторони – граням. На рис. 5.5 зображено приклад перетину призми проекціуючими площинами, на рис. 5.6 - піраміди.

Для побудови лінії перетину багатогранника площиною застосовується спосіб граней, коли визначають лінії перетину граней із січною площиною, або спосіб ребер, яким визначають точки перетину ребер піраміди з січною площиною $\Sigma(\Sigma_2)$ (рис. 5.7).

Площина $\Sigma(\Sigma_2)$ перетинає три ребра піраміди, отже фігурою перетину буде трикутник. Вершини його належать ребрам SA, SB, SC піраміди. Площина $\Sigma(\Sigma_2)$ – фронтально-проєкціуюча. Точки перетину піраміди площиною належать ребрам піраміди на l_2 , проводимо лінію зв'язку на l_1 і отримуємо точки $K_1 R_1 N_1$, поєднуючи їх - отримуємо трикутник.

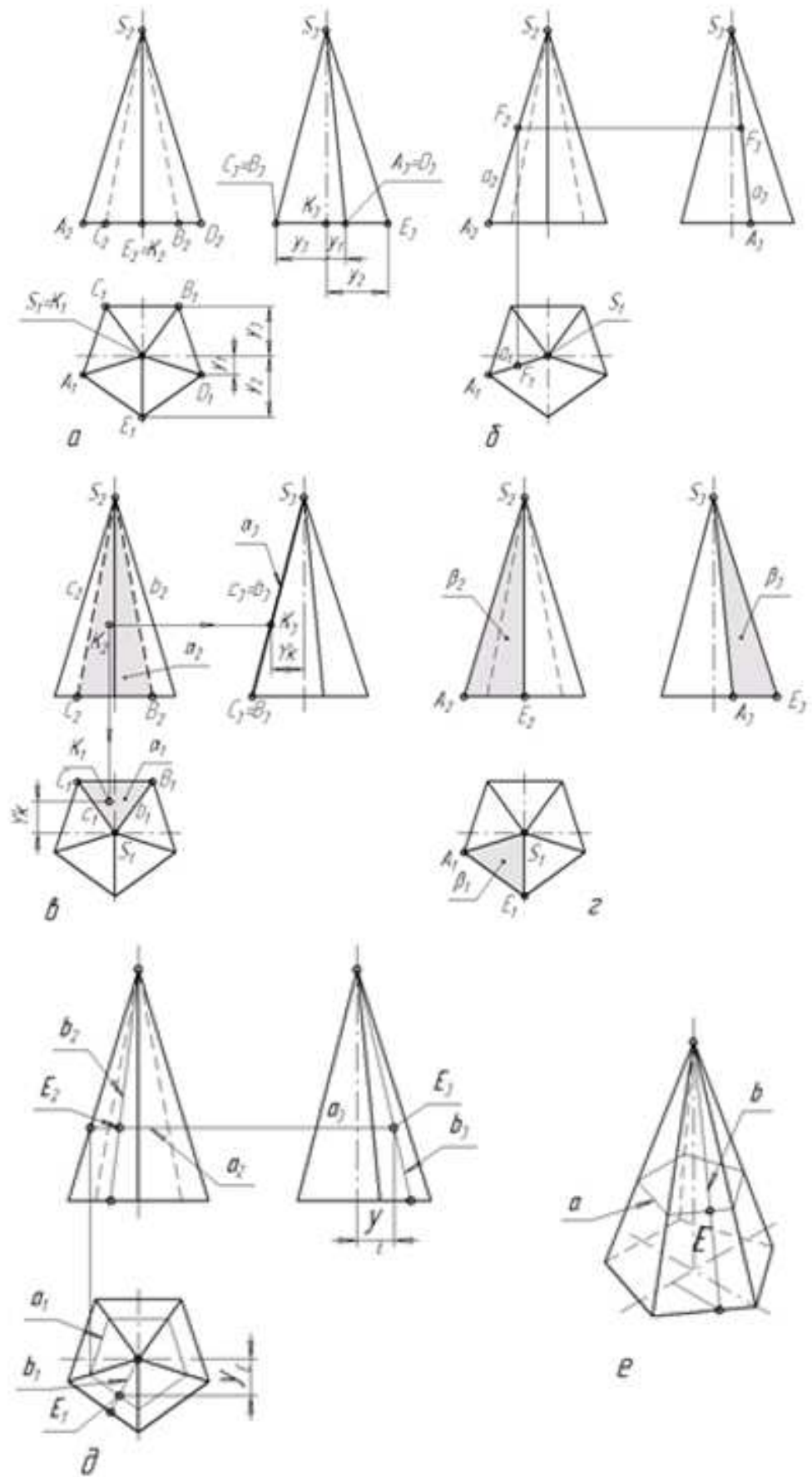


Рисунок 5.4 - Проекціювання піраміди та точок на її зовнішній поверхні

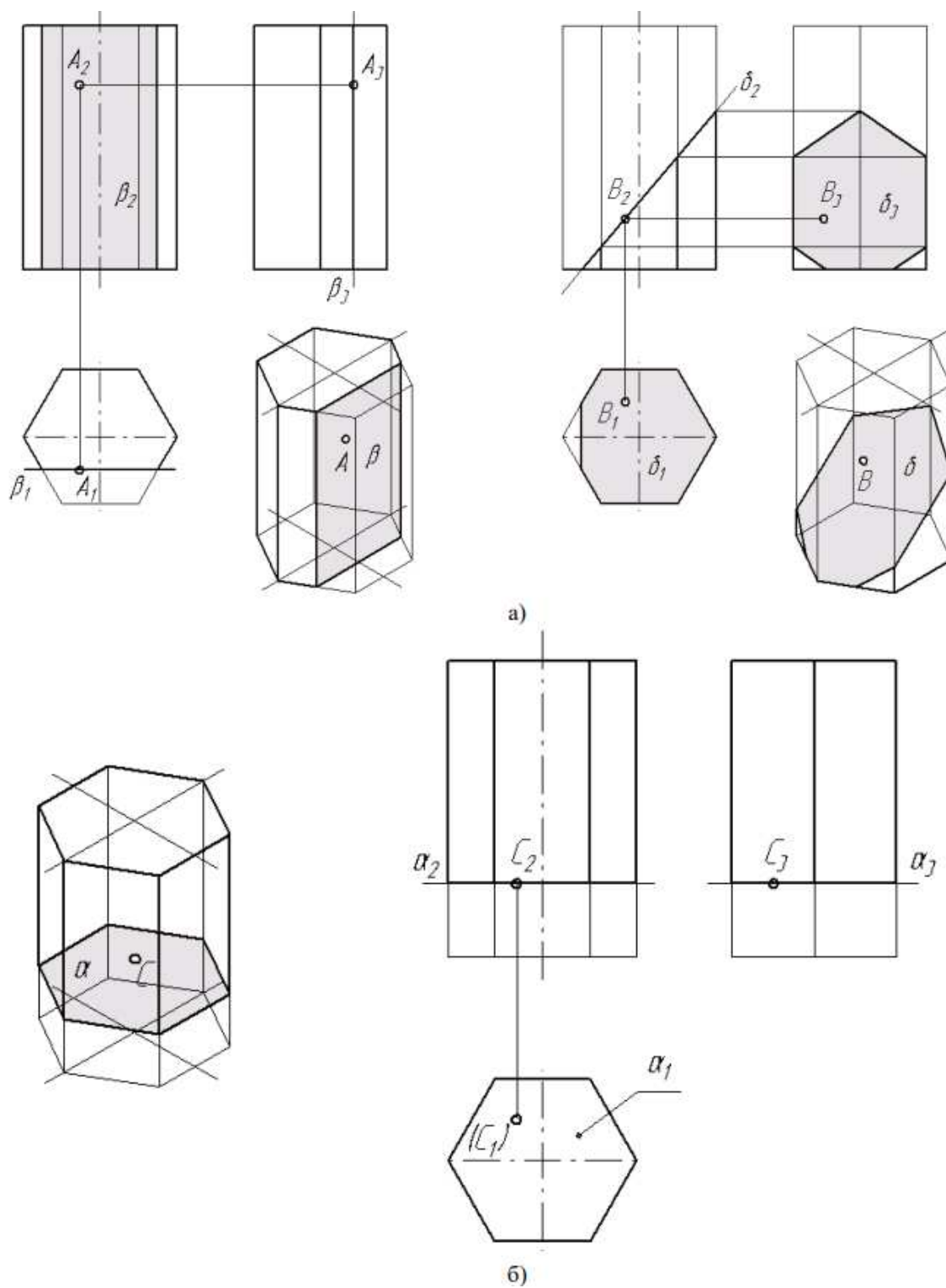


Рисунок 5.5 – Перетин призми площинами

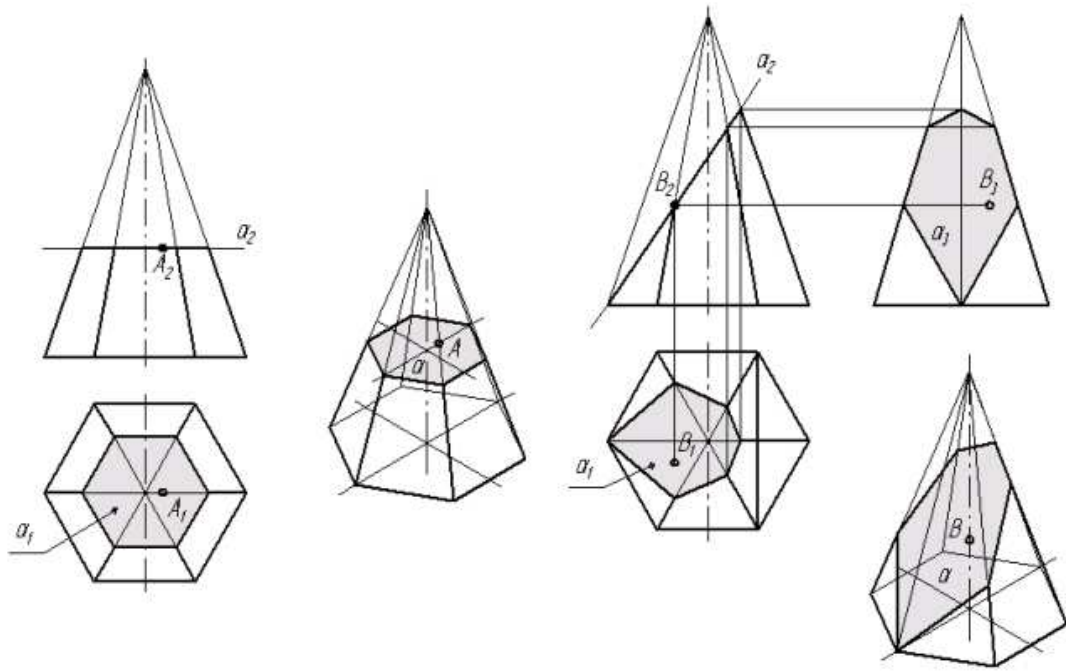


Рисунок 5.6 - Перетин піраміди площинами

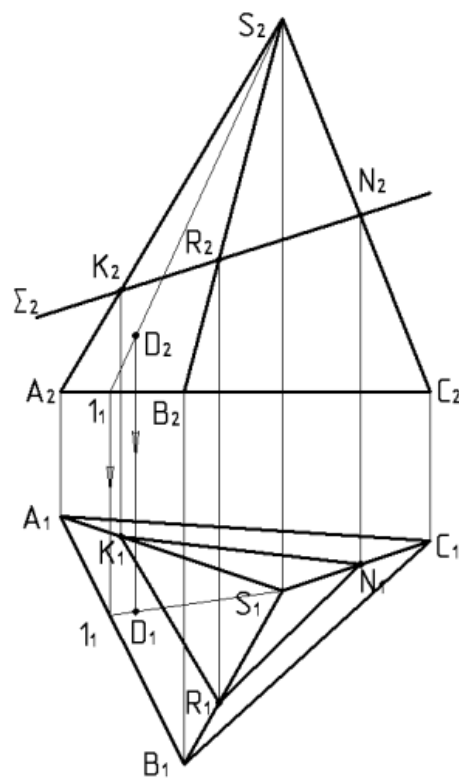


Рисунок 5.7 – Перетин піраміди площиною приватного положення

3 Перетин багатогранників площинами загального положення

Визначення лінії перетину поверхні площиною зводиться до побудови:

- точки зустрічі прямої з площиною (метод ребер);
- лінії перетину двох площин між собою (метод граней).

На рис. 5.8 наведено приклад побудови лінії перетину чотирикутної піраміди площиною загального положення $\Sigma(h_0 \cap f_0)$. При перетині чотирикутної піраміди площиною $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ фігурою перетину буде багатокутник.

Рішення завдання починаємо з визначення лінії перетину площини основи піраміди з площиною перетину $\Sigma(h_0 \cap f_0)$. Піраміда основою розташована в площині Π_1 і на Π_1 основа проєктується чотирикутником $A_1B_1C_1D_1$. Перетин чотирикутника $A_1B_1C_1D_1$ з нульовою горизонталлю h^0 дає нам лінію перетину площини $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ з основою піраміди - лінія $1_1 - 2_1$. Для визначення точки перетину ребра SC з площиною $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ ребро SC заключаємо у фронтально-проєціюючу площину $\Psi(\Psi_2)$ і знаходимо лінію перетину площин $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ і $\Psi(\Psi_2)$. Перетин горизонтальних проєкцій ліній $6_1 \cup 7_1$ і S_1C_1 дає точку $3(3_1)$. Точку 4 знайдемо за допомогою допоміжної лінії SE , яка належить площині SBC . Визначаємо точку перетину прямої SE з площиною $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ заключивши її у фронтально-проєціюючу площину $T(T_2)$ - точка 1_1 . Поєднуючи точки $3_1 - 1_1$ і продовжуючи лінію $3_1 - 1_1$ до перетину з ребром SB , отримуємо точку 4.

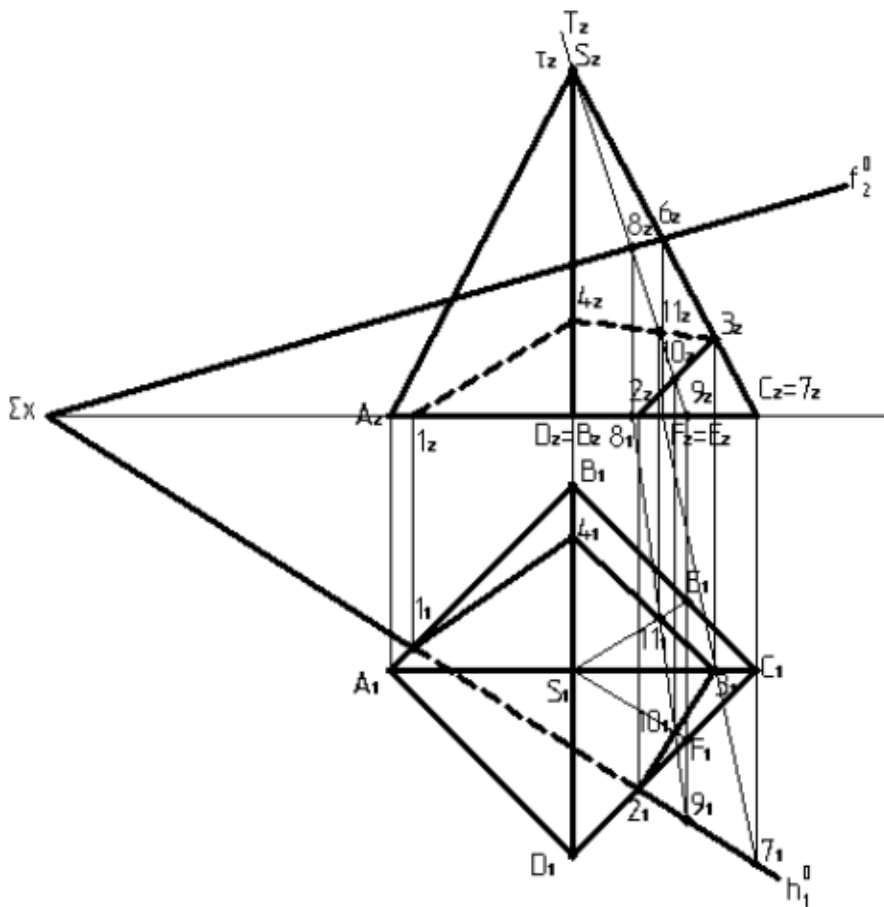


Рисунок 5.8 – Перетин піраміди площиною загального положення

На рис. 5.9 наведено приклад перетину призми площиною $\Sigma(h_0 \cap f_0)$. Бічні грані призми є горизонтально-проекціюючими площинами, і на Π_1 проекціюється в прями лінії (сліди-проекції площин)

Горизонтальна проекція лінії перетину поверхні призми і площини збігається з трикутником, яким спроекціювалася призма на Π_1 . Фронтальну проекцію лінії перетину визначаємо, застосовуючи спосіб граней.

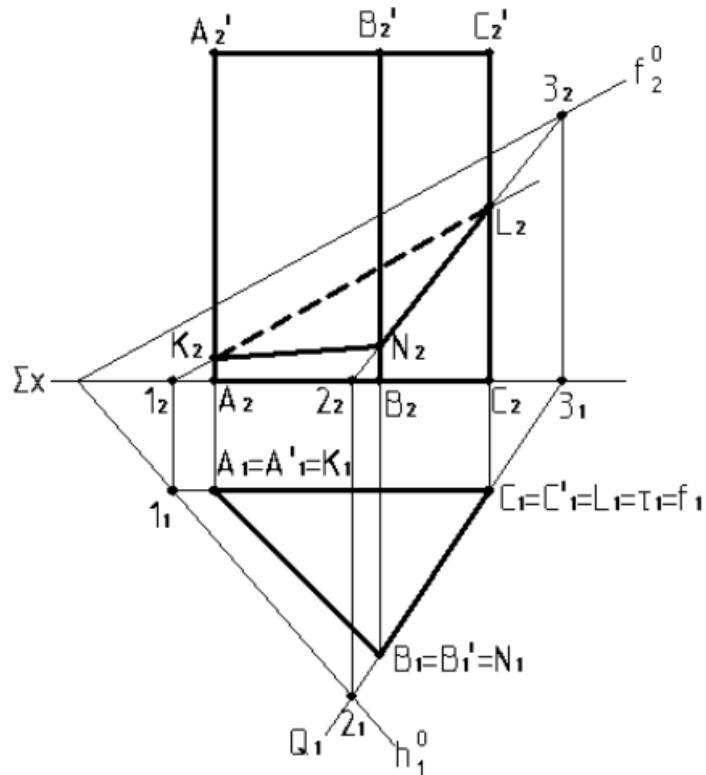


Рисунок 5.9 – Перетин призми площиною загального положення

Метод ребер. На геометричній моделі (рис. 5.10) показано, що побудова лінії перетину 3-хгранної піраміди зводиться до побудови 3-х точок (1-3) перетину її ребер з площиною Σ . Оскільки ребро гранної поверхні - це пряма лінія, то завдання і зводяться до побудови точки перетину прямої з площиною, як було зазначено вище.

Вирішення цього завдання на комплексному кресленнику представлено на рис. 5.10. Побудова лінії перетину 3-хгранної похилої піраміди $SABC$ площиною загального положення $\Sigma(h_0 \cap f_0)$ починають з побудови точки перетину, наприклад, ребра AS з площиною Σ .

Для цього заключають фронтальну проекцію ребра A_2S_2 у фронтально-проекціюючу площину Ω і знаходять лінію її перетину площин Σ і Ω . Горизонтальна проекція цієї лінії 1_12_1 перетинається з горизонтальною проекцією ребра A_1S_1 в точці K_1 , яка є точкою лінії перетину. По лінії проекційного зв'язку визначаємо фронтальну проекцію т. K_2 на A_2S_2 .

Потім заключають фронтальну проекцію ребра S_2B_2 у фронтально-проекціюючу площину Θ_2 і визначають лінію її перетину з площиною Σ по лінії 3-4.

Горизонтальна проекція $3_1 4_1$ цієї лінії перетинається з горизонтальною проекцією ребер $S_1 B_1$ в точці L_1 , фронтальну проекцію якої по лінії зв'язку визначають на $S_2 B_2$. Заключивши ребро піраміди $S_2 C_2$ у фронтально-проекціуючу площину Δ_2 і провівши аналогічну побудову, отримуємо 3-ю точку M лінії перетину.

Поєднавши побудовані точки з урахуванням їх видимості, отримують лінію MNF перетину піраміди площиною Σ .

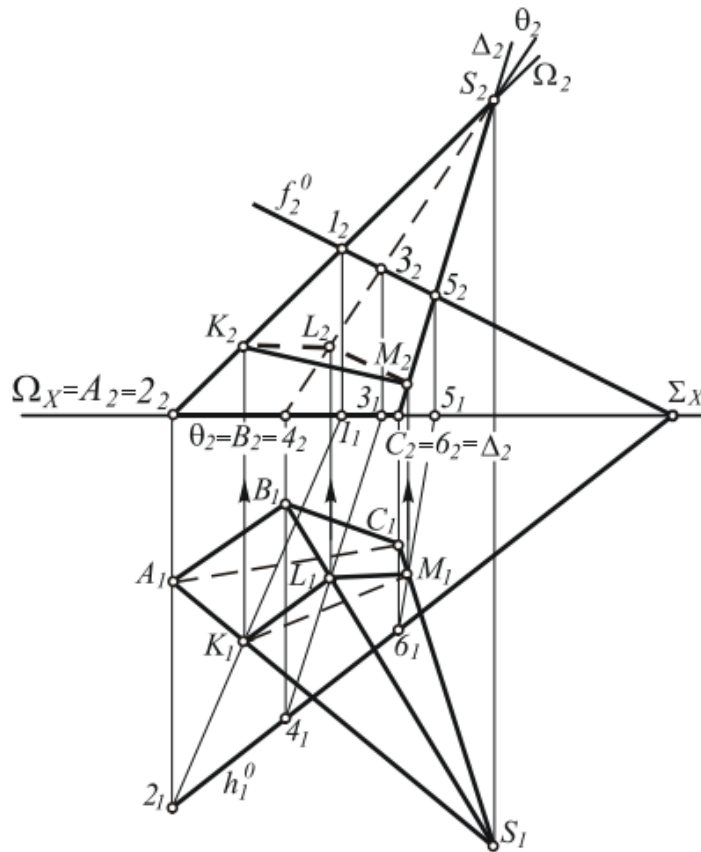


Рисунок 5.10 – Перетин похилої піраміди площиною загального положення

Метод граней. Задана 4-хгранна пряма призма $ABCD$, що займає горизонтально-проекціуюче положення, яка перетинається площиною загального положення $Q(h \cap f)$. Необхідно побудувати лінію перетину призми площиною Q (рис. 5.11, а, б).

Побудову починають з заключення горизонтальних граней призми в горизонтально-проєціуючі площини. Наприклад, грань $A_1 B_1$ заключають в горизонтально-проєціуючу площину Δ_1 . Ця площина перетнеться з площиною Q по лінії 1-2. У перетині фронтальної проєкції лінії $1_2 2_2$ з фронтальною проєкцією ребра $A_2 A'_2$ знаходиться т. M_2 , а з фронтальною проєкцією ребра $B_2 B'_2$ – точка N_2 , що належить лінії перетину. Потім заключають в горизонтально-проєціуючу площину Σ грань призми CD і будують лінію 3-4 перетину площин Σ і Q . Фронтальна проєкція лінії $3_2 4_2$ перетинається з фронтальною проєкцією ребра D в точці F_2 , а з фронтальною проєкцією ребра $C_2 C_1$ – в точці L_2 . Точки F_2 і L_2 належать лінії перетину призми

площиною. Поєднавши між собою з урахуванням видимості точки M_2 , N_2 , L_2 і F_2 отримують замкнуту лінію фронтальної проекції перетину призми площиною.

Горизонтальна проекція лінії перетину призми площиною збігається з горизонтальною проекцією основи призми ($A_1B_1C_1D_1$).

Цю ж задачу можна вирішувати за допомогою ліній рівня, в даному випадку фронталей площини Q . Наприклад, якщо провести фронталь f_1' через горизонтальну проекцію ребра B_1 (рис. 5.11, б), а потім побудувати її фронтальну проекцію f_2' , то остання перетне фронтальну проекцію ребра B_2B_2' в точці N_2 , що належить лінії перетину призми з площиною Σ . Провівши через т. A_1 і C_1 фронталь f_1'' , а через т. D_1 фронталь f_1''' і побудувавши фронтальні проекції f_2'' і f_2''' в перетині їх з фронтальними проекціями ребер призми D_2D_2' і C_2C_2' отримаємо точки перетину призми M_2 , L_2 і F_2 . Поєднавши між собою точки N_2 , M_2 , L_2 і F_2 , отримують лінію перетину призми площиною Σ , аналогічно отриманої за допомогою методу граней на рис. 5.11, а.

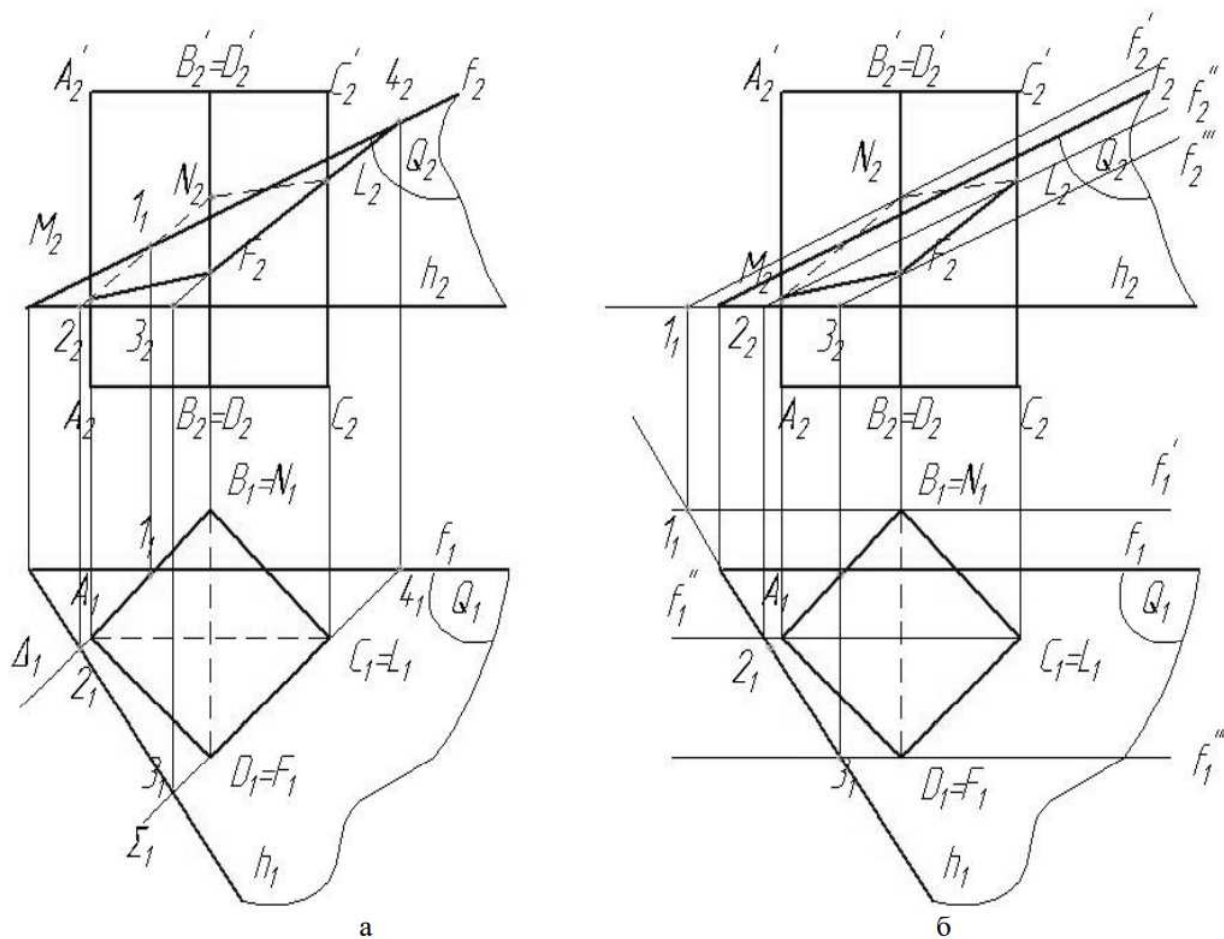


Рисунок 5.11 – Перетин призми площинами загального положення

4 Перетин багатогранників з прямою лінією

Поверхня багатогранника являє собою сукупність площин, що перетинаються. Тому рішення завдання щодо його перетину з прямою лінією, по суті, є дво-

разовим визначенням точки перетину прямої лінії з площиною. Схема рішення виглядає так: - площину Σ , що проходить через пряму n , перетне багатогранник по плоскій замкнутій ламаній лінії 1-2-3-1. Шукані точки M і N є результатом перетину лінії 1-2-3-1 з прямою n (рис. 5.12). Для вирішення даного завдання через пряму проводимо допоміжну січну площину (горизонтально-проєціюючу) Δ (Δ_1). Площина Δ (Δ_1) перетинає призму по трикутнику $1_1 1_2 3_1$. Перетин фронтальної проєкції трикутника $1_2 2_2 3_2$ з фронтальною проєкцією прямої $l(l_2)$ дає проєкції точок перетину M_2 і N_2 . Проєкції M_1 і N_1 будуюмо за умови приналежності їх проєкції прямої l_1 .

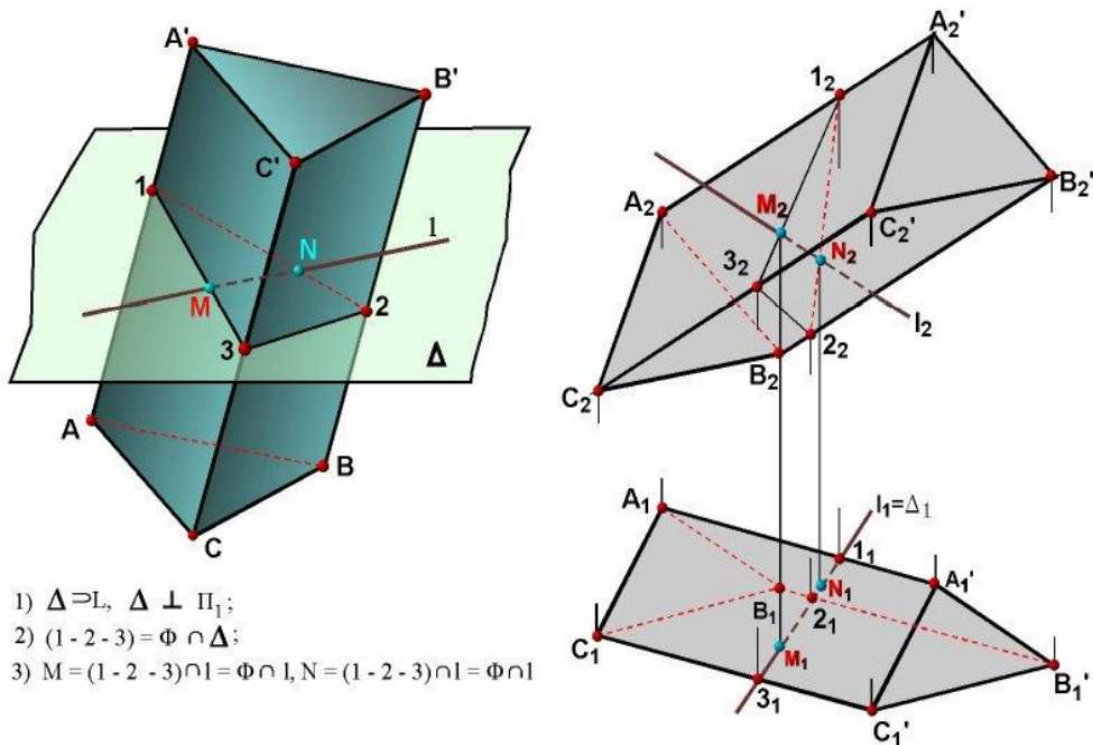


Рисунок 5.12 - Побудова точок перетину прямої лінії з похилою призмою

Ще один приклад визначення точки перетину прямої лінії a з поверхнею похилої тригранної призми Φ наведено на рис. 5.13.

Алгоритм розв'язування завдання, зображеного на рис. 5.13:

1. Через пряму a проведемо площину $\Sigma(a \cap b)$ загального положення: $P(P_1, P_2) \in a (a_1, a_2)$

$P \rightarrow b (b_1, b_2) \parallel AA' (b_1 \parallel A_1 A_1', b_2 \parallel A_2 A_2'); a \cap b \rightarrow \Sigma(a \cap b)$.

2. Знаходимо сліди прямих a і b на горизонтальній площині проєкцій і горизонтальний слід площини Σ :

$b_2 \cap OX = H_2; H_2 \downarrow \cap b_1 = H_1; a_2 \cap OX = H_2';$

$H_2' \downarrow \cap a_1 = H_1'; H_1 \cup H_1' = h_1^0$.

3. Знаходимо фігуру перерізу поверхні Φ площиною Σ :

$h_1^0 \cap \Delta A_1 B_1 C_1 = 1_1 \wedge 2_1; 1_1 \in 1_1 1_1' \parallel A_1 A_1';$

$2_1 \in 2_1 2_1' \parallel A_1 A_1'; \Phi \cap \Sigma = 1-2-2'-1' (1_1-2_1-2_1'-1_1', 1_2-2_2-2_2'-1_2')$.

4. Визначаємо точки перетину прямої a з лінією перерізу:

$a \cap 1-2-2'-1' = K \wedge N$.

5. Визначаємо видимість проєкцій прямої a_1 і a_2 .

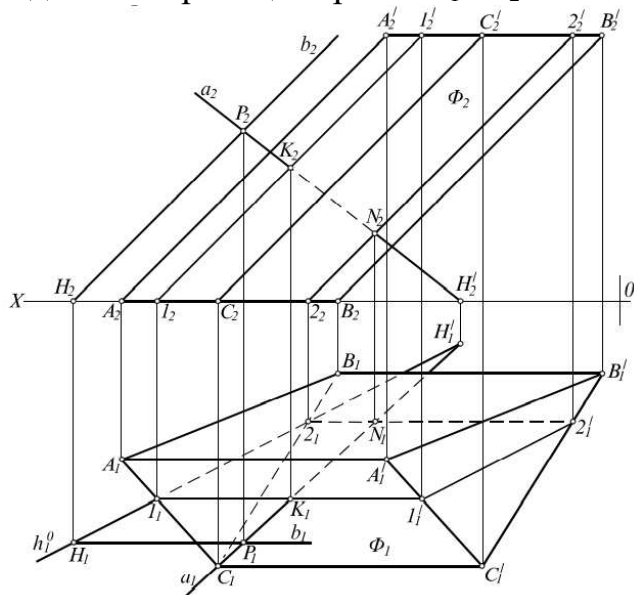


Рисунок 5.13 – Перетин прямої лінії з поверхнею похилої тригранної призми

Визначення точки перетину прямої лінії a з поверхнею прямої тригранної піраміди $SABC$ наведено на рис. 5.14.

Алгоритм розв'язування завдання:

1. Через пряму a проведемо площину $\Sigma (\Sigma_2) \perp P_2$;
2. Знаходимо лінію перетину площини Σ з поверхнею піраміди $SABC$, що являє собою трикутник $\Delta I_2J_2K_2$;
3. На горизонтальній площині проєкцій проєкція a_1 перетинається $\Delta I_1J_1K_1$ в точках K_1 і N_1 ;
4. $K_1 \uparrow \cap a_2 = K_2$;
5. $N_1 \uparrow \cap a_2 = N_2$;
6. Визначаємо видимість проєкцій прямої a_1 і a_2 .

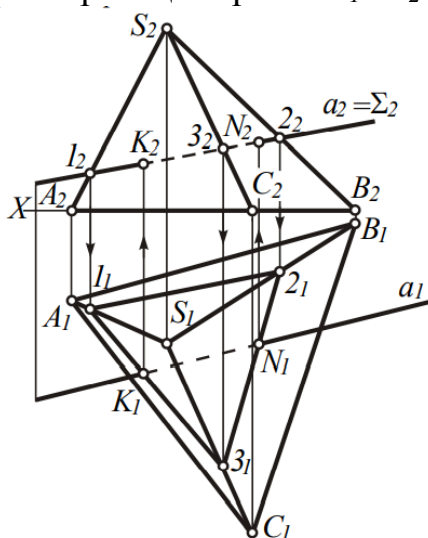


Рисунок 5.14 - Визначення точки перетину прямої лінії a з поверхнею прямої тригранної піраміди

Контрольні питання

1. Що таке багатогранник?
2. Які види багатогранників Ви знаєте?
3. Які прості фігури перетину багатогранників можна отримати?
4. Сформулюйте суть «методу ребер» при побудові перетину гранних поверхонь площиною.
5. У якому випадку використовується «метод граней» при побудові перетину гранної поверхні?
6. Наведіть алгоритм рішення задачі на перетин багатогранника методом граней.
7. Наведіть алгоритм рішення задачі на перетин багатогранника методом ребер.

ТЕМА 6 ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ

Зміст теми:

1. Загальні принципи
2. Криволінійні поверхні
3. Перетин кривих поверхонь площинами
4. Конічні перетини
5. Перетин прямої з поверхнею
6. Загальні відомості про розгортки. Розгортання гранних поверхонь
7. Розгортання кривих поверхонь

1. Загальні принципи

Деталі машинобудівних конструкцій часто складаються з окремих елементів, які мають форму, задану різними видами поверхонь. У даному випадку виникає необхідність уміння побудувати лінію перетину цих поверхонь між собою.

В загальному виді лінія перетину двох деталей, які перетинаються між собою, є крива лінія, яка однаково належить двом поверхням, які перетинаються. Для побудови такої лінії необхідно побудувати декілька точок, які належать цій лінії.

Такі точки знаходять за допомогою поверхонь-посередників. Наприклад, нехай будуть задані дві поверхні Φ і Φ' (рис. 6.1).

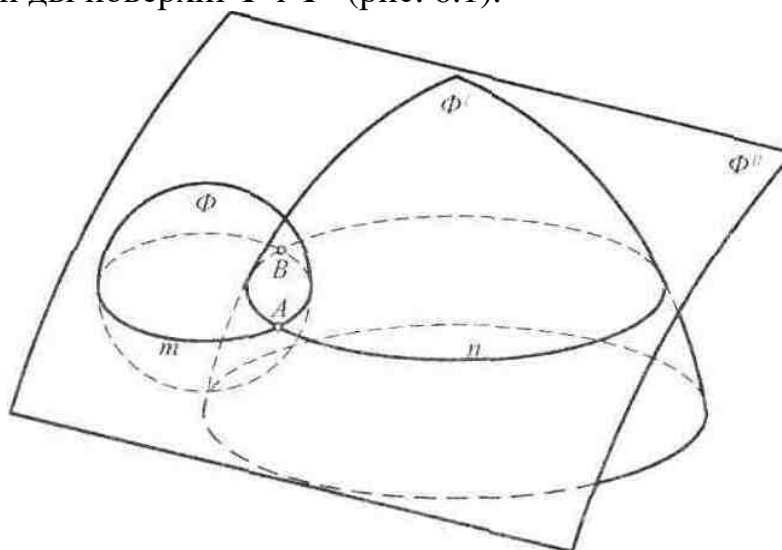


Рисунок 6.1 - Перетин криволінійних поверхонь

Для визначення спільних точок, які належать цим поверхням, введемо поверхню-посередник Φ'' . Посередник Φ'' перетинає поверхню Φ по просторовій лінії m , а поверхню Φ' по просторовій лінії n , тобто $m = \Phi'' \cap \Phi$ і $n = \Phi'' \cap \Phi'$.

Взаємний перетин цих ліній між собою визначає дві точки A і B , які одночасно належать поверхням Φ та Φ' , тобто $A \wedge B = m \cap n$.

Поверхня-посередник повинна бути такою, щоб лінії перетину m і n були простими лініями - прямими, колами, твірними цих поверхонь. Необхідно, щоб побудова даних ліній не викликала ніяких утруднень.

В залежності від форми і положення поверхонь Φ і Φ' як посередники використовують площини особливого положення; сферичні; циліндричні і конічні поверхні; площини загального положення.

Характер лінії перетину залежить від того, які геометричні тіла або поверхні перетинаються між собою і як вони розташовані одна відносно іншої. Лінія взаємного перетину може бути плоскою або просторовою. Перетин поверхонь може бути повним (проникнення) або частковим (врізання). Можливі чотири випадки взаємного перетину:

1. Повне проникнення (рис. 6.2, а) - всі твірні основної поверхні перетинаються з іншою поверхнею. У даному випадку лінія взаємного перетину поверхонь розпадається на дві просторові криві або дві ламані просторові лінії при перетині граней поверхонь.

2. Часткове врізання (рис. 6.2, б) - в цьому випадку взаємного перетину лінія перетину є замкненою просторовою лінією.

3. Однобічне внутрішнє стикання - поверхні, що перетинаються, мають в одній точці спільну площину дотику. Крива лінія перетинає сама себе в точці дотику (рис. 6.2, в).

4. Подвійне стикання - дві поверхні другого порядку, які в двох своїх спільних точках мають спільні дотичні площини, перетинаються між собою по двох кривих лініях другого порядку, площини яких проходять через пряму, що з'єднує ці точки (рис. 6.2, г). Одна дотична площина на цьому рисунку зображена прямими n і l , а друга - прямими m і k . У даному випадку всі твірні обох поверхонь беруть участь у перетині, а лінія перетину розпадається на дві плоскі криві, які перетинаються між собою в точках стикання O , O' уявляють собою два еліпси.

Теорема Монжа. Якщо дві поверхні другого порядку описані навколо третьої поверхні другого порядку (чи вписані в неї), то вони перетинаються по лінії, що розпадається на дві криві другого порядку.

Поверхня другого порядку, яка описана навколо сфери, дотикається до неї по кривій другого порядку (рис. 6.2, д). Циліндр дотикається до сфери по колу $n(n_2)$, а конус дотикається до сфери по колу $k(k_2)$. Площини цих кіл перетинаються між собою по лінії OO' ($O_2O'_2$). Ця пряма перпендикулярна до площини проєкцій Π_2 і тому проєціюється на Π_2 в точку.

В цих же точках перетинаються і лінії AB і CD перетину циліндра і конуса, які описані навколо сфери.

Лінія перетину двох циліндрів з однаковими діаметрами в їх основі також розпадається на дві плоскі криві другого порядку AB і CD (рис. 6.2, е).

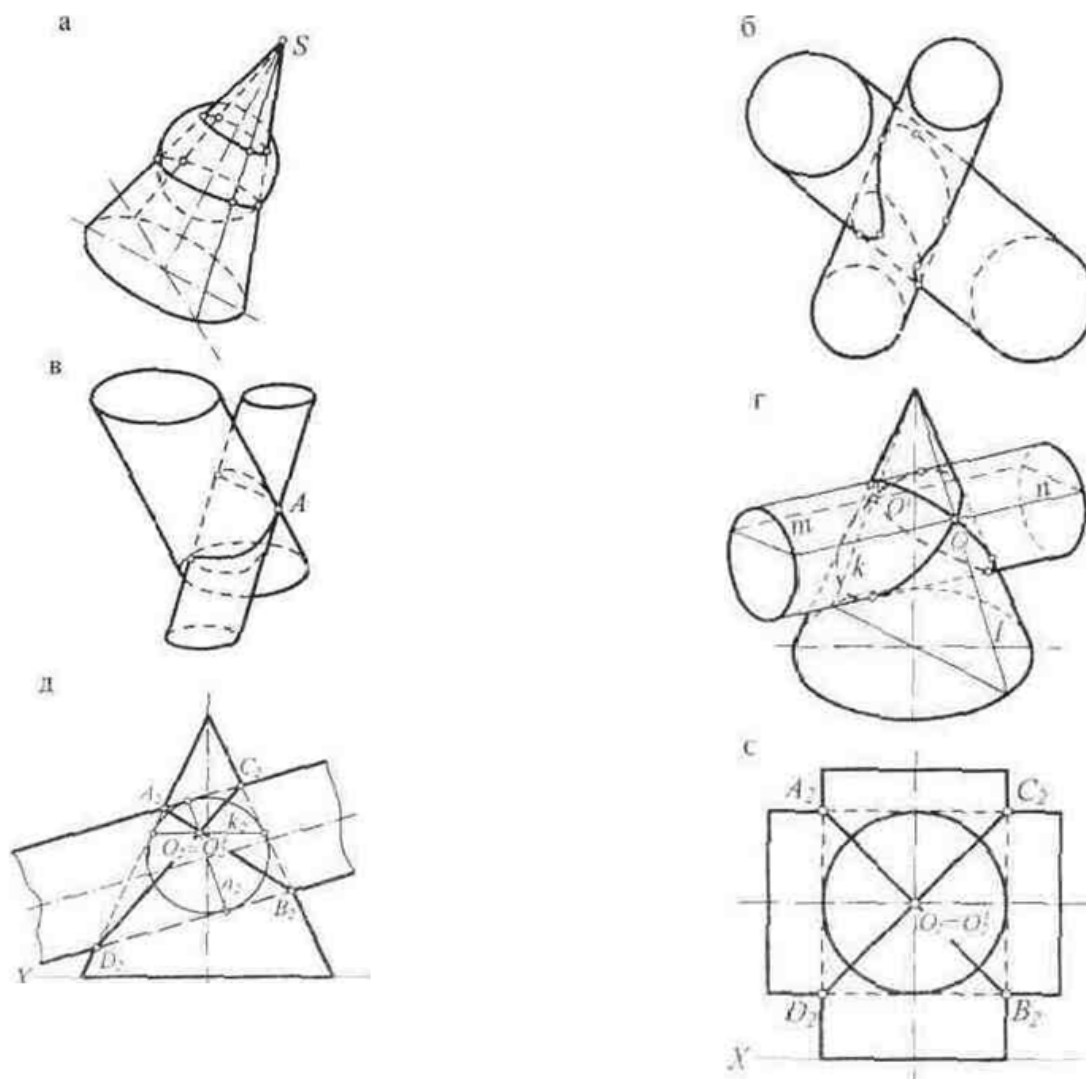


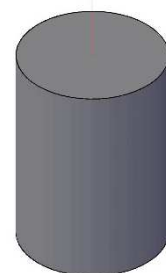
Рисунок 6.2 - Перетин криволінійних поверхонь

2 Криволінійні поверхні

Циліндр

Якщо прямокутник $ABCD$ обертати навколо однієї з його сторін, то протилежна сторона описує циліндричну поверхню, а малі сторони опишуть дві площини, що мають форму кругів.

Таким чином, циліндром називається тіло, обмежене циліндричною поверхнею і двома паралельними площинами (основами).



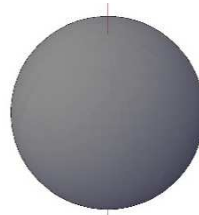
Конус

Конус – геометричне тіло, обмежене боковою конічною поверхнею і площиною основи, яка перетинає її твірні. Конус може бути повним або зрізаним.



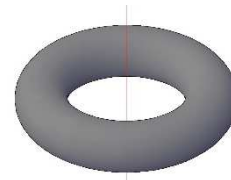
Шар (сфера)

Якщо на півколо обертати навколо лінії діаметра, отримаємо сферичне поверхню. Всі точки сферичної поверхні однаково віддалені від однієї точки – центра шару. Довільна пряма, що проходить через центр, є віссю симетрії шару. Всі проєкції шару однакові – це коло.



Тор

Тором називається поверхня, утворена обертанням кола навколо осі, яка лежить в площині кола, але не проходить через його центр.



3 Перетин кривих поверхонь площинами

При перетині поверхні площиною отримуємо плоску фігуру, яка називається перетином. Визначення проєкцій ліній перетину починають з визначення характерних або особливих точок, до них відносяться: найвища, нижча, крайні права і ліва, точок перегину, точок, що належать нарисовим твірним (точок переходу від видимої до невидимої частини).

При перетині циліндра площиною ми отримуємо плоскі фігури які називаються перетином (еліпс - якщо площина перетинає твірну циліндра під гострим кутом до вісі циліндра; коло - січна площина перпендикулярна до вісі циліндра; чотирикутник - січна площина паралельна вісі циліндра), рис. 6.3.

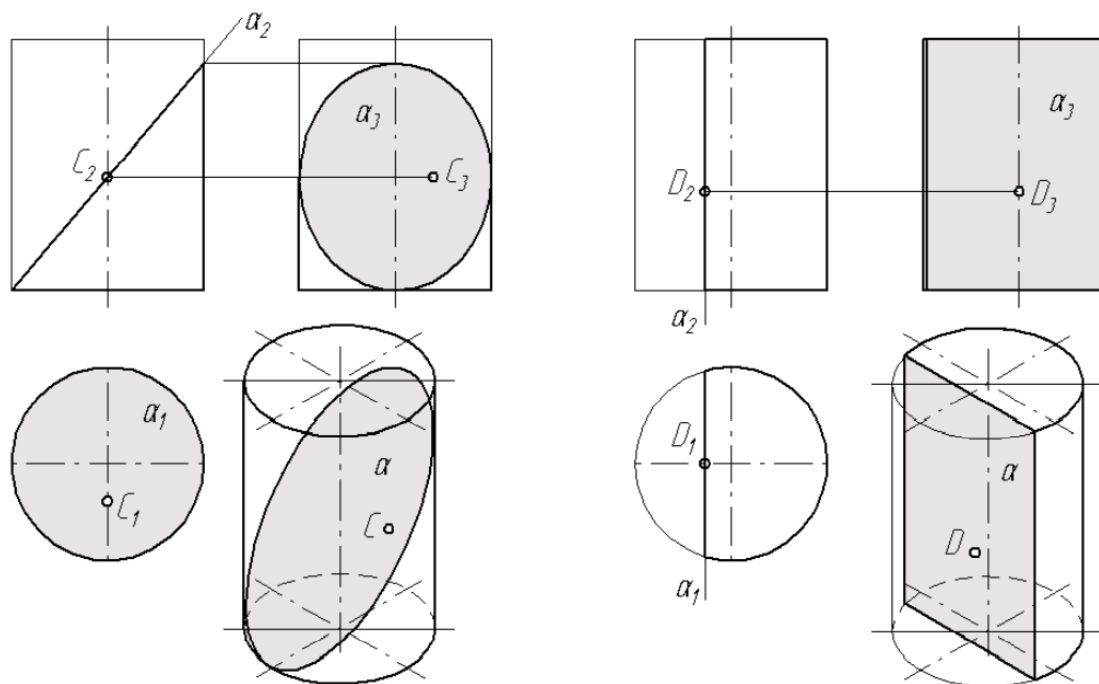


Рисунок 6.3 – Перетин циліндра площинами приватного положення

Розглянемо приклад перетину сфери фронтально-проекціуючою площиною. Будь-яка площина перетинає сферу по колу. Фронтальна проекція кола (рис. 6.4) збігається зі слідом - проекцією площини. Горизонтальна проекція - еліпс.

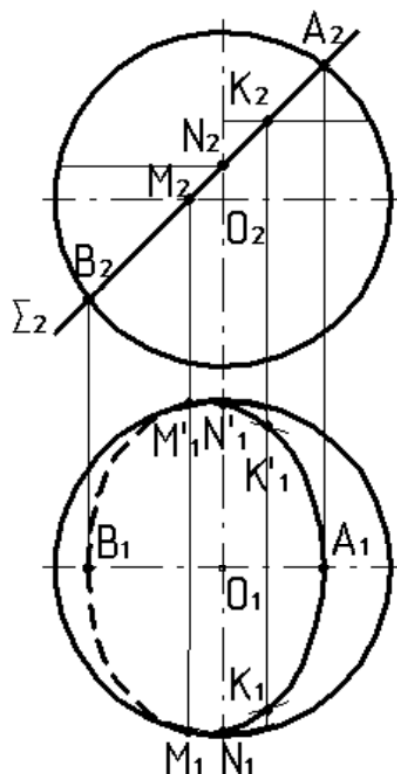


Рисунок 6.4 – Перетин сфери проєціуючою площиною

Побудову еліпса починаємо з визначення характерних точок. Точки **A** і **B** належать великій вісі еліпса, в яку проектується коло. Знайдемо малу вісь еліпса. ділимо A_2B_2 навпіл і отримуємо точку **N**, яка належить паралелі, радіус якої дорівнює відстані від вісі обертання до фронтального меридіана сфери. Знайдемо горизонтальну проекцію точок N_1 і N'_1 . Визначаємо точки переходу від видимої до невидимої частини, які належать екватору сфери точки M_1, M'_1 . Додаткові точки знаходимо за допомогою паралелей, проведених через точки, взяті на сліди-проекції проєціуючої площини.

4 Конічні перетини

На рис. 6.5 показані можливі випадки перетину прямого кругового конуса січною площиною. При цьому можуть бути такі лінії перетину:

- коло - січна площина, перпендикулярна до вісі обертання конуса (рис. 6.5, а);
- прямі лінії (твірні) - січна площина проходить через вершину (рис. 6.5, б);
- еліпс - січна площина нахилена до вісі конуса і перетинає всі твірні бічної поверхні (рис. 6.5, в);

- парабола - січна площина, паралельна одній з твірних бічної поверхні (рис. 6.5, г);

- гіпербола - січна площина, паралельна двом твірним бічної поверхні (рис. 6.5, д). Розглянемо приклад побудови перетину прямого кругового конуса фронтально-проекціуючою площиною (рис. 6.6). Січна площина перетинає всі твірні бічної поверхні конуса отже фігурою перерізу буде еліпс. Фронтальна проекція $1_2 2_2 6_2 7_2 3_2 4_2 5_2$ еліпса збігається з проекцією Σ_2 площини Σ

Побудуємо проекцію фігури перерізу на Π_1 і її натуральну величину (рис. 6.7). Площина $\Sigma(\Sigma_2)$ фронтально-проекціуюча і на Π_2 вона проекціюється прямою (слід-проекція площини $\Sigma(\Sigma_2)$). Для побудови еліпса на Π_1 виділяємо точки на твірній бічній поверхні конуса A_2, B_2 і проекціюємо їх на Π_1 – велика вісь еліпса. Ділимо A_2, B_2 навпіл і отримуємо точку C . Через т. $2 C(C_2)$ проводимо пряму паралельну основі конуса. Проекцією на Π_1 цієї прямої є окружність. Радіус кола дорівнює відстані від фронтальної твірної до осі обертання конуса. На Π_1 проводимо окружність цього радіусу і на неї проектуємо точки $C(C_1 C'_1)$ – мала вісь еліпса (рис. 6.7). Точки CC' можна побудувати іншим способом. Через вершину конуса $S(S_2)$ і точку $C(C_2)$ проводимо пряму до перетину її з основою. Знаходимо горизонтальну проекцію цієї прямої і на неї проектуємо точки CC' . Натуральну величину фігури перерізу (еліпса) визначаємо за допомогою способу заміни площин проекцій.

На рис. 6.8 наведено приклад побудови еліпса при перетині конуса площиною $\Sigma(h \cap f)$ загального положення. Спочатку визначаємо особливі точки – точки, які належать нарисовим твірним бічної поверхні, а також вищу і нижчу точки. Для побудови цих точок застосовуємо допоміжні площини (посередники), як правило, проекціуючі або площини рівня. Крайні точки A і B знайдені за допомогою площини $\Delta(\Delta_1)$ – площини фронтального рівня. Ця площина перетинає конус по трикутнику, а площину $\Sigma(h \cap f)$ по фронталі. Перетин трикутника з фронталь дає точки A і B . Точки $A(A_2)$ і $B(B_2)$ ділять лінію перетину на видиму і невидиму. Вищу і нижчу точки визначаємо за допомогою горизонтально-проекціуючої площини $\Pi(\Pi_1)$. Вища і нижча точки належать лінії найбільшого нахилу площини $\Sigma(h \cap f)$. Січну площину $\Pi(\Pi_1) \perp \Pi_1$ (проводимо перпендикулярно h_1 площини $\Sigma(h \cap f)$) і через вершину $S(S_1)$ конуса. Площину $\Pi(\Pi_1) \perp \Pi_1$ (перетинає конус по трикутнику $5_2 S_2 6_2$, а площина $\Sigma(h \cap f)$ по прямій $1-2$. Перетин трикутника $5_2 S_2 6_2$ і прямої $1_2 2_2$ вищу і нижчу точки D і C . Додаткові точки знаходимо за допомогою січних площин горизонтального рівня. Розглянемо приклад побудови зображень геометричних тіл з одинарним проникненням.

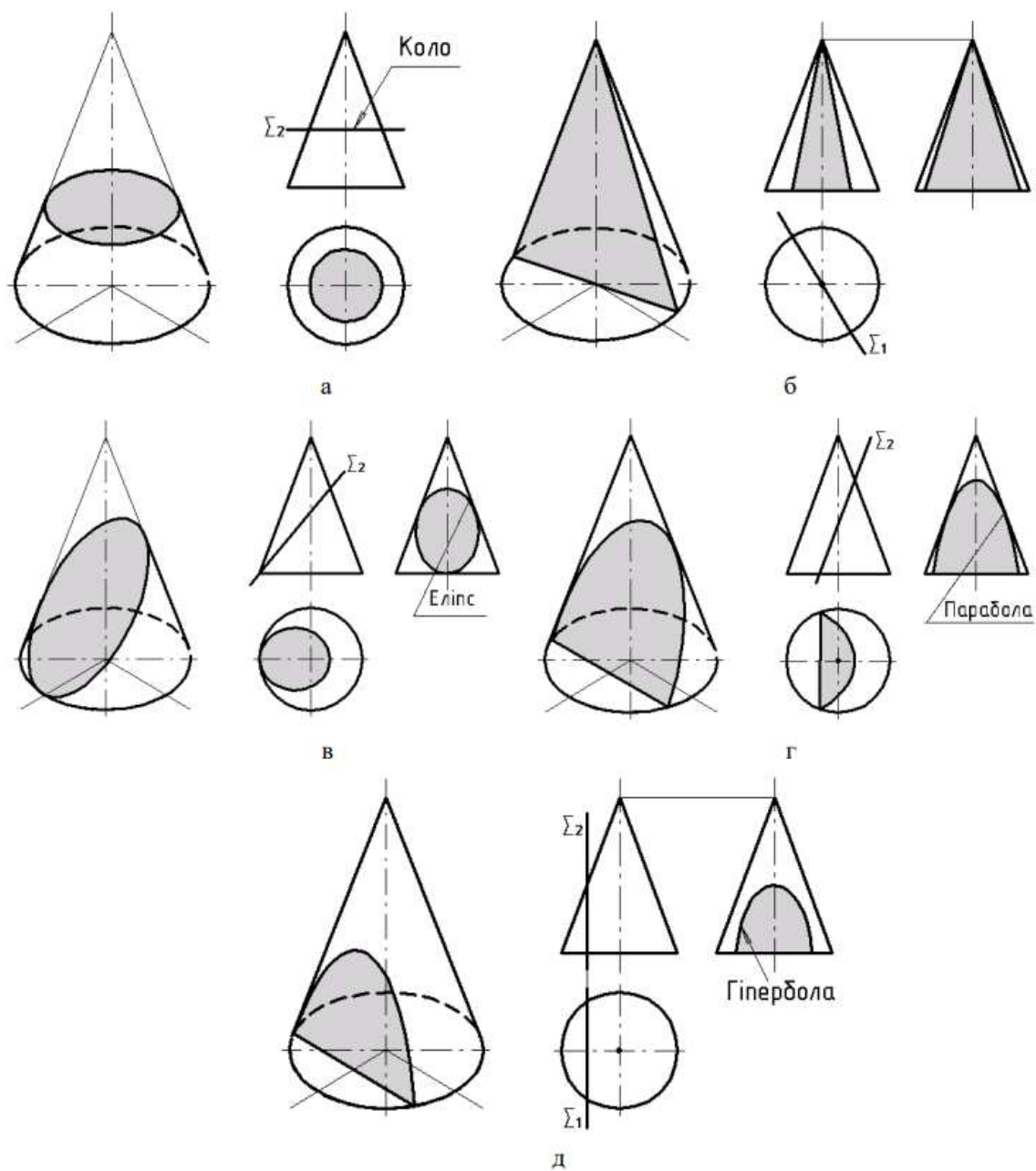


Рисунок 6.5 – Перетин конуса площинами приватного положення

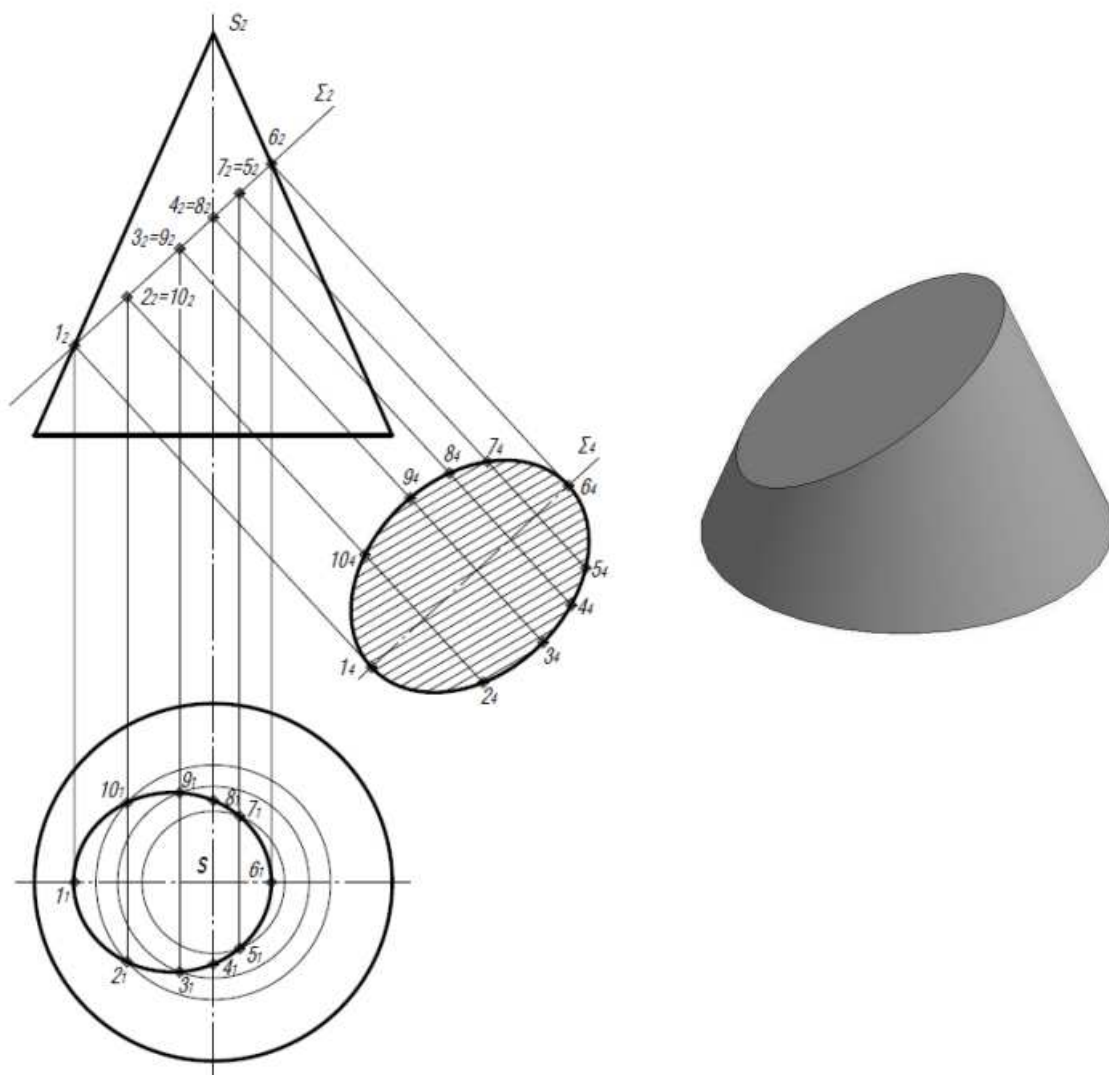


Рисунок 6.6 – Перетин конуса фронтально-проєкціуючою площиною з побудовою похилого перерізу

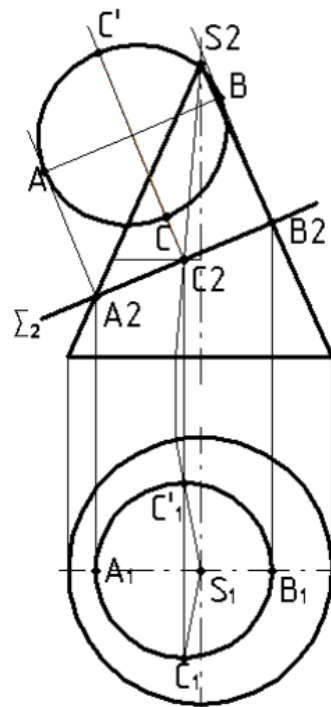


Рисунок 6.7 - Проекція фігури перерізу на Π_1 і її натуральна величина

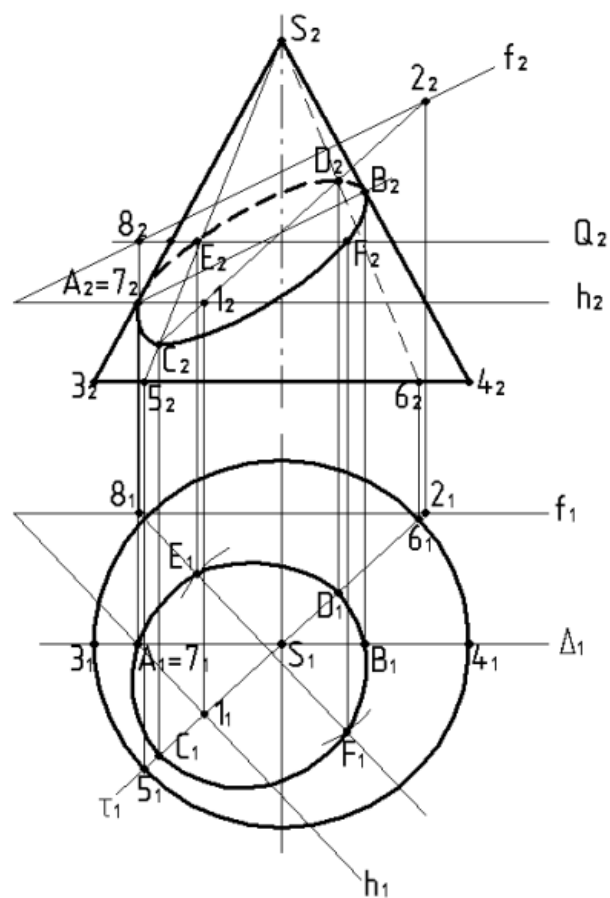


Рисунок 6.8 - Побудова еліпса при перетині конуса площиною

Геометричне тіло з проникненням (рис. 6.9) складається з двох геометричних фігур - конуса (верхня частина) і призми (нижня частина). У цьому геометричному тілі зроблено складний наскрізний отвір, обмежений різними площинами (площині рівня, проекціюючі площини). При зображенні проєкцій цього тіла вся складність полягає в побудові ліній перетину цих площин з заданими фігурами, які потрібно будувати по точкам. Площини $\Sigma(\Sigma_2)$ і $\Delta(\Delta_2)$ перетинають конус по параболам, які обмежені точками зверху 1_2 (видима), $1'_2$ (невидима), на основі $2_2 2'_2$ і $3_2 3'_2$. Для того, щоб знайти горизонтальні проєкції точок $1_1 1'_1$, $2_1 2'_1$, $3_1 3'_1$ проводимо на фронтальній проєкції через ці точки лінії, перпендикулярні вісі обертання конуса, які на Π проєктуються колами, радіус яких дорівнює відстані від вісі обертання до фронтальної нарисової твірної. Площини $Q(Q_2)$, $T(T_2)$ перетинатимуть шестикутну призму по лініях, обмежених точками $4(4_1), 9(9_1), 6(6_1), 7(7_1), 8(8_1), 5(5_1)$, які належать граням і ребрам фігури. Знаючи положення всіх точок на горизонтальній і фронтальній проєкціях, будемо профільну проєкцію.

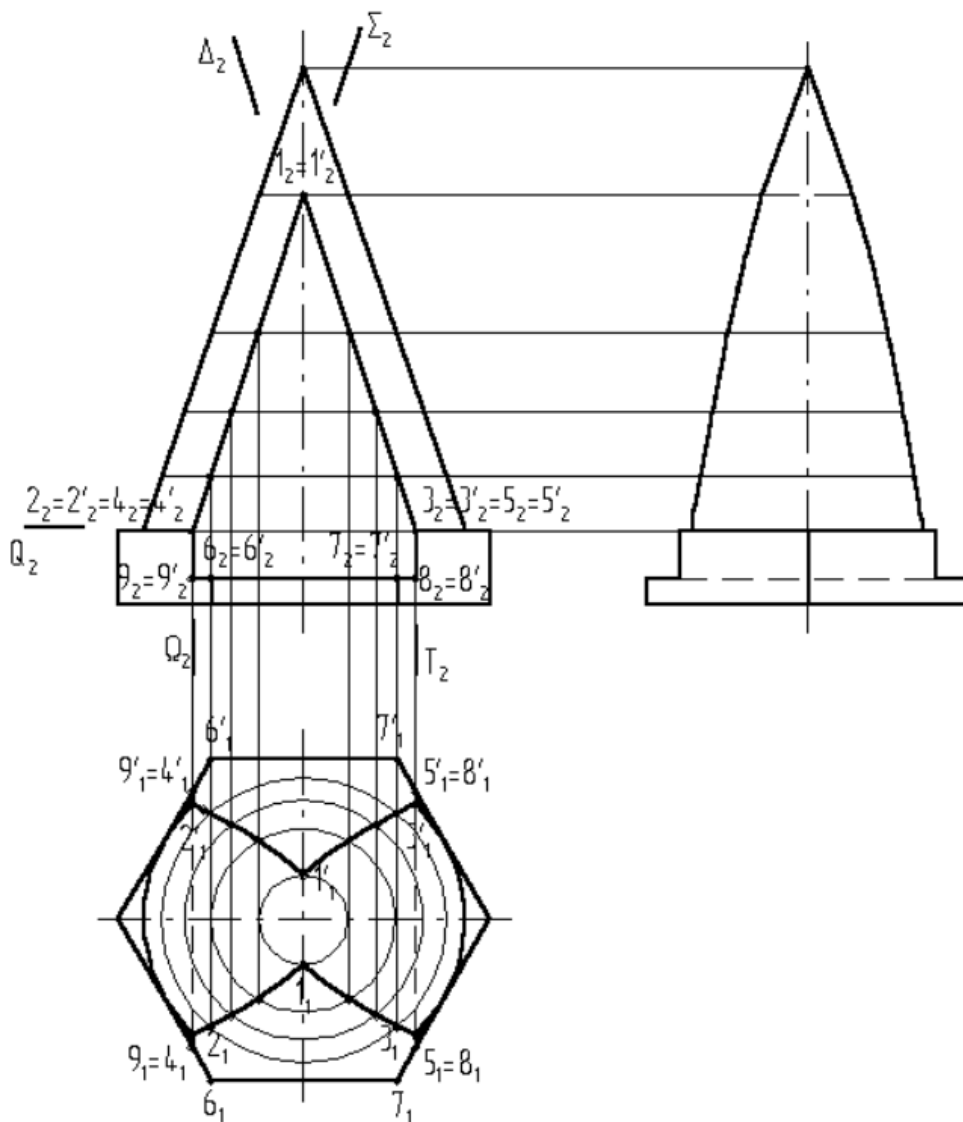


Рисунок 6.9 – Побудова проєкцій геометричного тіла з наскрізним отвором

5 Перетин прямої з поверхнею

Залежно від виду і взаємного розташування лінії і поверхні точок їх перетину може бути одна або декілька. Наприклад, пряма лінія з алгебраїчною поверхнею n -го порядку перетинається в n точках. В основу їх побудови покладено спосіб допоміжних поверхонь, сутність якого полягає в тому, що кожна з шуканих точок розглядається як результат перетину двох ліній, що належать допоміжній поверхні (рис. 6.10).

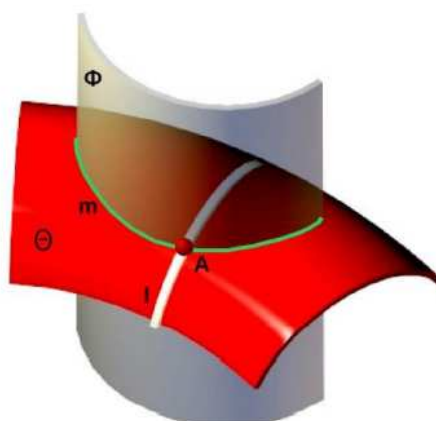


Рисунок 6.10 – Принцип пошуку точки перетину прямої з поверхнею

Одна з них є заданою лінією, а друга - лінією перетину допоміжної і заданої поверхонь.

Пряма перетинає поверхню в двох її точках. Для того, щоб знайти точки перетину прямої з поверхнею (призми, піраміди, конуса, циліндра тощо) діють так, як і в разі знаходження точки перетину прямої і площини:

- через пряму проводимо допоміжну січну площину і знаходимо лінію перетину її з даною поверхнею. Перетин лінії перетину поверхні з однойменної проекцією прямої дає шукані точки перетину прямої і поверхні.

Якщо пряма, або поверхня, які перетинаються, займають в просторі приватне положення, то точка їх перетину збігається зі слідом - проекцією проекціюючої прямої або поверхні (рис. 6.11, а, б).

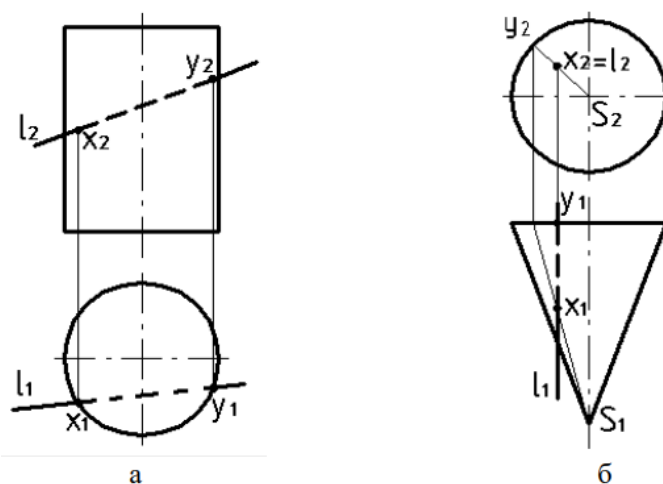


Рисунок 6.11 – Перетин прямої лінії з поверхнею

Для визначення точок перетину прямої з поверхнею еліптичного циліндра, або похилого конуса через пряму проводимо допоміжну січну площину загального положення. Січна площина перетинає поверхню циліндра по чотирикутнику. Її краєцє задати двома прямими, що перетинаються. Одна з них - задана пряма, а друга - пряма паралельна твірній циліндра, а в разі конуса - проходить через його вершину (рис. 6.12, 6.13).

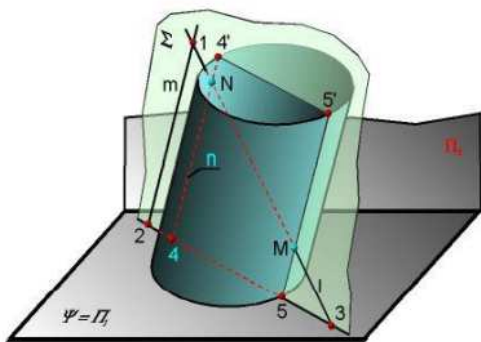


Рисунок 6.12

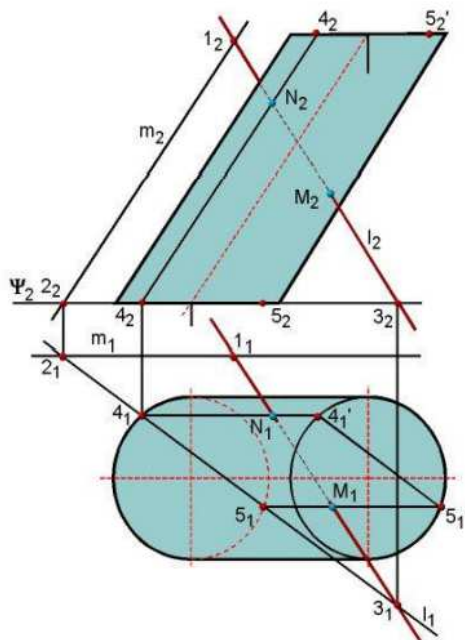


Рисунок 6.13

Площини основ циліндра і конуса розташовані в площині Π_1 , тобто на Π_1 вони спроектувалися своїм горизонтальним слідом. Перетин горизонтальних проєкцій слідів січної площини і основи поверхні дає точки, з яких будується чотирикутник або трикутник перетину поверхні січною площиною. Перетин однойменних проєкцій чотирикутника або трикутника з прямою дає точки перетину прямої з поверхнею (рис. 6.14, 6.15).

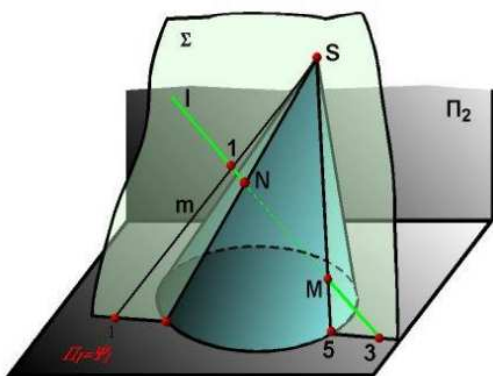


Рисунок 6.14

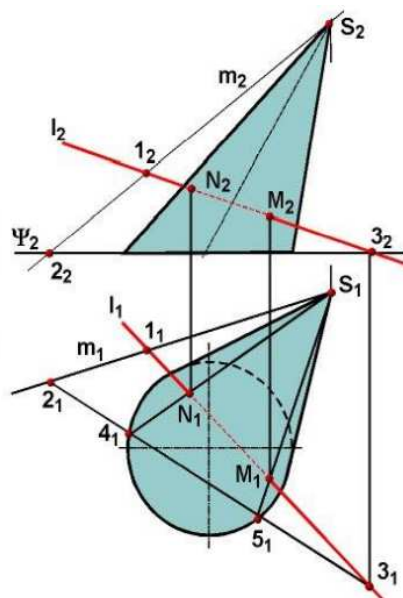


Рисунок 6.15

6 Загальні відомості про розгортки. Розгортання гранних поверхонь

Розгортка поверхні - це плоска фігура, яка утворюється, коли поверхню тіла розрізати уздовж якоїсь лінії і поєднати з площиною. Розгортка багатогранника утворюється поєднанням з площиною всіх його граней. Поверхні криволінійних геометричних тіл поділяються на ті, що розгортаються. Тобто їх можна, розрізавши вздовж твірної, поєднати без розривів і складок з площиною (це деякі лінійчасті поверхні, наприклад, поверхні циліндра і конуса) і такі, які не можна поєднати з площиною без складок і розривів. Це окремі лінійчасті поверхні (циліндроїда, коноїд) і нелінійчасті (сфера, тор та ін.). Розгортки цих поверхонь будуть наближені. При побудові розгортки багатогранника необхідно, спочатку, визначити натуральні величини всіх його ребер і граней будь-яким з розглянутих раніше методів.

Існує три способи побудови розгорток: а) спосіб триангуляції; б) спосіб нормального перетину; в) спосіб розкочування. Для побудови розгортки багатогранника застосовують спосіб триангуляції або нормального перетину.

Спосіб нормального перетину: Для побудови розгортки тригранної призми способом нормального перетину необхідно:

1. Перетнути поверхню призми площиною, перпендикулярною до ребра призми (якщо ребра призми спроектовані на площину в натуральну величину).

2. Побудувати переріз призми площиною $\Sigma(\Sigma_2) - I_22_23_2$. Для цього визначаємо горизонтальну проекцію точок $I, 2, 3$, з'єднуємо $I_1 \cup 2_1 \cup 3_1$. Методом заміни площин визначаємо натуральну величину трикутника $I_42_43_4$ (рис. 6.16).

3. Проводимо горизонтальну пряму (рис. 6.17). Беремо точку I і відкладаємо на ній відрізки, рівні сторонам трикутника $I_42_43_4$.

4. Через точки $I, 2, 3$ проводимо вертикальні прямі і відкладаємо на них відрізки рівні $I_2K_2, 2_2L_2, 3_2M_2$ вгору від горизонтальної прямої і отримуємо $IK, 2L, 3M$, вниз відкладаємо відрізки $I_2A_2, 2_2B_2, 3_2C_2$. З'єднуємо отримані точки ламаними лініями (рис. 6.17).

На рис. 6.18 показана чотиригранна піраміда, всі грані якої проєктуються на площини проєкцій зі спотворенням. Для побудови розгортки піраміди необхідно попередньо визначити натуральні величини всіх її ребер і граней. Після визначення натуральної величини всіх ребер і граней можна будувати розгортку методом триангуляції.

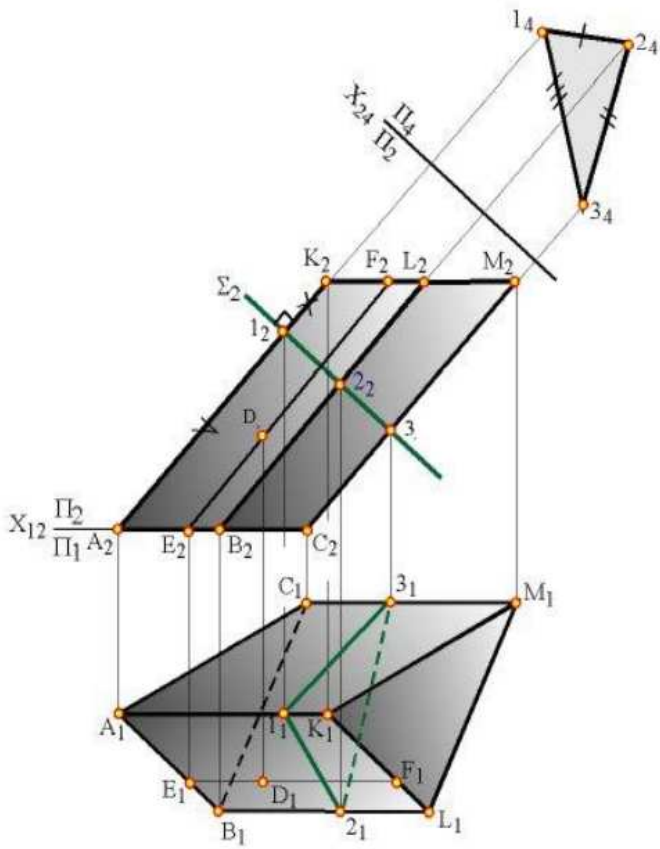


Рисунок 6.16

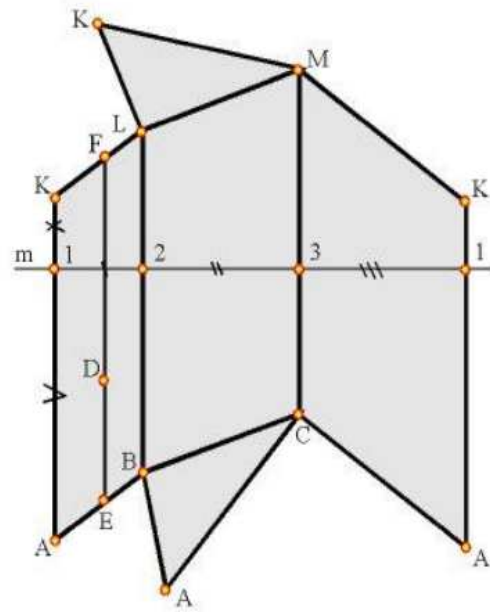


Рисунок 6.17 – Розгортка призми

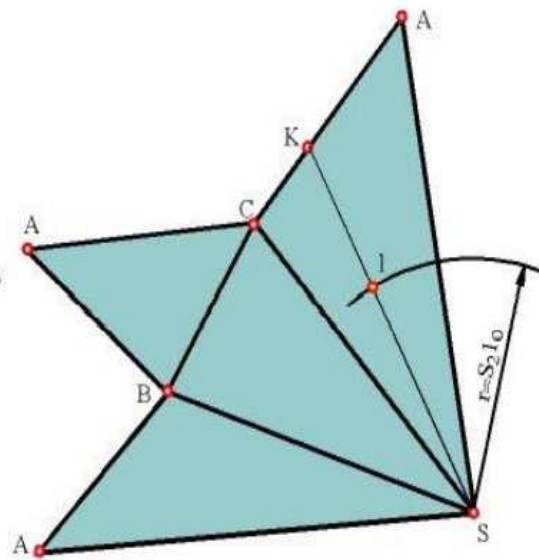
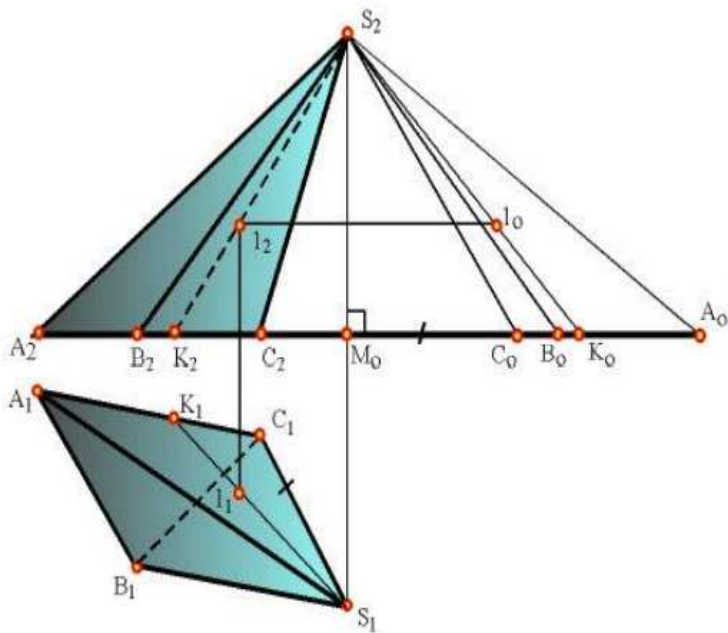


Рисунок 6.18 – Побудова розгортки піраміди методом триангуляції

7 Розгортання кривих поверхонь

Розглянемо приклад побудови розгортки конуса. Бічна поверхня прямого кругового конуса являє собою круговий сектор, обмежений двома радіусами, які дорівнюють довжині твірної конуса $l = AS$, а центральний кут між цими радіусами дорівнює $\varphi = (r/l) \cdot 360^\circ$, де r – радіус основи конуса, рис. 6.19.

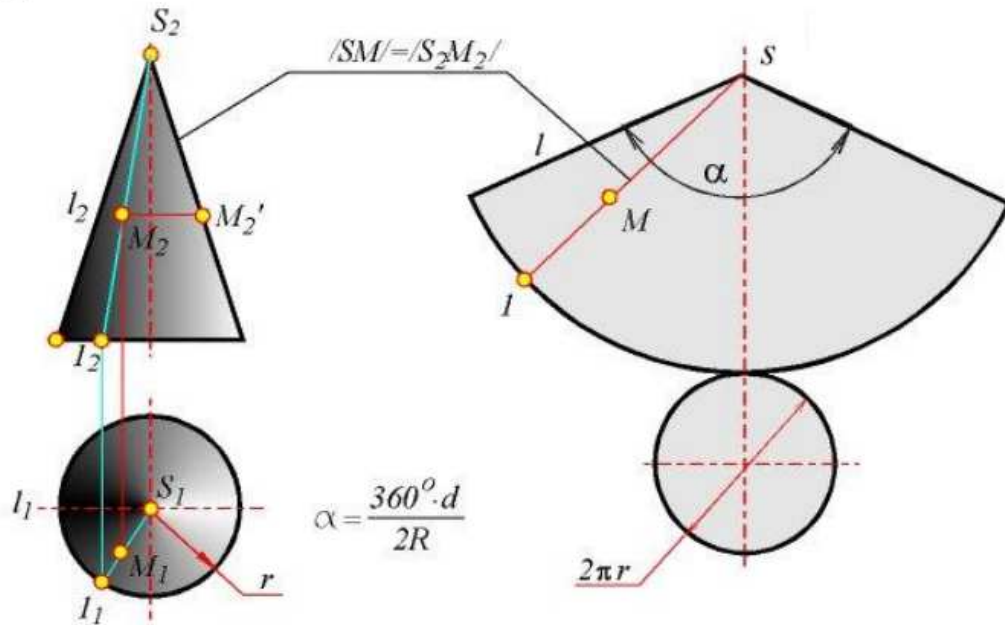


Рисунок 6.19 – Розгортка прямого конуса

Спосіб триангуляції:

На рис. 6.20 показано побудову розгортки похилого конуса.

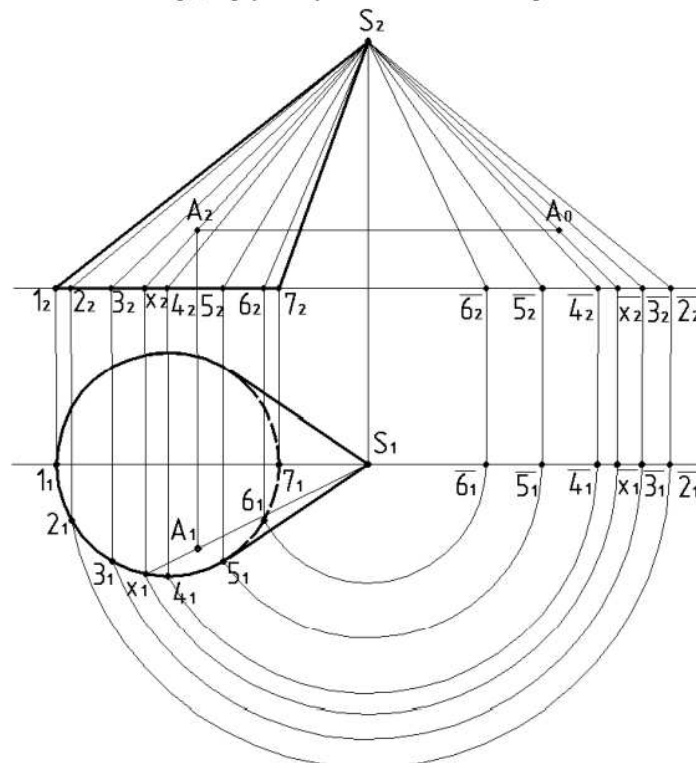


Рисунок 6.20 – Визначення натуральних величин твірних конуса

Розбиваємо основу конуса на 12 рівних частин, тобто вписуємо в основу 12-кутник. Твірні S_1 і S_7 спроектуються на Π_2 в натуральну величину. Застосовуючи метод обертання навколо вісі, перпендикулярної Π_1 , визначаємо величини інших твірних. Проводимо вертикальну пряму і на ній відкладаємо величину твірної $IS(I_2S_2)$. Визначивши розміри інших твірних, а також хорди $I_1I_2I_1$, будуємо трикутники по трьом сторонам, методом зарубок. Послідовно з'єднуємо отримані точки плавною кривою лінією (рис. 6.21).

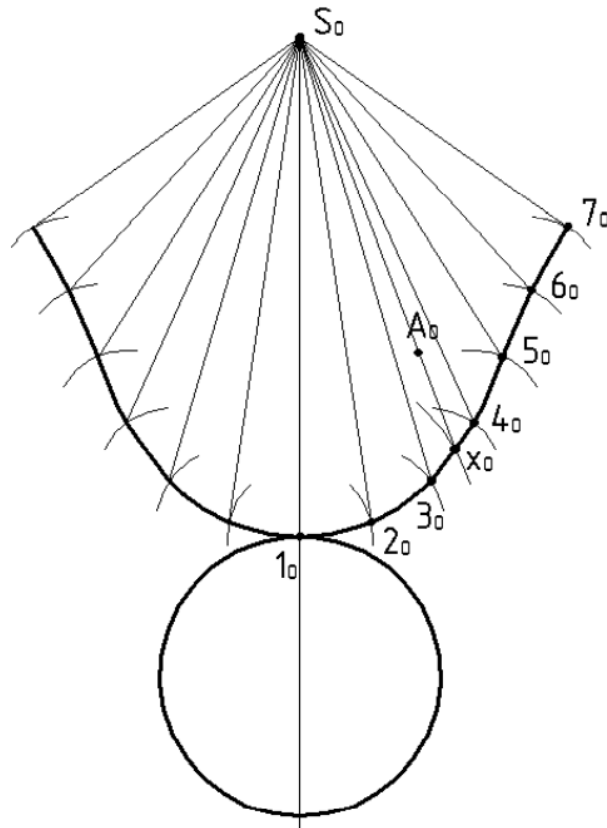


Рисунок 6.21 – Розгортка похилого конуса

Спосіб розкочування. Цей спосіб доцільно використовувати для побудови розгорток похилих призм і циліндрів, коли їх основи паралельні одній площині проєкцій, а ребра, або твірні, - другій (рис. 6.22).

Розглянемо приклад побудови розгортки еліптичного циліндра, основа якого належить площині Π_1 , а твірні паралельні Π_2 :

1) розбиваємо основу циліндра на 12 рівних частин на Π_1 ;

2) знаходимо проєкції цих точок на Π_2 ;

3) розгортаємо бічну поверхню циліндра навколо твірної (вісі обертання).

При цьому кожна точка на основі циліндра буде переміщатися в площині, перпендикулярній до твірної. Послідовно з'єднуємо отримані точки кривою лінією.

Сферична поверхня не є такою, що не розгортається. Якщо необхідно побудувати розгортку сфери, то будують умовну розгортку. Поверхню «розрізають» площинами, які проходять через вісь сфери (рис. 6.23) на 12 рівних частин. Кожну частину сферичної поверхні замінюють циліндричною поверхнею обертання з

віссю, що проходить через центр сфери паралельно дотичній до окружності великого кола.

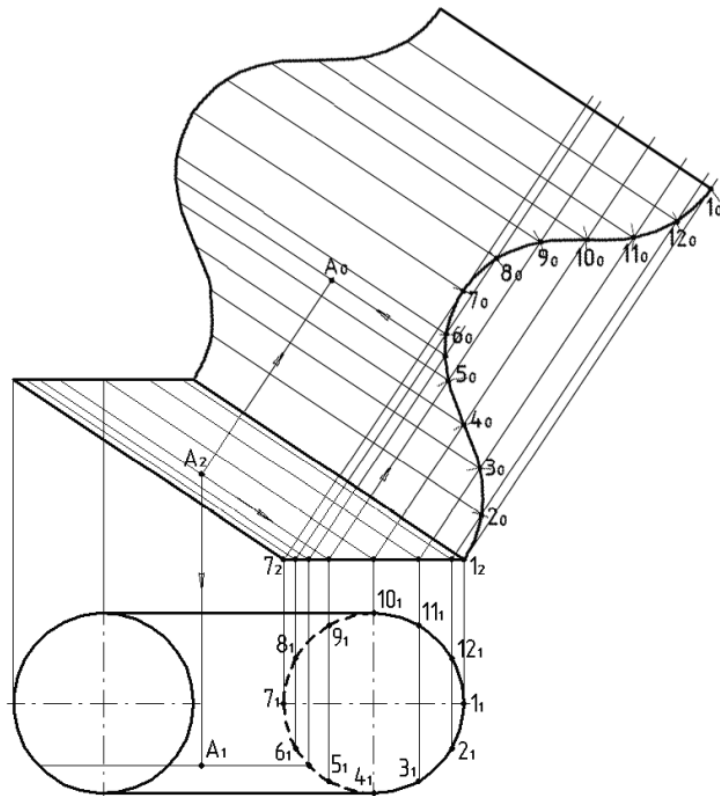


Рисунок 6.22 – Розгортка похилого циліндра

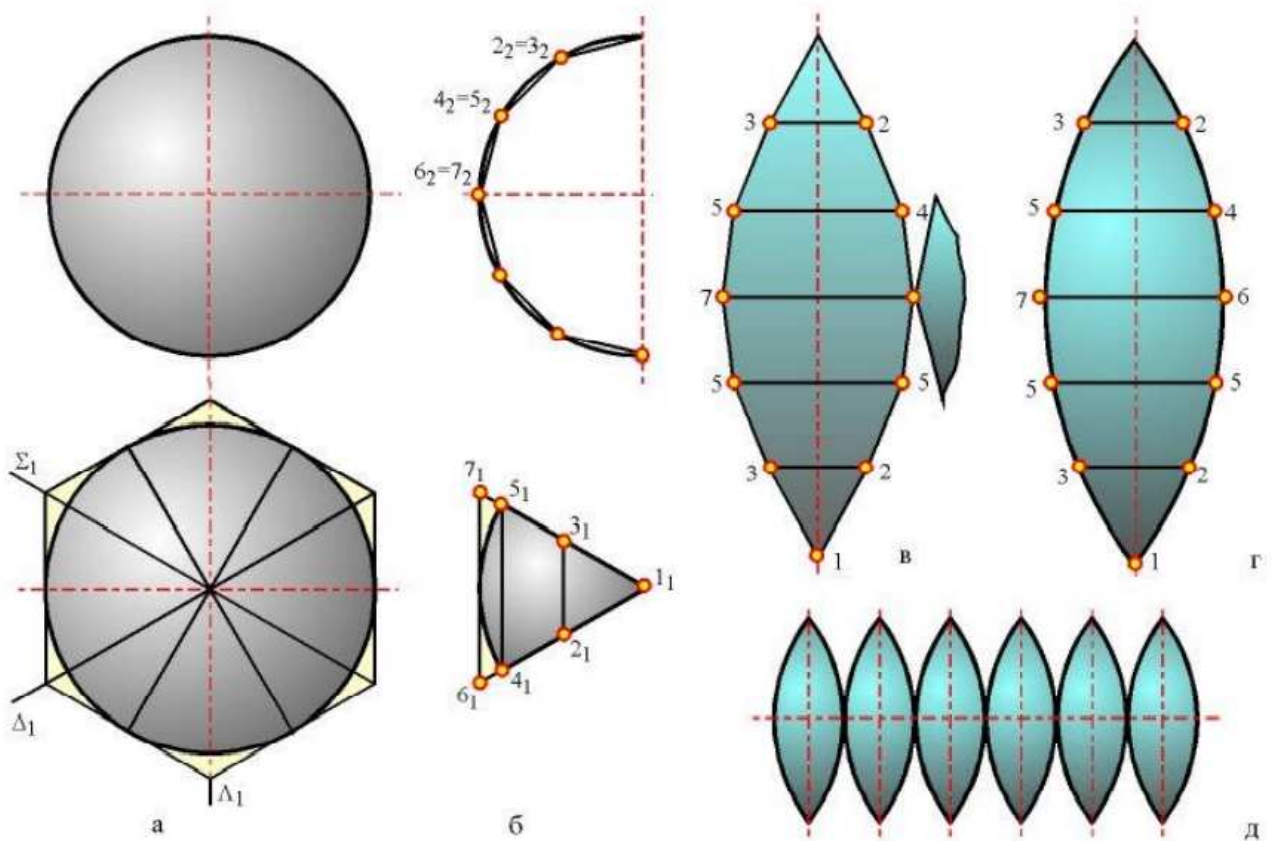


Рисунок 6.23 – Розгортка сфери

Контрольні питання

1. Які найпростіші фігури можна отримати при перетині циліндра площиною і за яких умов?
2. Які найпростіші фігури можна отримати при перетині конуса площиною і за яких умов?
3. Які площини використовуються при побудові точок перетину поверхонь прямими лініями?
4. Які вимоги пред'являються до площин-посередників при побудові точок перетину прямої з поверхнею обертання?
5. В якій послідовності проводиться побудова точок перетину прямої з поверхнею обертання?
6. Як провести допоміжну січну площину при перетині конуса прямою лінією, щоб в перерізі отримати просту лінію?
7. В якому випадку можна для спрощення завдання побудови точок проникнення використовувати спосіб заміни площин проекцій?
8. Яку площину-посередник доцільно використовувати при побудові точок перетину прямої загального положення з похилим циліндром?
9. Який посередник раціонально використати, щоб знайти точки перетину прямої загального положення з прямим конусом?
10. Який спосіб використовують для розв'язання задачі на визначення точок перетину прямої загального положення з поверхнею сфери?
11. Які поверхні вважаються тими, що розгортаються?
12. Чи можливо отримати розгортку поверхні, що не розгортається?
13. У чому полягає метод триангуляції?
14. Які способи отримання розгорток Ви знаєте?

ТЕМА 7

СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ. ПРОЄКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

Зміст теми:

1. Види зображень
2. Умовності і спрощення
3. Нанесення розмірів
4. Формати і основні написи
5. Масштаби
6. Лінії
7. Шрифти
8. Побудова уклону і конусності
9. Спряження

1 Види зображень

Зображення предметів повинні виконуватись за методом прямокутного проєкціювання. При цьому предмет вважається розміщеним між спостерігачем та відповідною площиною проєкцій.

За основні площини проєкцій приймають шість граней куба, які суміщують із площиною.

Зображення на фронтальній площині проєкцій приймається на кресленику за головне. Предмет розміщують відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб зображення на ній давало найбільш повне уявлення про форму та розміри предмету.

Зображення виробів на креслениках залежно від їх змісту поділяються на види, розрізи, перерізи та винесені елементи.

Видом називається зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмету. Допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні предмету за допомогою штрихових ліній.

Встановлені *назви видів*, які одержують на основних площинах проєкцій (основні види) (рис. 7.1):

- 1 - вид спереду (головний вид);
- 2 - вид зверху;
- 3 - вид зліва;
- 4 - вид справа;
- 5 - вид знизу;
- 6 - вид ззаду.

Якщо види розташовані на кресленику в проєкційному зв'язку, як показано на рисунку 7.1, їх не позначають.

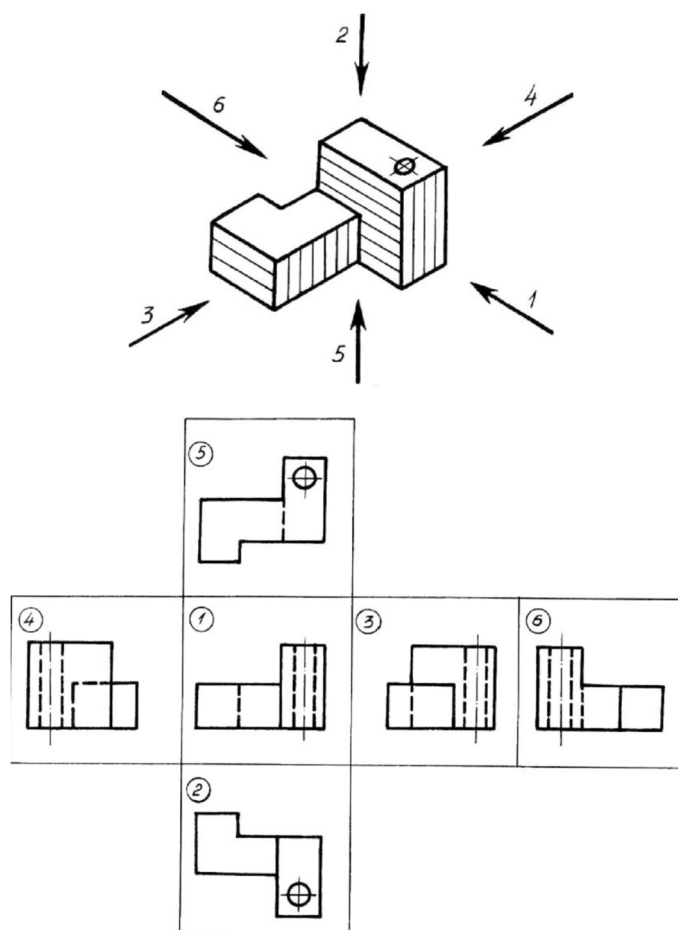


Рисунок 7.1 - Основні види

Назва видів на машинобудівних креслениках не надписують, якщо вони розташовуються в проєкційному зв'язку з головним видом.

Якщо на кресленнику немає місця для розташування в проєкційному зв'язку якого-небудь основного виду, його розташовують на вільному місці кресленика, зробивши над ним напис типу «А». Напис розташовується над зображенням горизонтально й позначає, що це вид у напрямку «А». Напрямок погляду вказується стрілкою на основному зображенні. Біля стрілки пишуть прописну букву кирилиці. При відсутності зображення, на якому можна показати напрямок погляду, назву виду надписують.

Додатковий вид - вид предмета на площині, непаралельній до жодної з основних площин проєкцій, призначений для неспотвореного зображення поверхні, якщо її неможливо отримати на основному виді.

Коли частина поверхні предмета не може бути показана на зазначених видах (1-6) без спотворення форми і розмірів, то застосовують додаткові види, які отримують на площинах не паралельних основним площинам проєкцій. У цьому випадку напрям проєкціювання також повинен бути зазначений стрілкою. Коли додатковий вид розташований у проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, то стрілку не наносять.

Місцевий вид - зображення окремої обмеженої ділянки поверхні предмета.

Якщо необхідно зобразити окрему частину поверхні предмета, то застосовують місцеві види, які відзначають подібно додатковим видам.

Зображення додаткових і місцевих видів можуть бути повернуті, в цьому випадку разом з буквою позначення зображення ставиться додатковий знак \circ (розмір знака рівний розміру букви позначення зображення). Указані види можуть бути виконані в іншому масштабі ніж головний вид, тоді біля позначення зображення цих видів вказується відповідний масштаб. Наприклад: A(2:1).

Розрізи - зображення предмета, який уявно розрізаний однією або декількома площинами. На розрізі показують те, що знаходиться в площині перерізу і те, що знаходиться за нею. Допускається зображувати не все, що розташовано за січною площиною, якщо це не потребує роз'яснення конструкції виробу.

В залежності від положення січної площини відносно площин проєкцій розрізи поділяють на горизонтальні, фронтальні та профільні.

Горизонтальний – це розріз, виконаний січними площинами, паралельними горизонтальній площині проєкцій (рис. 7.2).

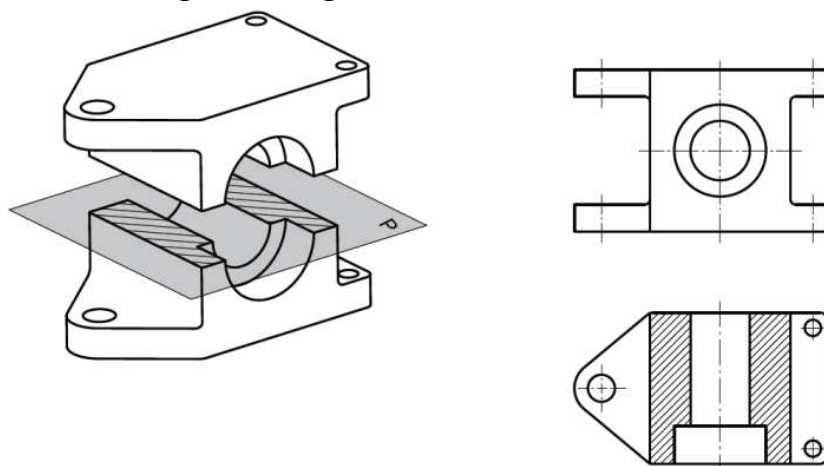


Рисунок 7.2 – Горизонтальний розріз

Вертикальний розріз виконується січними площинами, перпендикулярними до горизонтальної площини проєкцій (рис. 7.3).

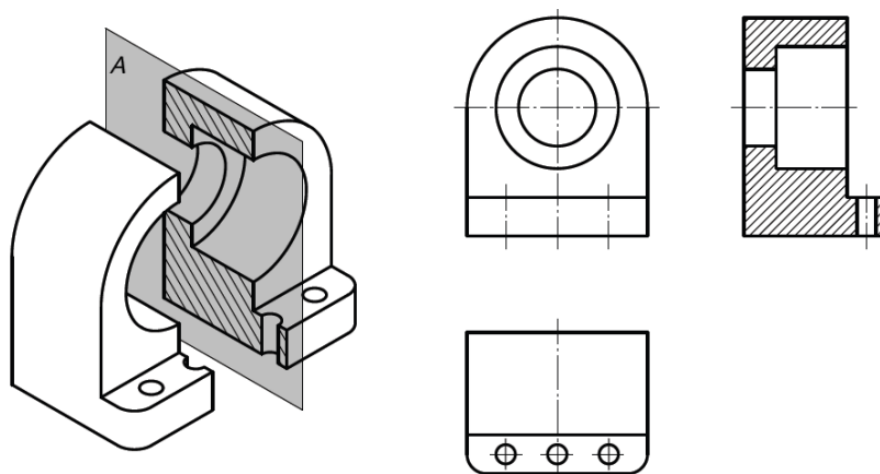


Рисунок 7.3 – Вертикальний розріз

До вертикальних розрізів належать:

- **фронтальний** – січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій (розріз А-А на рис. 7.4);
- **профільний** – січна площина паралельна профільній площині (розріз Б-Б на рис. 7.4).

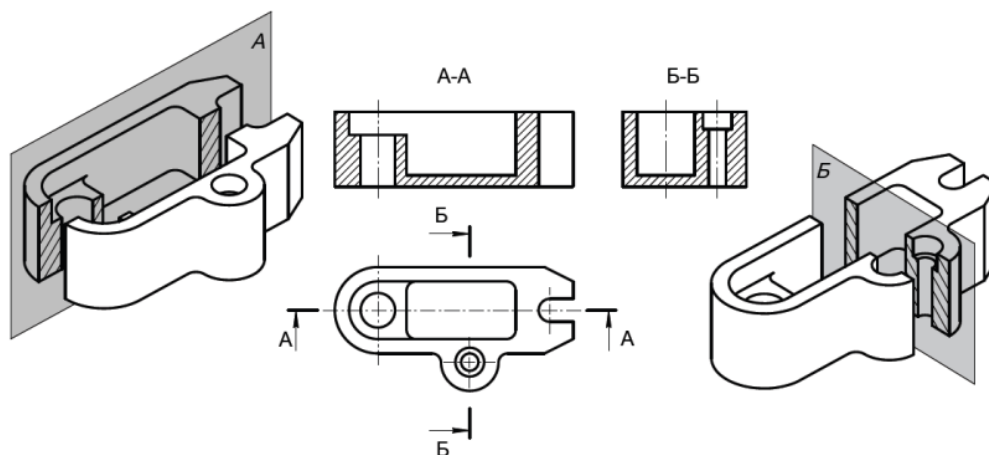


Рисунок 7.4 – Фронтальний і профільний розрізи

Місцевий розріз - розріз, призначений для з'ясування конструкції предмета в окремому обмеженому місці (Рис. 7.5).

Місцеві розрізи виділяють на виді суцільною хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом вона не повинна збігатися з якими-небудь іншими лініями зображення.

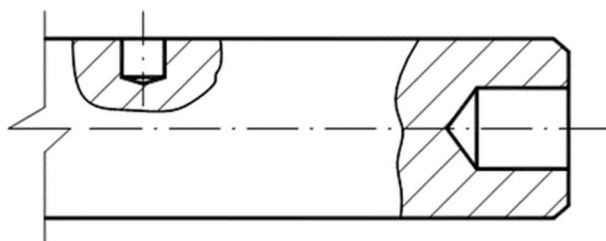


Рисунок 7.5 - Місцевий розріз

Частина виду й частина відповідного розрізу допускається з'єднувати, розділяючи їхньою суцільною лінією зі зломом. Якщо з'єднують половину виду й половину розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, то розділяючою лінією служить вісь симетрії (Рис. 7.6).

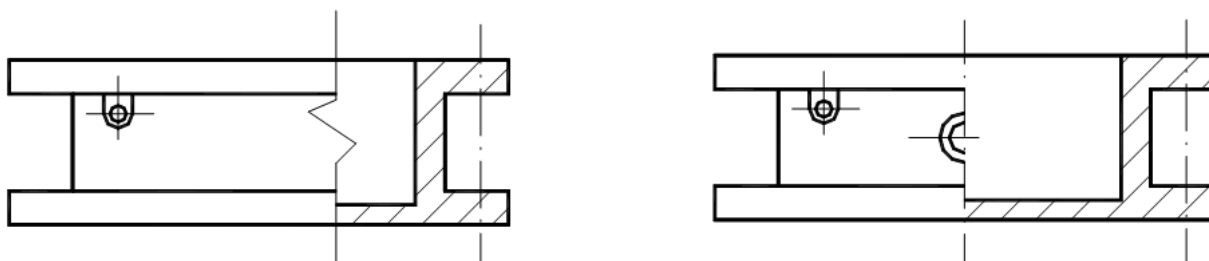


Рисунок 7.6 - Місцевий розріз

Похилий розріз - розріз, отриманий за допомогою січних площин, що утворюють з горизонтальною площиною проєкцій кут, який відрізняється від прямого (Рис. 7.7).

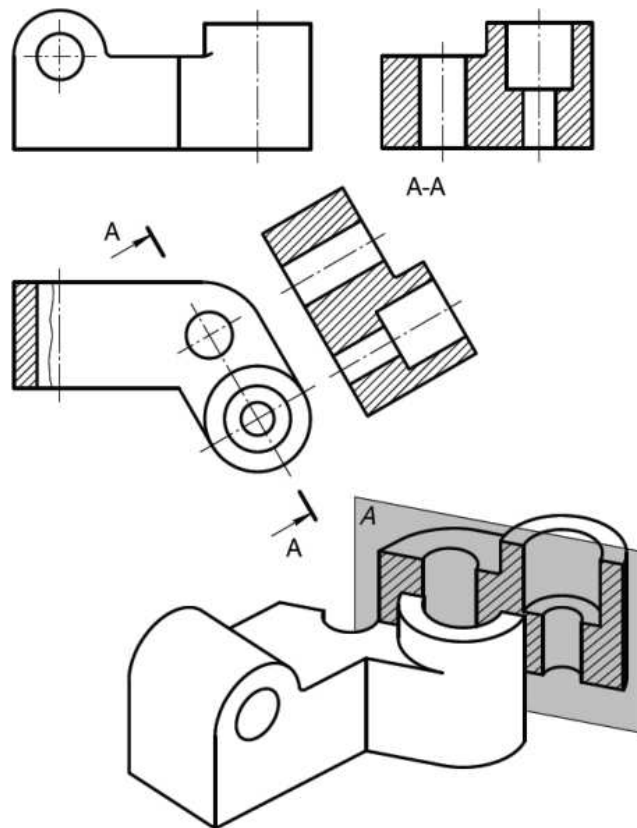


Рисунок 7.7 – Похилий розріз

Похилі розрізи застосовують у випадках, коли предмет має похило розташовані частини поверхні.

Положення січної площини на кресленнику вказують лінією перерізу, яку зображують розімкненою лінією. На початковому і кінцевому штрихах необхідно ставити стрілки, які вказують напрям погляду. Стрілки повинні бути розташовані на відстані 2 - 3 мм від кінців штриха. Біля стрілок вказують заголовні букви ($\overset{A}{\downarrow}$ \downarrow^A).

Зображення розрізу позначається тими ж буквами через дефіс, наприклад А-А (позначення не підкреслюється). Розрізи можуть бути показані на кресленнику в збільшеному масштабі, тоді біля позначення розрізу вказується відповідний масштаб.

Вертикальні розрізи, коли січна площина не паралельна фронтальній або профільній площинам проєкцій, а також нахилений розріз, повинні будуватися відповідно напрямку, який вказують стрілки на лінії перерізу (Рис. 7.8).

Дозволяється розташовувати ці зображення в довільному місці кресленника, а також будувати зображення повернутими до положення, прийнятому на головному зображенні. У цьому випадку до позначення розрізу додається відповідний знак. Наприклад: А-А (2:1) \odot .

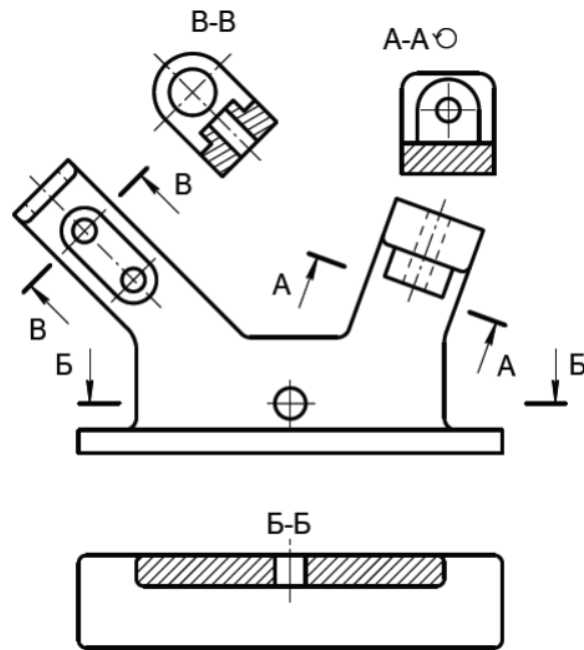


Рисунок 7.8 – Нахилений розріз

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на *прості* (з однією січною площиною – див. рис. 7.2...7.8) і *складні* (з кількома січними площинами – див. рис. 7.9).

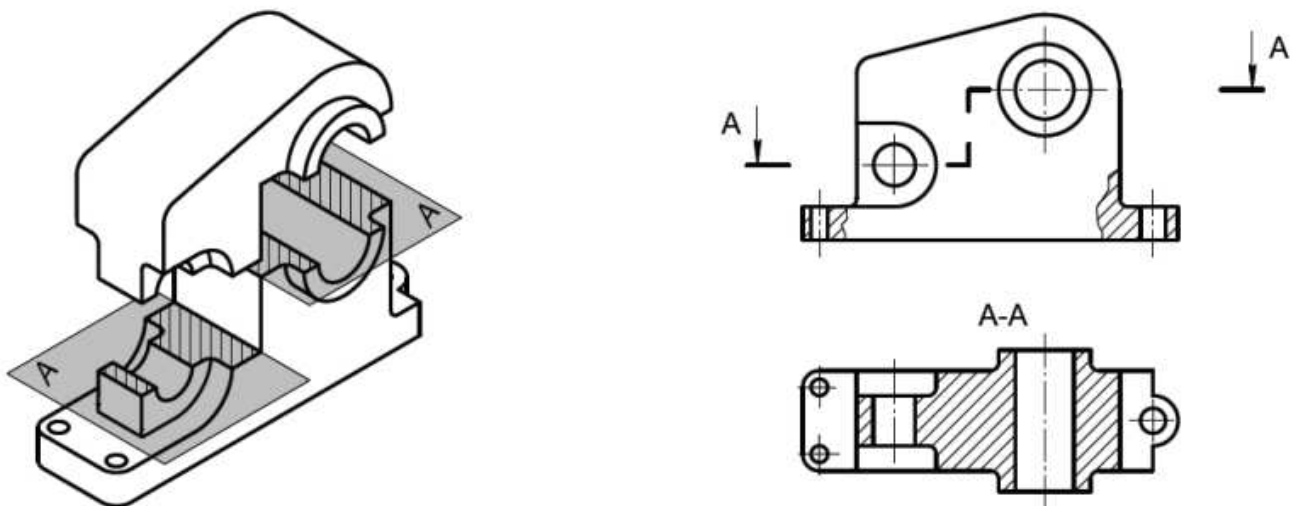


Рисунок 7.9 – Складний розріз

Складні розрізи називають *ступінчастими*, якщо січні площини паралельні (рис. 7.10) та *ламаними*, якщо січні площини перетинаються (рис. 7.11).

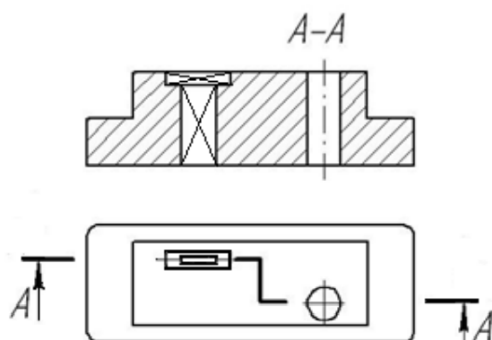


Рисунок 7.10 – Ступінчастий розріз

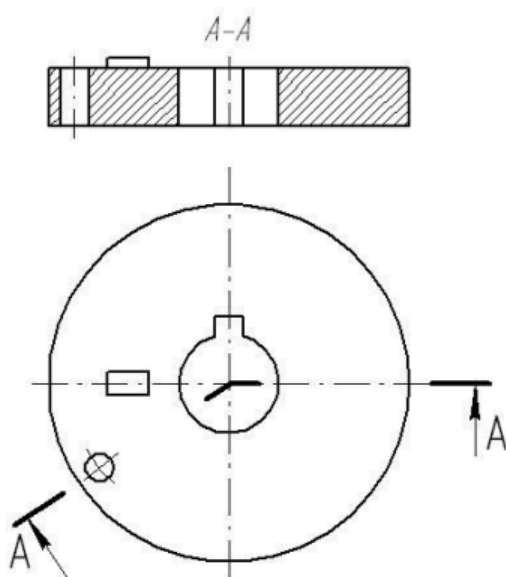


Рисунок 7.11 – Ламаний розріз

Переріз - зображення фігури, яке маємо при розрізі предмета однією або декількома площинами. На перерізі зображується тільки те, що отримуємо в січній площині (Рис. 7.12). Перерізи поділяють на *винесені* та *накладені*.

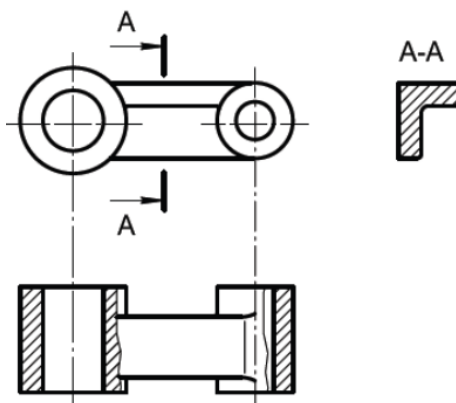


Рисунок 7.12 – Зображення перерізу

Винесений переріз - переріз, розташований на кресленнику поза контуром виду предмета чи в розриві між частинами виду згідно з напрямом стрілок біля ліній перерізу (Рис. 7.13).

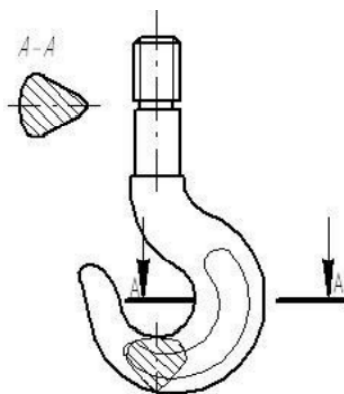


Рисунок 7.13 – Винесений переріз

Накладений переріз - переріз розташований безпосередньо на виді предмета уздовж сліду площини розтину (Рис. 7.14).

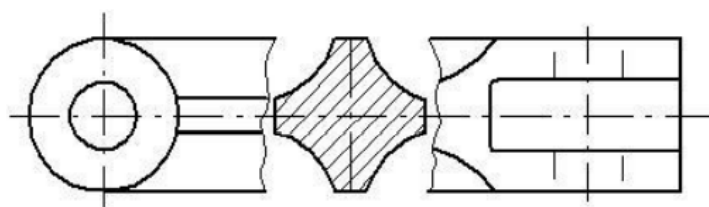


Рисунок 7.14 – Накладений переріз

Тіло виробу у січній площині підлягає штрихуванню згідно з графічним позначенням матеріалів. Нахилені рівнобіжні лінії штрихування виконують під кутом 45° до лінії контуру зображення або його вісі, або рамки кресленника. Якщо лінії штрихування, проведені під кутом 45° , співпадають з напрямом лінії контуру або віссю, то лінії штрихування необхідно виконувати під кутом 30° або 60° . Лінії штрихування виконують з нахилом ліворуч або праворуч, але, як правило, в одну і ту ж сторону на перерізах однієї і той же деталі незалежно від кількості листів, на яких зображена ця деталь. Відстань між рівнобіжними лініями штрихування повинна бути, як правило, однакою для всіх перерізів деталі, які виконано в одному масштабі. Ця відстань вибирається залежно від площини штрихування. Вузькі площини перерізів, ширина яких на кресленнику менша за 2 мм, дозволяється зачорнити.

Виносні елементи - додаткові зображення (як правило збільшені) якоїсь частини предмета, яка потребує пояснення відносно форми, розмірів та інших параметрів (Рис. 7.15).

Виносний елемент може відрізнитись від відповідного зображення за змістом, наприклад, зображення може бути видом (Рис. 7.15, а), а виносний елемент – розрізом (Рис. 7.15, б). При використанні виносного елемента відповідне місце на виді, розрізі або перерізі помічають суцільною тонкою лінією (колом, овалом, і т.д.)

з позначенням на поличці лінії - виноски заголовної букви. Над зображенням виносного елемента вказують ту ж букву з позначенням масштабу. Наприклад: A(2:1).

При виконанні кресленика на декількох листах необхідно біля позначення видів, розрізів, перерізів виносних елементів, вказувати номер листа кресленика, на якому дано їх зображення, наприклад, $\overset{A}{\downarrow} \quad \downarrow A(2)$, а над зображенням - номер листа, на якому знаходиться головне зображення. Наприклад: A - A (1).

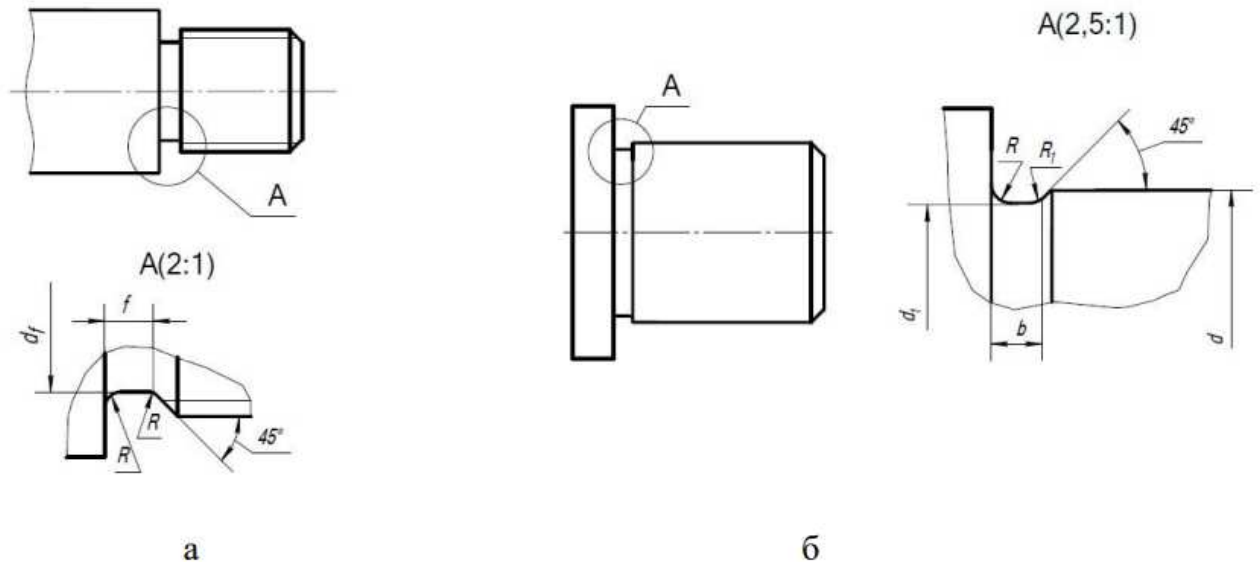


Рисунок 7.15 – Виносні елементи

2 Умовності та спрощення

Якщо вид, розріз або переріз представляють симетричну фігуру, допускається креслити половину зображення, або трохи більше половини зображення із проведенням в останньому випадку лінії обриву.

Якщо предмет має декілька однакових, рівномірно розташованих елементів, то на зображенні цього предмету повністю показують один-два таких елементи (наприклад, один-два отвори), а інші елементи показують спрощено або умовно.

Допускається зображувати частину предмета із належними вказівками про кількість елементів, їх розташування і т.п.

На видах та розрізах допускається спрощено зображувати проєкції ліній перетину поверхонь, якщо не вимагається точної їх побудови. Наприклад, замість лекальних кривих проводять дуги кіл чи прямі лінії.

Плавний перехід від однієї поверхні до іншої показують умовно або зовсім не показують.

Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, непустотілі вали та шпинделі, шатуни, рукоятки і т.п. при повздовжньому розрізі показують нерозсіченими. Шарики завжди показують нерозсіченими.

Як правило, зображуються нерозсіченими на складальних креслениках гайки та шайби.

Такі елементи, як спиці маховиків, шківів, зубчастих коліс, тонкі стінки типу ребер жорсткості і т.п. показують незаштрихованими, якщо січна площина направлена уздовж осі або довгої сторони такого елемента.

Якщо в подібних елементах деталі є місцеve свердлення, заглиблення і т.п., то в цьому місці виконують місцевий розріз.

Пластини, а також елементи деталей (отвори, фаски, пази, заглиблення і т.п.) розміром (або різницею в розмірах) на кресленику 2 мм і менше зображують відступаючи від масштабу, прийнятого для всього зображення, в сторону збільшення.

Допускається незначні виділення на креслениках плоских поверхонь предмету на них проводять діагоналі суцільними тонкими лініями.

Предмети або елементи, що мають постійний або закономірно перемінний поперечний переріз (вали, ланцюги, прутки, фасонний прокат, шатуни і т.п.), допускається зображувати із розривами.

Частинні зображення та зображення із розривами обмежують одним із наступних способів:

а) суцільною тонкою ламаною лінією, яка повинна виходити за контур зображення на 2-4 мм;

б) суцільною хвилястою лінією, що з'єднує відповідні лінії контуру;

в) лініями штриховки.

На креслениках предметів із суцільною сіткою, орнаментом, рельєфом, накаткою і т.п. дозволяється зображати ці елементи частково із можливим спрощенням.

Для спрощення креслеників або скорочення кількості зображень дозволяється:

а) частину предмету, що знаходиться між спостерігачем і січною площиною, зображувати потовщеною штрихпунктирною лінією безпосередньо на розрізі (накладена проекція);

б) застосовувати складні розрізи;

в) для показу отворів в маточинах зубчастих коліс, шківів і т.п., а також для шпонкових пазів замість повного зображення деталі давати лише контур отвору або пазу;

г) зображувати в розрізі отвори, розташовані на круглому фланці, якщо вони не попадають в січну площину.

3 Нанесення розмірів

Терміни, визначення та правила нанесення розмірів на кресленику викладені в СКД ДСТУ 3321-96 і в ГОСТ 2.307-68. Ці правила регламентують також записи й умовності, що застосовуються при нанесенні розмірів. Розміри на креслениках показують розмірними числами та розмірними лініями (рис. 7.16). Розмірні числа повинні відповідати дійсним розмірам, незалежно від того, в якому масштабі та з якою точністю виконано кресленик. Розміри бувають лінійні - довжина, ширина,

висота, величина діаметра, радіуса, дуги та розміри кутів. Розмірні лінії, які показують межі вимірювання, закінчуються стрілками

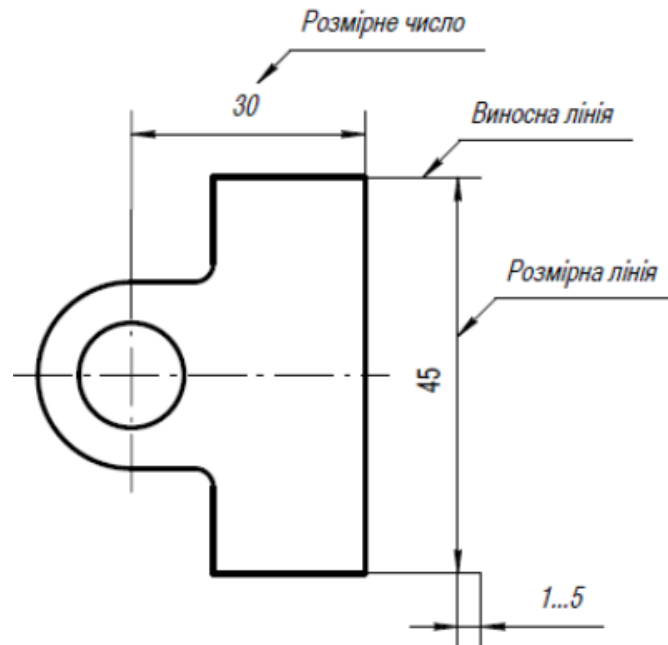


Рисунок 7.16 - Розміри на креслениках

Форма стрілки та співвідношення її елементів показані на рис. 7.17.

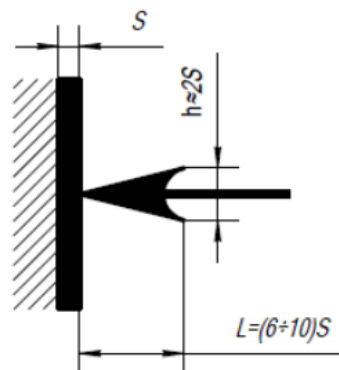


Рисунок 7.17 – Розмірна стрілка

Стрілки повинні торкатися вістрям відповідних ліній контуру, осьових, центрових та виносних ліній. Виносні лінії, які є продовженням ліній видимого контуру, проводять для позначення меж вимірювання. Якщо на кресленику мало місця для розмірної лінії, бо близько розміщена контурна чи виносна лінія, то такі лінії рекомендується переривати (рис 7.18).

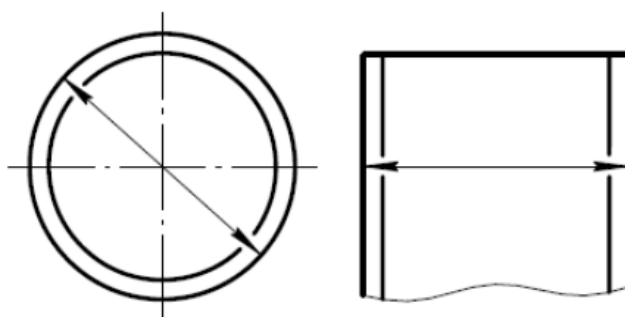


Рисунок 7.18 – Виносні лінії

Розмірні та виносні лінії виконують суцільними тонкими лініями. Наносячи розмір прямолінійного відрізка, розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні – перпендикулярно до розмірної.

Виносні лінії слід продовжувати за стрілки на 1...5 мм. Мінімальна відстань між розмірною лінією та лінією видимого контуру повинна бути 10 мм, а між розмірними лініями – 7 мм.

Виносні та розмірні лінії не повинні перетинатися між собою. Розмірні числа слід проставляти над розмірною лінією паралельно їй і по можливості ближче до її середини. У разі нанесення кількох розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа над ними рекомендується розміщувати в шаховому порядку (рис. 7.19).

Якщо розмірні лінії розміщені ланцюжком і для стрілок не має місця, то їх допускається замінювати точками або засічками, які наносять під кутом 45° до розмірних ліній (див. рис. 7.19).

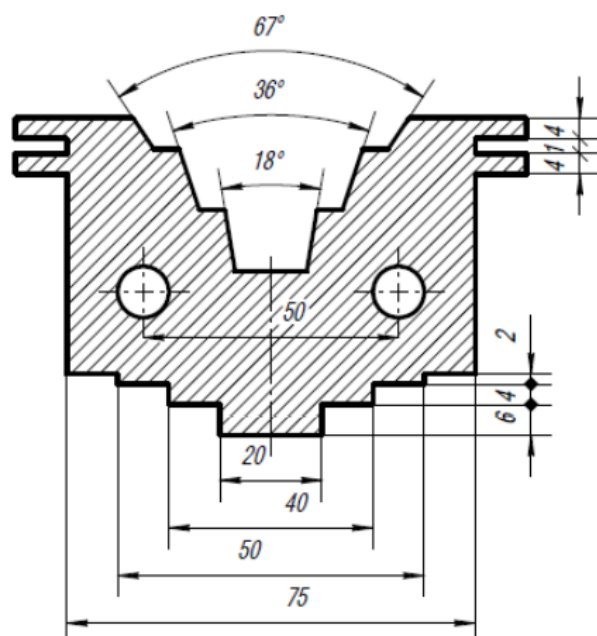


Рисунок 7.19 - Розміри на креслениках

Для позначення діаметра кола застосовують знак \varnothing - коло, що перетинається відрізком, нахиленим до розмірної лінії під кутом 75° . Знак \varnothing проставляють перед

розмірним числом діаметра в усіх без винятку випадках. Приклади нанесення розмірів діаметра наведено на рис. 7.20.

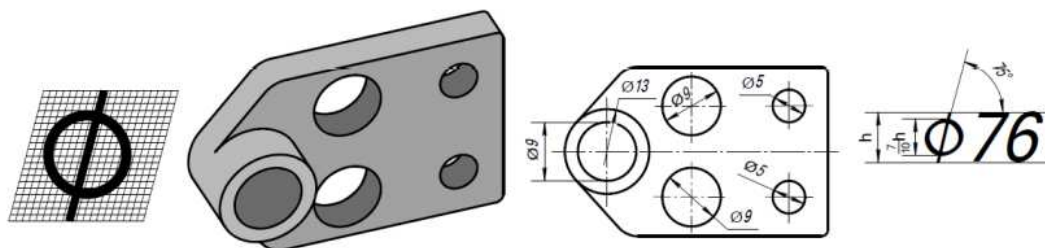


Рисунок 7.20 - Нанесення розмірів діаметра

Допускається розмірну лінію для діаметра кола проводити з обривом не залежно від того, буде коло показане повністю, чи ні (рис.7.21, б). Поєднуючи вигляд з розрізом, розмірні лінії, що належать внутрішнім обрисам предмета, проводять трохи вище за вісь (див. рис. 7.21, а).

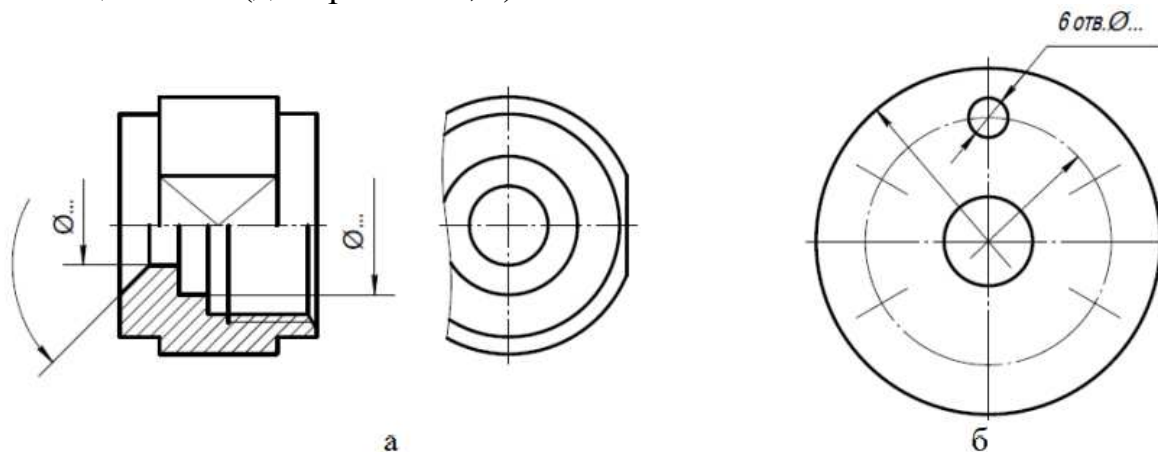


Рисунок 7.21 - Нанесення розмірів діаметра

Якщо предмет зображують з розривом, то розмірну лінію проводять суцільною (Рис. 7.22).

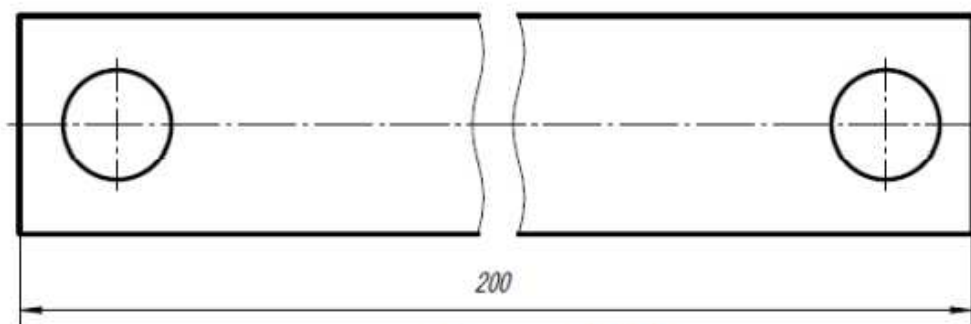


Рисунок 7.22 - Нанесення розмірів

Перед розмірним числом радіуса також в усіх випадках треба ставити літеру R. Правила нанесення розміру радіуса пояснюються на рис.7.23.

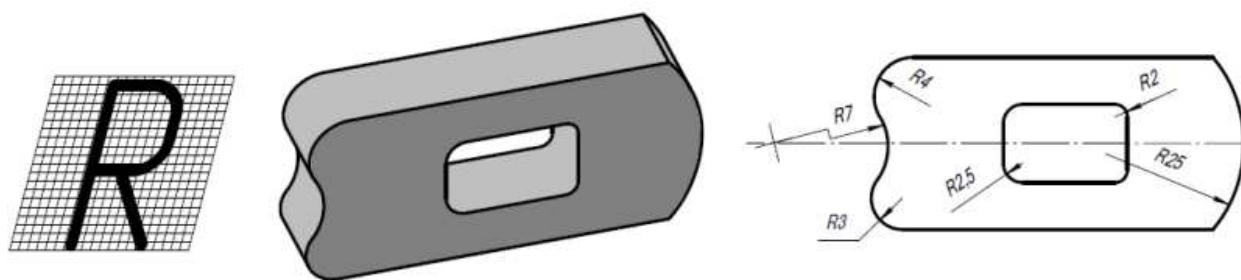


Рисунок 7.23 - Нанесення розмірів радіуса

Розміри квадрата і квадратного отвору позначають значком \square перед розміром сторони квадрата (рис. 7.24). При цьому на зображенні грані суцільними тонкими лініями наносять діагоналі.

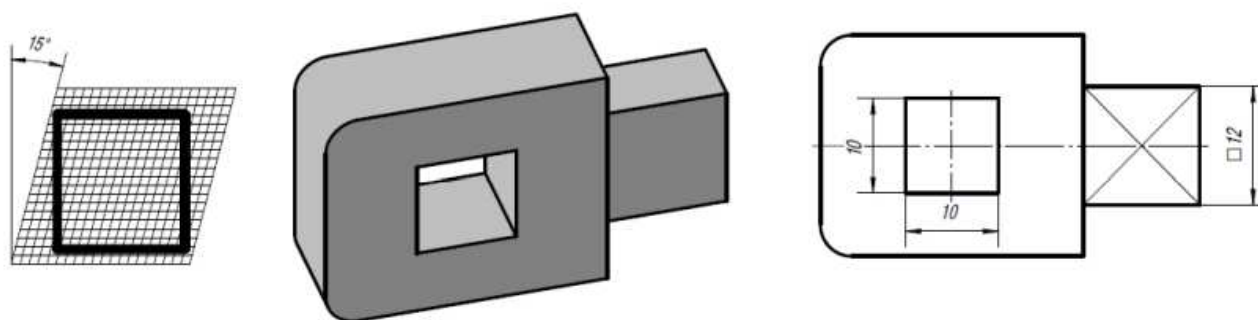


Рисунок 7.24 - Нанесення розмірів квадрата і квадратного отвору

Основою для визначення розміру деталі та її елементів є нанесені на креслениках розміри.

Розміри на креслениках наносять з урахуванням конструктивних особливостей, роботи деталі у виробі, технології її виготовлення та контролю. такі вимоги визначають бази, від яких обмірюють деталь під час її виготовлення, контролю та складання виробу. Бази поділяють на конструкторські, технологічні та вимірювальні. Бази можуть бути основними та допоміжними.

Конструкторськими базами називають сукупності поверхонь, ліній і точок, які визначають положення деталі у виробі, тобто сукупність елементів, відносно яких орієнтують деталь у механізмі (Рис. 7.25).

Від конструкторських баз, як правило, проставляють розміри, які визначають положення спряжених поверхонь виробу з урахуванням можливостей виконання і контролю розмірів.

Вимірювальна база - це сукупність поверхонь, ліній, точок, відносно яких відлічують розміри при обмірюванні виготовлення деталі.

Технологічна база – це поверхня, відносно якої орієнтують деталь під час її виготовлення.

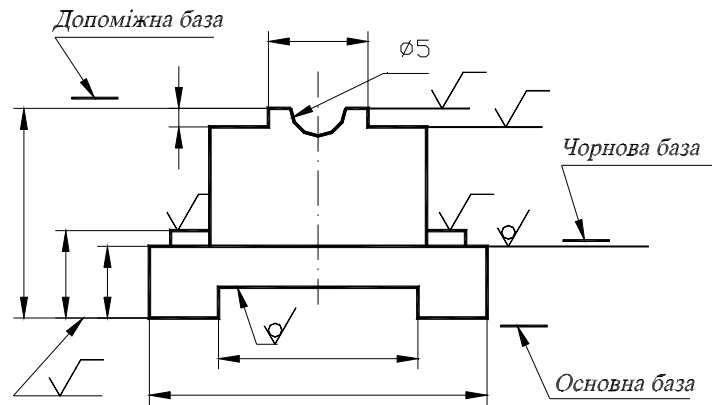


Рисунок 7.25 – Нанесення розмірів з урахуванням конструкторської бази

При виконанні робочих креслеників деталей, які виготовляють литтям, штампуванням, куванням або прокаткою, зазначають не більше одного розміру, який зв'язує поверхні, що механічно обробляються, з поверхнями, що не підлягають механічній обробці. Цей розмір визначає чистову і чорнову технологічні бази. Чистова технологічна є основою та обробляється першою. Положення допоміжних технологічних баз визначається відносно основних. Усі розміри на робочих креслениках деталей, крім розмірів положення спряжених поверхонь, рекомендується наносити від технологічних або вимірювальних баз. Це впливає з визначення кресленика деталі як документа, що містить дані для її виготовлення й контролю.

При нанесенні розмірів на кресленик деталі загальна кількість розмірів повинна бути мінімальною, але достатньою для її виготовлення і контролю.

Не дозволяється повторювати розміри одного і того ж елемента на різних зображеннях, виняток - довідкові розміри, які вказують для більшої зручності користування креслеником. Довідкові розміри на креслениках позначають знаком «*», а в технічних вимогах записують: «*Розміри для довідок».

Не можна наносити розміри у вигляді замкненого ланцюжка, за винятком тих випадків, коли один із цих розмірів вказаний як довідковий.

Розміри, що належать до одного і того ж конструктивного елемента (паза, виступ, отвору тощо), рекомендується групувати в одному місці, розміщуючи їх на тому зображенні, на якому форма елемента показана найбільш повно.

Розміри кількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз із зазначенням кількості цих елементів (Рис. 7.26). Якщо однакові елементи (наприклад, отвори) розміщені на різних поверхнях і показані на різних зображеннях, кількість цих елементів записують окремо для кожної поверхні.

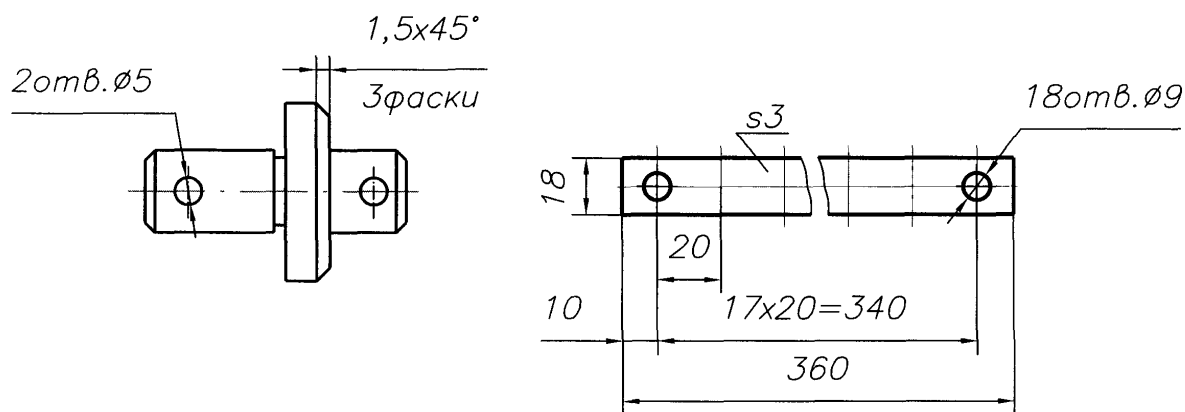


Рисунок 7.26 – Нанесення розмірів

Розміри симетрично розміщених елементів (крім отворів) наносять один раз, групуючи в одному місці, без зазначення кількості елементів (Рис. 7.27).

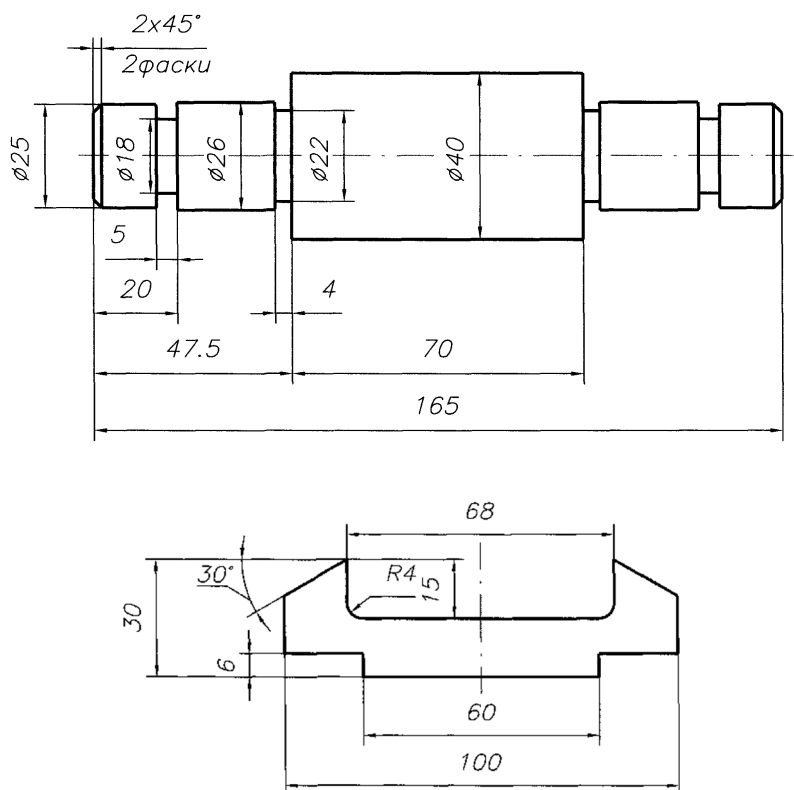


Рисунок 7.27 – Нанесення розмірів симетрично розміщених елементів

При нанесенні розмірів, що визначають відстань між рівномірно розміщеними елементами (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірного ланцюжка проставляти розмір між сусідніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (Рис. 7.28).

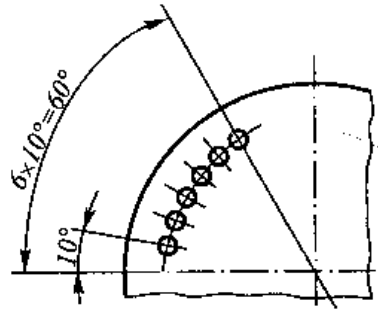


Рисунок 7.28 – Нанесення розмірів, що визначають відстань між рівномірно розміщеними елементами

У випадках, коли за будь-якими міркуваннями, велика кількість розмірів нанесена від однієї базової лінії (Рис. 7.29), допускається замість окремих розмірних ліній проводити одну загальну від позначки 0 для лінійних та кутових розмірів.

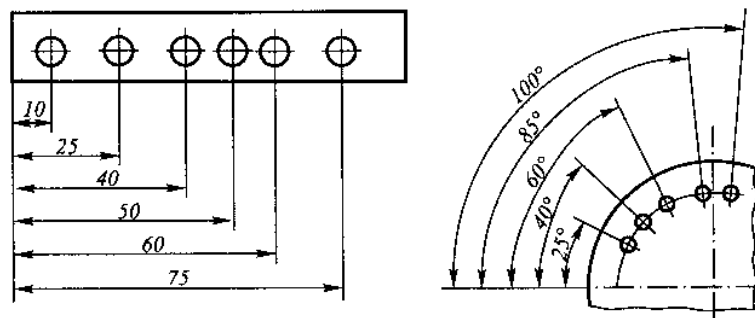


Рисунок 7.29 – Нанесення розмірів при великій кількості від однієї базової лінії

На кресленіку кожної деталі повинні бути її габаритні розміри - найбільші виміри за кожним координатним напрямком.

Такі розміри необхідні для вибору заготовки та обладнання, розробки технологічного процесу виготовлення деталі. Ці розміри можуть проставлятися як довідкові зі знаком «*».

Лінійні розміри та їх граничні відхилення на креслениках вказують у міліметрах без позначення одиниці фізичної величини. Для розмірів, які записуються в технічних вимогах і пояснювальних написах, на полі кресленика обов'язково вказують одиниці вимірювання.

Якщо радіуси округлень, згинів тощо на всьому кресленіку однакові або який-небудь один радіус переважає, то замість нанесення розмірів цих радіусів на кресленіку роблять запис у технічних вимогах, наприклад: «Радіус округлень 4 мм» і т. ін.

Інколи в конструкціях виникає необхідність спільної обробки деталей (або їх елементів), які входять у даний виріб (наприклад, отвір у корпусі, що складається з двох половин). Розміри з граничними відхиленнями елементів, що обробляються спільно, беруть у квадратні дужки, а в технічних вимогах записують: «Обробку за розмірами в квадратних дужках виконувати спільно з дет. ...».

При нанесенні розмірів на креслениках слід використовувати ряди чисел, яким треба віддавати перевагу, враховуючи вимогам відповідних стандартів для нормальних лінійних розмірів та кутів, нормальних радіусів округлень і фасок, нормальних конусностей та кутів конусів тощо.

4 Формати і основні написи

Відповідно до ДСТУ ISO 5457:2006, формат аркуша кресленика визначається розмірами його сторін. Кожний стандартний формат має позначення, наприклад, A0. Основні формати визначаються послідовним діленням навпіл довгих сторін формату A0 (1189 x 841 мм), площа якого дорівнює 1 м². Розміри основних форматів наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Розміри форматів

Позначення формату	Розміри сторін в мм (формат)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Допускається використання додаткових форматів, довга сторона яких повинна бути кратною короткій стороні основного формату. Розміри додаткових форматів наведено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Розміри додаткових форматів

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189x1682	-	-	-	-
3	1189x2523	841x1783	594x1261	420x891	297x630
4	-	841x2378	594x1682	420x1189	297x841
5	-	-	594x2102	420x1486	297x1051
6	-	-	-	420x1783	297x1261
7	-	-	-	420x2080	297x1471
8	-	-	-	-	297x1682
9	-	-	-	-	297x1892

Позначення додаткового формату складається з позначення основного формату і кратності додаткового формату короткій стороні основного формату Напри-

клад, формат 420x1486 позначається А3х5. На форматі виконується рамка на відстані 5 мм від краю з трьох сторін аркуша і на відстані 20 мм від четвертого лівого краю (Рис. 7.30).

У правому нижньому куті формату розміщується основний напис. Формати, за винятком А4, можуть компоуватись як горизонтально, так і вертикально. Формат А4 компоується тільки вертикально.

Основний напис на текстових документах та креслениках виконують за ГОСТ 2.104-68. Основні написи, в залежності від призначення, можуть мати різну форму. Зміст, розташування і розміри граф основних написів, а також розміри рамок повинні відповідати: на креслениках та схемах – формі 1 (Рис. 7.31); на титульному аркуші текстових документів – формі 2 (Рис. 7.32); на наступних аркушах текстових документів та креслеників – формі 2а (Рис. 7.33).

У графах основних написів зазначають:

- 1 – назва виробу;
- 6 – позначення документа відповідно до ГОСТ 2.201-80;
- 7 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на креслениках деталей);
- 8 – літера, яку присвоєно документу відповідно до ГОСТ 2.103-68 (на учбових креслениках — «У»);
- 9 – маса виробу відповідно до ГОСТ 2.109-73;
- 10 – масштаб відповідно до ГОСТ 2.302-68;
- 11 – порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- 8 – загальне число аркушів (графу заповнюють на першому аркуші);
- 9 – назва або розпізнавальний індекс підприємства, що випустило документ (графу не заповнюють, якщо розпізнавальний індекс є в позначенні документа);
- 10 – характер роботи, що виконується особами, які підписують документ;
- 11 – прізвища осіб, які підписали документ;
- 12 – підписи осіб, прізвища яких зазначені у графі 11;
- 13 – дата підписання документа;
- 14...18 – зміни, які вносяться відповідно до вимог ГОСТ 2.503-90.

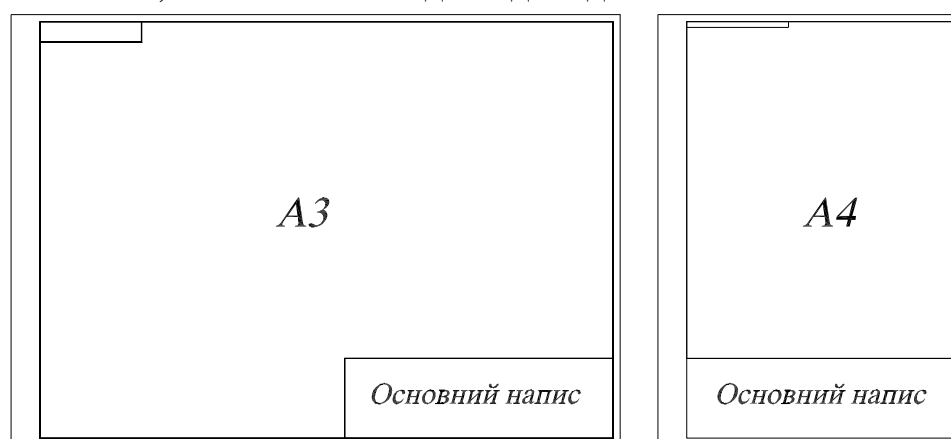


Рис. 7.30

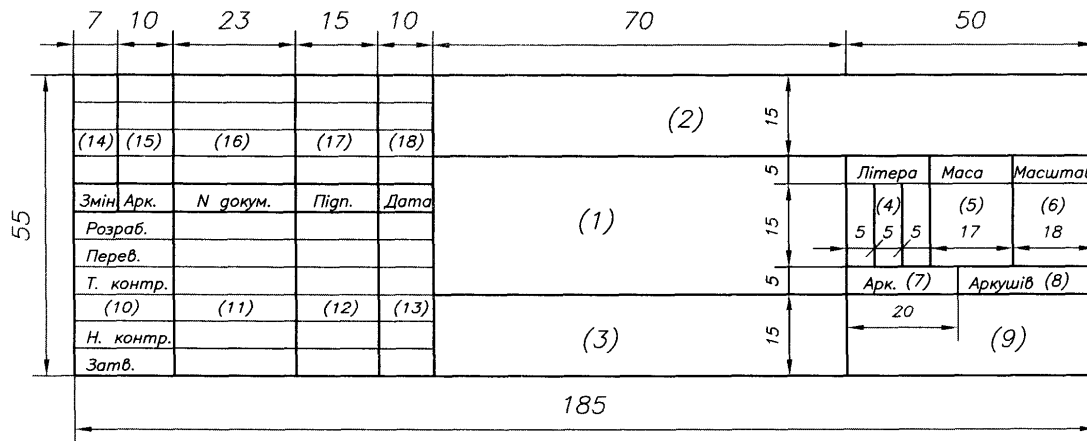


Рис.7.31

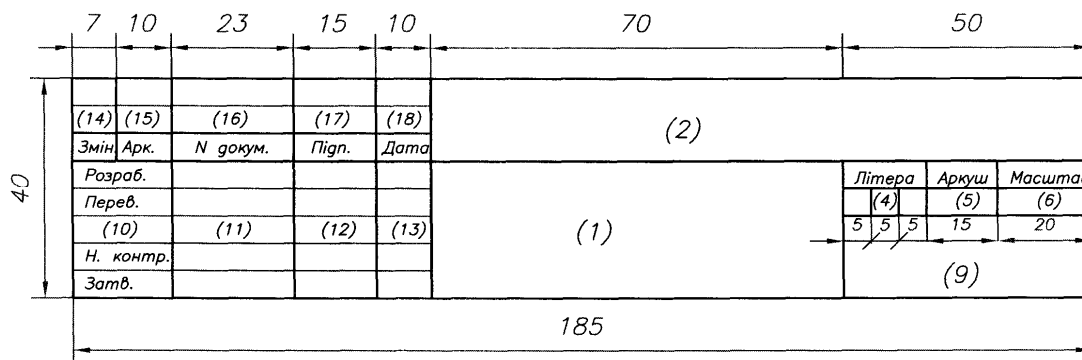


Рис.7.32

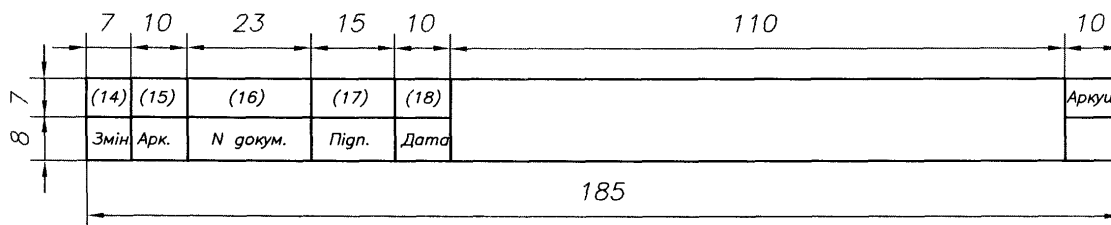
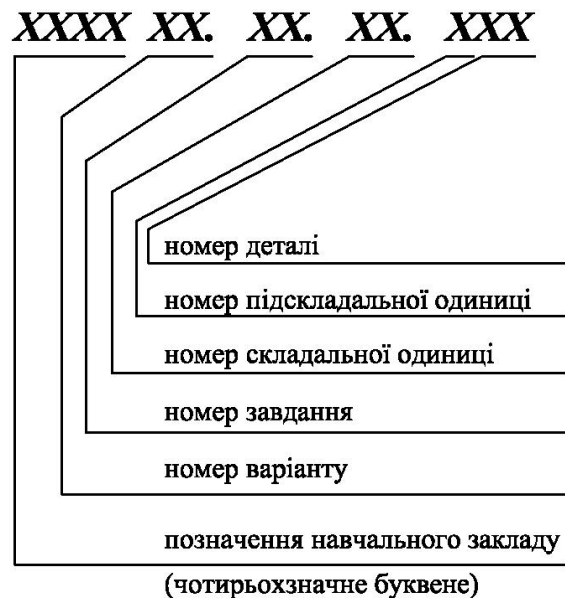


Рис.7.33

Позначення документа в основному написі виконують згідно з ГОСТ 2.201. Для учбових креслеників позначення документа можуть бути виконані згідно з наступною схемою:

У позначенні кресленика складальної одиниці при робочому проектуванні до позначення згідно з наведеною схемою, додаються букви «СК» (складальний кресленик).



Приклад позначення складального кресленника студентів СНУ імені Володимира Даля:

СНУГ 07.01.00.000 СК,

де **СНУГ** – Східноукраїнський **Національний Університет Графіка**

5 Масштаби

Масштабом називають міру зменшення або збільшення зображення предмету по відношенню до натури. Відповідно до ДСТУ ISO 5455:2005 для виконання рекомендуються масштаби, які наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Масштаби

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

Для великих об'єктів використовують масштаби 1:2000 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:50000.

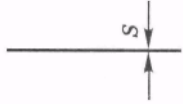


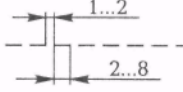
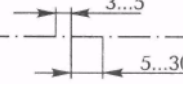
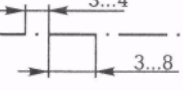
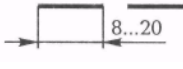

В необхідних випадках також допускається використання масштабів збільшення $(100/n):1$, де n — ціле число. В відповідній графі основного напису масштаб позначається без літери «М», наприклад , 1:2, 2:1 і т.д.

6 Лінії

При використанні креслеників використовують лінії, що встановлені стандартом ГОСТ 2.303-68 (таблиця 7.4).

Товщина ліній, довжина штрихів штрихових і штрих-пунктирних ліній повинні бути однаковими для всіх зображень на форматі і обираються в залежності від масштабу і складності зображення. Штрих-пунктирні лінії повинні перетинатись і закінчуватись штрихами.

Таблиця 7.4 – Типи ліній

№ п/п	Назва	Зображення	Товщина	Призначення
1	Суцільна товста основна		$S=0,5-1,4$ мм	Лінії видимих контурів, лінії контурів перерізів (винесених і таких, які входять до складу розрізу)
2	Суцільна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії контурів накладених перерізів, розмірні та виносні лінії. Лінії штрихування, полиці ліній-виносок і підкреслювання написів
3	Суцільна хвиляста		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії розмежування вигляду і розрізу. Лінії обриву
4	Штрихова		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії невидимого контуру
5	Штрих-пунктирна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Осьові та центрові лінії
6	Штрих-пунктирна потовщена		від $\frac{S}{2}$ до $\frac{2S}{3}$	Позначення поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю. Зображення елементів, розташованих перед січною площиною
7	Розімкнена		від S до $\frac{3S}{2}$	Лінії перерізів
8	Суцільна тонка зі зломом		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву

Приклади використання різних типів ліній наведено на рисунку 7.34.

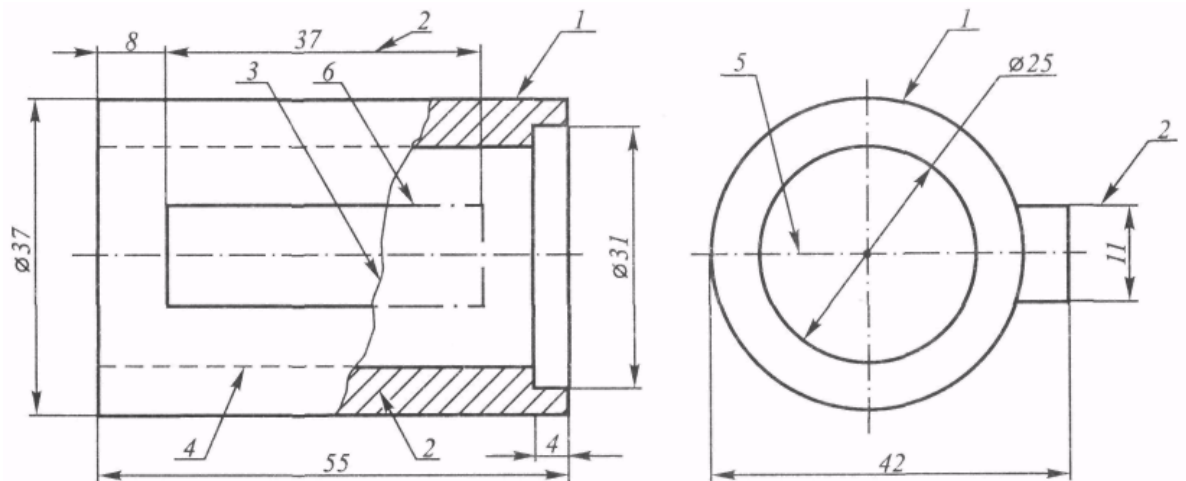


Рисунок 7.34

7. Шрифти

Шрифтом називається однорідне накреслення всіх букв алфавіту та цифр, що надає їм загальний характерний вигляд. Креслярський шрифт повинен легко читатися і бути простим у написанні.

На креслениках і інших конструкторських документах всіх галузей промисловості і будівництва застосовують креслярський шрифт, що встановлює ДСТУ ISO 3098-6:2007.

Розмір шрифту визначається висотою прописних букв у міліметрах. Висота букв h вимірюється перпендикулярно до основи рядка.

Установлюються наступні розміри шрифту:

Висота прописних букв, цифр - 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Висота малих літер - $c=0,7h$.

Ширина букв - $g=0,6h$.

Товщина лінії шрифту (d) визначається залежно від типу і висоти шрифту.

Залежно від товщини ліній установлені два типи шрифтів:

- тип А з товщиною лінії $d=1/14h$;
- тип Б з товщиною лінії $d=1/10h$

Обидва типи шрифтів виконуються з нахилом близько 75° (або без нахилу (прямий шрифт)).

8 Побудова уклону і конусності

Нахил однієї лінії відносно іншої, розташованої горизонтально або вертикально, характеризує величину, яка називається уклоном (Рис. 7.35).

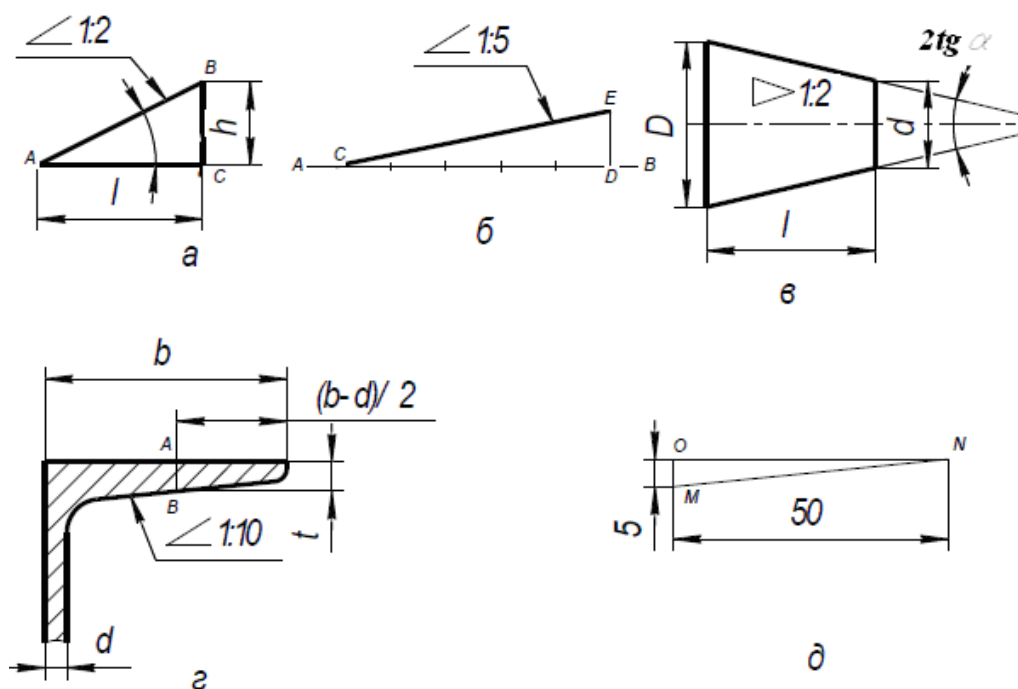


Рисунок 7.35 - Побудова уклону і конусності

У прямокутному трикутнику АВС (Рис. 7.35, а) нахил гіпотенузи АВ до катета АС можна подати або величиною кута α в градусах, або уклоном i , величина якого визначається відношенням катета ВС до катета АС. Уклон можна подати в процентах або у вигляді відношення, наприклад: 10% або 1 : 10.

З побудовою уклону пов'язані дві основні задачі:

1. Визначити величину уклону прямої АВ відносно прямої АС (Рис. 7.35, а). З довільної точки С прямої АС ставлять перпендикуляр до АС. Вимірюють довжину катетів ВС і АС і ділять першу величину на другу. Припустимо, що довжина катета ВС дорівнює 10 мм, а катета АС — 20 мм. У цьому разі матимемо уклон 1 : 2, або 50%,

2. Дано відрізок АВ і на ньому точку С (Рис. 7.35. б). Через точку С треба провести пряму з уклоном 1 : 5 до даного відрізка. На прямій АВ від точки С відкладають п'ять довільних рівних відрізків. З точки D ставлять перпендикуляр, на якому відкладають один такий відрізок. Пряма, проведена через точки С і Е, має уклон 1 : 5 по відношенню до прямої АВ.

Поверхні багатьох виробів, наприклад швелерів, залізничних рейок, литва тощо, мають різні уклони. Розглянемо кресленик полицки швелера № 18 (Рис. 7.35. г). За розмірами $H = 180$ мм, $b = 70$ мм, $d = 5,1$ мм, узятими з стандарту, креслять основний контур швелера.

Визначаючи розмір $(b-d)/2 = (70-5,1)/2 = 32,5$ мм, знаходять точку Е і відкладають від неї величину $t = DE = 8,7$ мм. Через знайдену точку Е проводять пряму з уклоном 10%. На вільному місці кресленника проводять лінії МР та NР, які мають уклон 10%, і через точку Е проводять пряму, паралельну NР.

Конусність визначають як відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними (Рис. 6.в), тобто

$$K = (D-d)/l = 2tg\alpha.$$

Величина конусності на Рис. 6.в дорівнює 1:2. Конусність можна подати простим дробом або в процентах. Залежно від призначення поверхням багатьох деталей надають тієї або іншої конусності. Так, у конічних штифтів $K = 1:50$, у хвостовиків $K = 1:20$, у центрів токарних верстатів $K = 1:7$; $1:10$ тощо.

У машинобудуванні ГОСТ установлює для конусів такі нормальні конусності: 1:200; 1:100; 1:50; 1:20; 1:10; 1:8; 1:5; 1:3; 1:1,866; 1:1,207; 1:0,866; 1:0,652; 1:0,5; 1:0,289

9 Спряження

При виконанні креслеників різних предметів часто доводиться плавно сполучати між собою різні лінії (прямі з дугами кіл, дугу одного кола з дугами інших кіл тощо).

Плавний перехід однієї лінії в іншу називається **дотиканням**.

Основні типи дотикання відомі з геометрії. Пряма, дотична до кола, утворює прямий кут з радіусом, проведеним у точку дотику (Рис. 7.36). Точка дотику K є основою перпендикуляра, опущеного з центра O на пряму AB (Рис. 7.36).

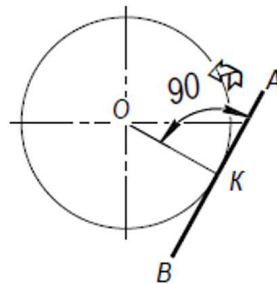


Рисунок 7.36 - Пряма, дотична до кола

Спряження дуг між собою

Розрізняють три типи спряжень дуг кола між собою: зовнішнє, внутрішнє, мішане.

Зовнішнє спряження (Рис. 7.37,а). Центр спряження O лежить у точці перетину двох допоміжних дуг радіусів R_1+R і R_2+R , проведених відповідно з центрів O_1 і O_2 . Точки спряження A і B визначають як точки перетину заданих дуг з прямими OO_1 і OO_2

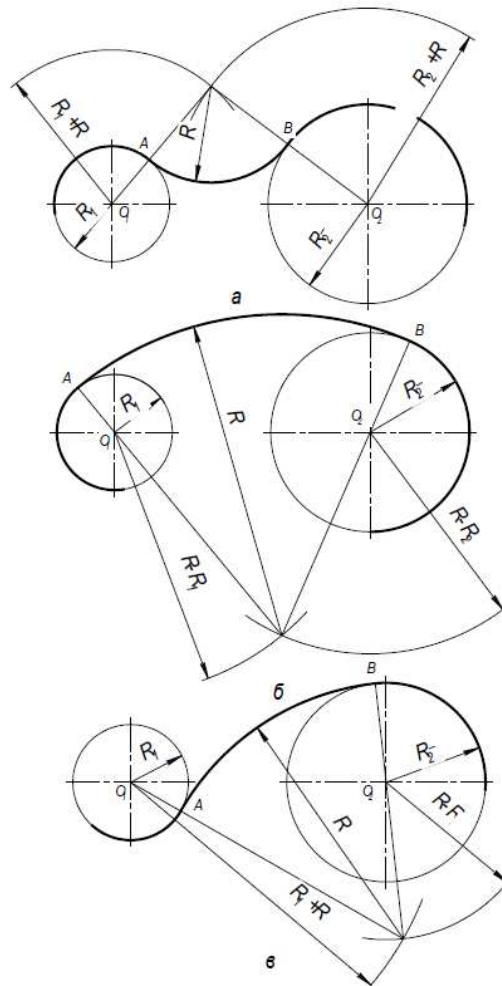


Рисунок 7.37 - Спряження дуг між собою

Внутрішнє спряження (Рис. 7.37, б). З центрів O_1 і O_2 проводять дві допоміжні дуги радіусами $R-R_1$ і $R-R_2$, які в перетині дають центр спряження O .

Прямі OO_1 і OO_2 , перетинаючи задані дуги, дають точки спряження A і B .

Мішане спряження (Рис. 7.37, в). Центр спряження знаходять як точку перетину двох допоміжних дуг радіусів $R+R_1$ і $R-R_2$, проведених відповідно з центрів O_1 і O_2 заданих дуг. Точки спряження A і B визначають, як і в попередніх випадках.

Побудова коробових кривих

Коробовими називаються опуклі криві, утворені спряженням дуг кола.

До коробових кривих належать овали, овоїди, завитки тощо. Овал — це замкнена коробова крива, яка має дві осі симетрії. Його можна будувати за однією великою віссю або за двома осями — великою і малою.

Побудова овала діленням великої осі на чотири частини (Рис. 7.38).

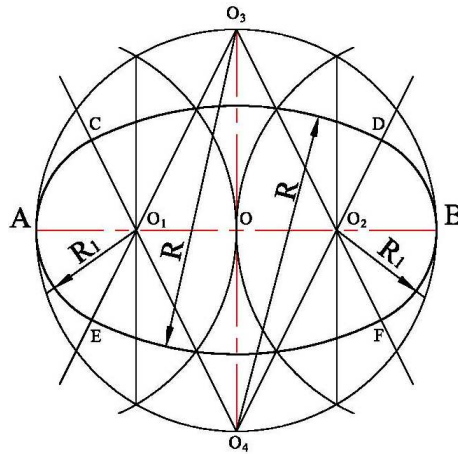


Рисунок 7.38 - Побудова коробових кривих

Поділивши велику вісь AB на чотири рівні частини, знаходять центри спряження O_1 і O_2 . З центра O радіусом OA проводять дугу до перетину з вертикальною віссю в точках O_3 і O_4 — другій парі центрів спряження. Точки спряження C, D, F, E розташовані на прямих $O_1O_3; O_1O_4; O_2O_3; O_2O_4$. Описуючи з центрів O_1 і O_2 дуги радіусом $R_1 = O_1A$, а з центрів O_3 і O_4 — радіусом $R = O_3D$, дістають контур овала.

Контрольні питання

1. Види зображень та їх кількість на робочому кресленнику.
2. Скільки основних видів передбачено стандартом?
3. Яке зображення є головним видом?
4. Що таке додатковий вид та його позначення на кресленнику?
5. Що таке винесений елемент та його позначення на кресленнику?
6. Для чого використовують винесені елементи?
7. Що таке розріз?
8. Яка різниця між розрізом та перерізом?
9. Як на кресленнику показують положення січної площини і в яких випадках?
10. Від чого залежить товщина лінії на кресленнику?
11. Які типи ліній використовуються в кресленні?
12. Що таке масштаб?
13. Які розміри проставляють на кресленнику при використанні масштабів зображення?
14. Що означає номер шрифту?
15. Як визначається розмір шрифту?
16. Що таке уклон і конусність? Позначення на кресленнику.
17. Що таке спряження? Які типи спряжень існують?

ТЕМА 8

РІЗЬ. ПРАВИЛА ЗОБРАЖЕННЯ РІЗИ НА КРЕСЛЕНИКУ

Зміст теми:

1. Загальні поняття різі
2. Основні елементи та параметри різі
3. Типи різей
4. Зображення різі на кресленику

1 Загальні поняття різі

Різь (нарізка) - це ряд почергово розташованих гвинтових виступів і різців того чи іншого профілю, утворених на поверхнях деталі, що з'єднуються між собою.

Розрізняють такі види різей (рис. 8.1).

- а) залежно від форми профілю: трикутна, прямокутна, кругла, трапецеїдальна;
- б) за видами поверхні, на якій нарізна різь: циліндричні та конічні;
- в) за експлуатаційним призначенням: кріпильні (метрична), кріпильно-ущільнювальні (трубна), ходові (трапецеїдальна, упорна), спеціальні та інші;
- г) стосовно розташування на поверхні: зовнішні та внутрішні (рис 8.2);
- д) залежно від напрямку гвинтової поверхні: праві та ліві;
- е) за кількістю заходів різі: одно- та багатозаходні.

Основні терміни та визначення для різей встановлює ДСТУ 2497-94.

Циліндричну різь утворюють на бічній поверхні прямого колового циліндра, а конічну – на бічній поверхні прямого колового конуса.

Права різь утворюється виступом, який обертається за годинниковою стрілкою і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача, а *ліва* – виступом, який обертається проти годинникової стрілки і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача.

Однозахідна різь утворюється одним виступом, а *багатозахідна* – двома або більше виступами з рівномірно розміщеними заходами.

У машинобудуванні, приладобудуванні та інших галузях виробництва досить розповсюджені рознімні з'єднання деталей машин, які здійснюються за допомогою різі різного профілю (трикутного, трапецеїдального, прямокутного, напівкруглого та ін.). Різь трикутного профілю звичайно нарізають на деталях, призначених для скріплення, а тому її називають кріпильною. Різь інших профілів, переважно трапецеїдального і прямокутного, належить до ходових різей (різь на валу для руху супорта токарного верстата, різь на гвинті машинних лещат, домкратів та ін.).

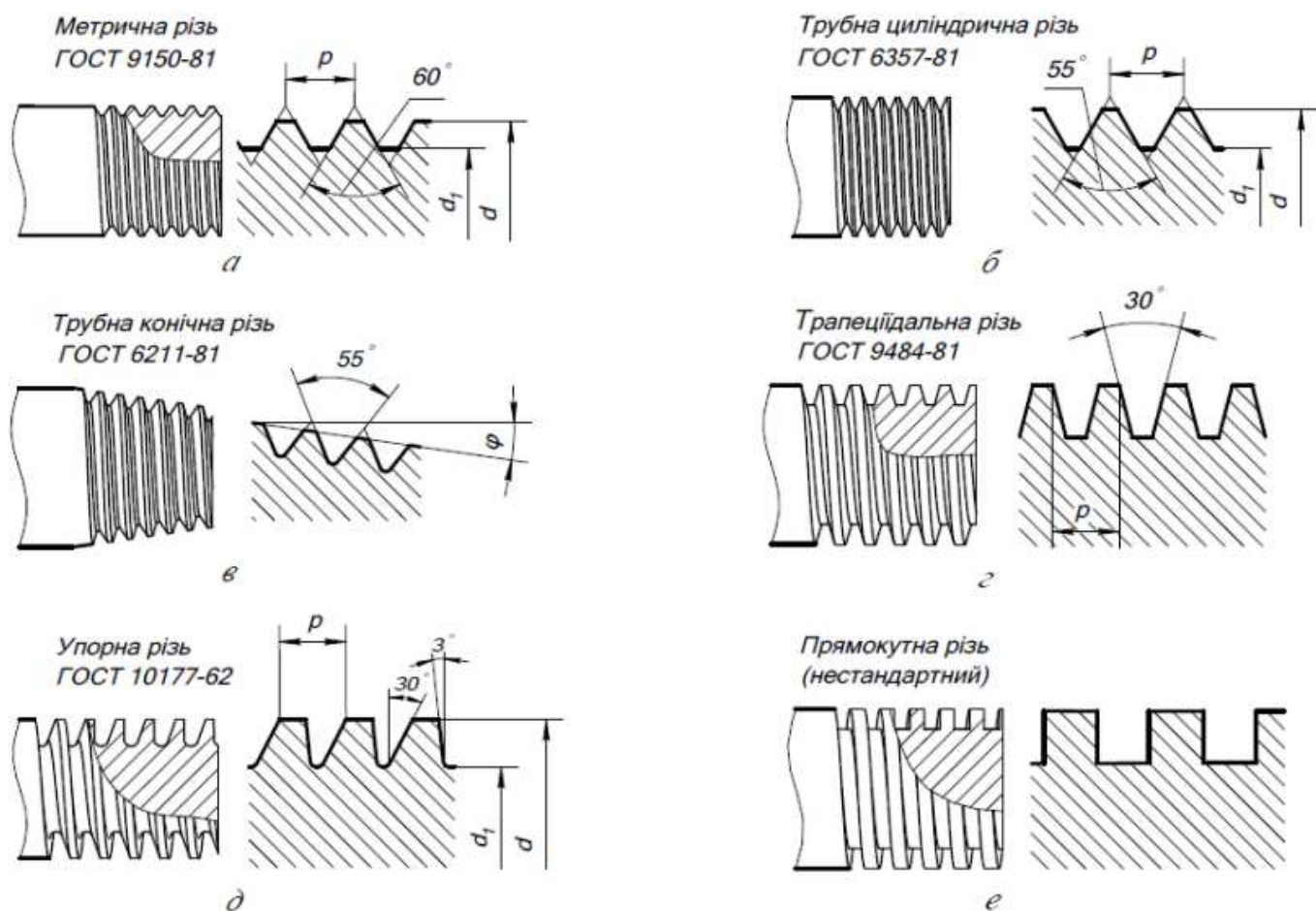


Рисунок 8.1 – Види різей

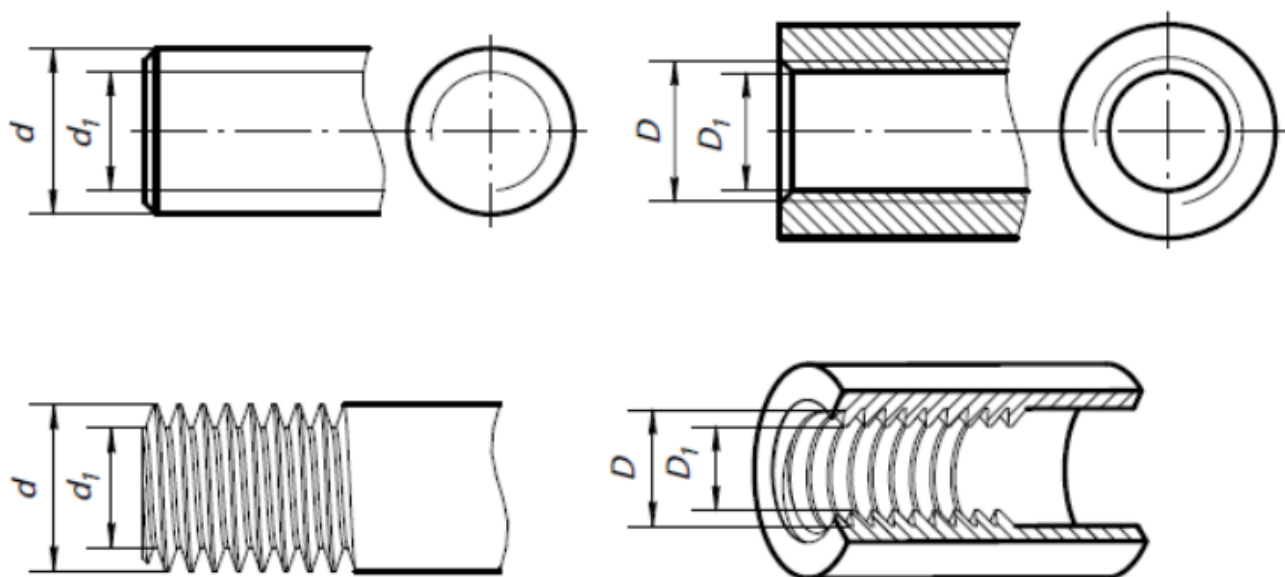


Рисунок 8.2.- Зовнішня та внутрішня різі

2 Основні елементи та параметри різі

Основні параметри різі: вісь, профіль, кут профілю, зовнішній і внутрішній діаметри, крок різі, хід різі, довжина різі та довжина різі повного профілю.

Вісь різі – це лінія, відносно якої утворено гвинтову поверхню різі.

Профілем різі є профіль виступу та канавки у площині, яка проходить через вісь (Рис. 8.3, а).

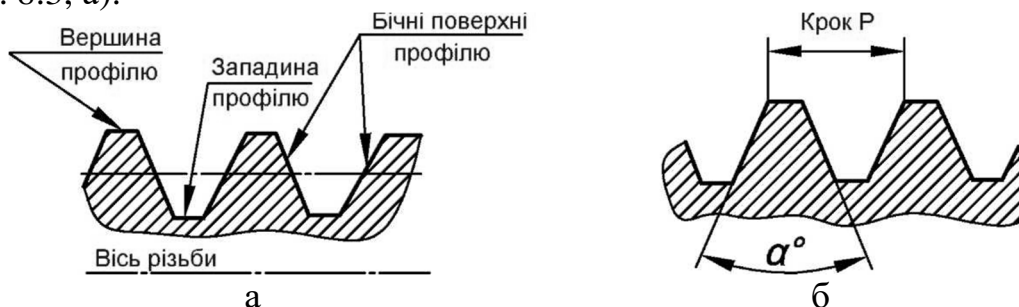


Рисунок 8.3 - Профіль різі

Основний профіль різі – це спільний для зовнішньої та внутрішньої різей профіль, який обумовлюється номінальними розмірами його лінійних та кутових елементів і є основою для визначення *номінального профілю різі*.

Вершина різі являє собою частину гвинтової поверхні, яка з'єднує суміжні сторони різі по верху її виступу.

Зовнішній діаметр циліндричної різі (D , d) – це діаметр уявного прямого колового циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої або западин внутрішньої циліндричної різі: D – зовнішній діаметр внутрішньої різі (гайка); d – зовнішній діаметр зовнішньої різі (болт) (Рис. 8.4, а).

Внутрішнім діаметром циліндричної різі (d_1 , D_1) є діаметр уявного прямого колового циліндра, вписаного в западини зовнішньої або вершини внутрішньої циліндричної різі: d_1 – внутрішній діаметр болта; D_1 – внутрішній діаметр гайки (Рис. 8.4, б).

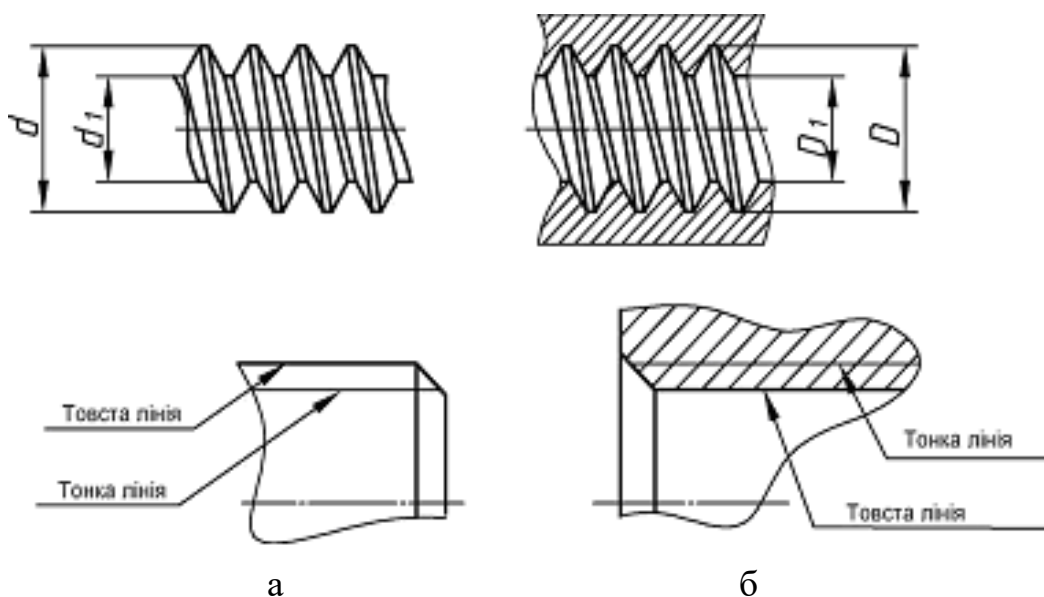


Рисунок 8.4 – Зовнішній і внутрішній діаметри різі

Середній діаметр циліндричної різі (d_2, D_2) – це діаметр уявного циліндра, вісь якого збігається з віссю різі і кожна твірна якого перетинає профіль різі так, що її відрізки, утворені при перетині з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку різі.

Номінальний діаметр умовно характеризує розміри різі і використовується при її позначенні.

Крок різі P являє собою відстань по лінії, яка паралельна осі різі, між двома відповідними точками двох сусідніх витків ((Рис.8.3, б).

Хід різі P_h – це відстань по лінії, яка паралельна осі, між будь-якою середньою точкою на бічній стороні різі і середньою точкою, одержаною при переміщенні першої точки по гвинтовій лінії на кут 360° .

Довжина різі являє собою довжину частини деталі, на якій утворено різі, включаючи збіг різі та фаску (Рис.8.5).

Довжина різі повного профілю – це довжина ділянки, на якій вершини й западини відповідають номінальному профілю різі і розташовані в межах полів допусків зовнішнього та внутрішнього діаметрів різі (Рис.8.4).

Збіг різі – це ділянка переходу до гладкої частини деталі, де різь має неповний профіль (Рис.8.5).

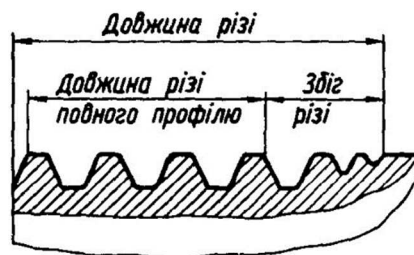


Рисунок 8.5 – Довжина різі

3 Типи різей

Різь - це елемент деталі, утворений гвинтовим переміщенням плоского контура (профілю) по циліндричній або конічній поверхні. Різь є одним з конструктивних елементів деталі.

На рисунку 8.6 зображено різі різного профілю: а – трикутна, б – трапецеїдална, в – сферична, д – прямокутна.

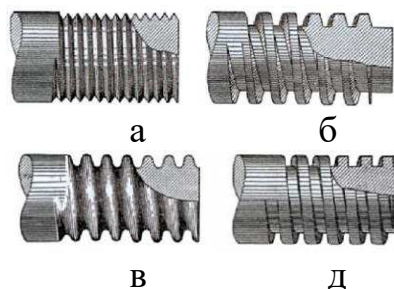


Рисунок 8.6 – Профілі різі

Залежно від характеру поверхонь, на яких утворюється різь, різі поділяються на циліндричну та конічну.

Циліндрична різь - це різь, виконана на поверхні циліндра. Конічна різь - це різь, виконана на поверхні конуса.

Залежно від розміщення поверхонь, на яких виконується різь, різі розподіляються на зовнішні та внутрішні.

Зовнішня різь (Рис. 8.7,а) - це різь на зовнішній поверхні деталі (на гвинті, болті, шпильці,..., на валу). Внутрішня різь (Рис. 8.7,б) - це різь на внутрішній поверхні деталі (в гайці, в отворі).



Рисунок 8.7 - Різі

У машинобудуванні застосовують три типи різі: метричну, дюймову і трубну.

Метрична різь (Рис. 8.8) характеризується кутом профілю $\alpha = 60^\circ$. Найбільш поширені метричні різі з діаметрами від 1 до 600 мм. Основною особливістю профілю метричної різі є те, що його вершини зрізані по внутрішньому діаметру гайки на відстані $H/4$, а по зовнішньому діаметру болта – на відстані $H/8$ від вершини теоретичного профілю.

Для метричної різі встановлено такі стандарти: ГОСТ 9150-81 – на профіль різі з кроком від 0,075 до 6 мм; ГОСТ 8724-81 – на діаметри та кроки (Табл. 8.1).

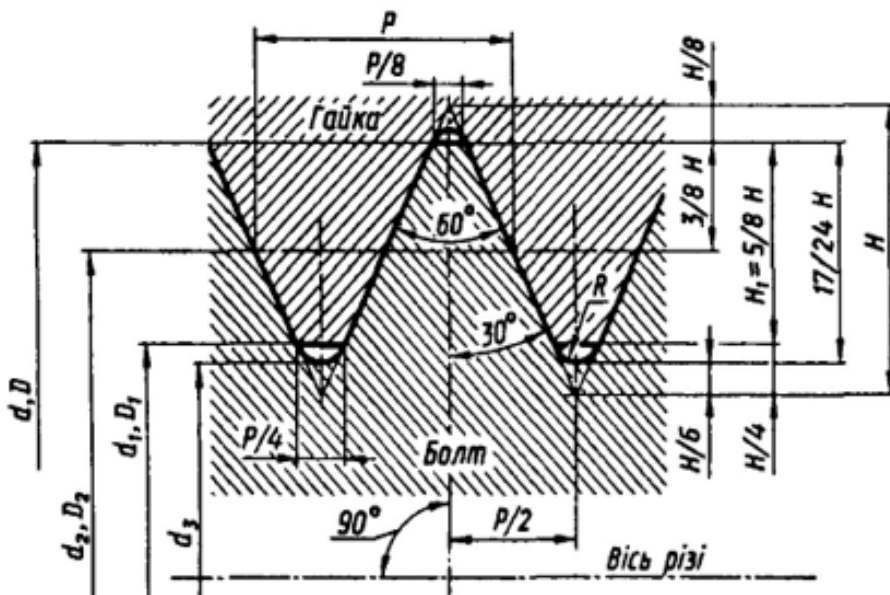


Рисунок 8.8 – Метрична різь

Таблиця 8.1 - Номінальні діаметри і кроки метричної різі

Номінальний діаметр різі d			Кроки P						
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Великий	Дрібні					
2	-	-	0,4	0,25	-	-	-	-	-
-	2,2	-	0,45	0,25	-	-	-	-	-
2,5	-	-	0,45	0,35	-	-	-	-	-
3	-	-	0,5	0,35	-	-	-	-	-
-	3,5	-	(0,6)	0,35	-	-	-	-	-
4	-	-	0,7	0,5	-	-	-	-	-
-	4,5	-	(0,75)	0,5	-	-	-	-	-
5	-	-	0,8	0,5	-	-	-	-	-
-	-	(5,5)	-	0,5	-	-	-	-	-
6	-	-	1	0,75	0,5	-	-	-	-
-	-	7	1	0,75	0,5	-	-	-	-
8	-	-	1,25	1	0,75	0,5	-	-	-
-	-	9	(1,25)	1	0,75	0,5	-	-	-
10	-	-	1,5	1,25	1	0,75	0,5	-	-
-	-	11	(1,5)	1	0,75	0,5	-	-	-
12	-	-	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,5	-
-	14	-	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5	-
-	-	15	-	1,5	(1)	-	-	-	-
16	-	-	2	1,5	0,75	0,5	-	-	-
-	-	17	-	1,5	(1)	-	-	-	-
-	18	-	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	-
20	-	-	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	-
-	22	-	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	-
24	-	-	3	2	1,5	1	0,75	-	-
-	-	25	-	2	1,5	(1)	-	-	-
-	-	(26)	-	1,5	-	-	-	-	-
-	27	-	3	2	1,5	1	0,75	-	-
-	-	(28)	-	2	1,5	1	-	-	-
30	-	-	3,5	(3)	2	1,5	1	0,75	-
-	-	(32)	-	2	1,5	-	-	-	-
-	33	-	3,5	(3)	2	1,5	1	-	-
-	-	35	-	1,5	1,25	-	-	-	-
36	-	-	4	3	2	1,5	1	-	-
-	-	(38)	-	1,5	-	-	-	-	-
-	39	-	4	3	2	1,5	1	-	-
-	-	40	-	(3)	(2)	1,5	-	-	-

В умовне позначення метричної різі входять: літера *M*, номінальний діаметр, значення кроку (для різі з малим кроком), літери *LH* для лівої різі. Наприклад, різь номінального діаметра 24 мм з великим кроком позначається *M24*; різь того ж діаметра з малим кроком 1,5 мм – *M24x1,5*; того самого діаметра ліва різь з великим і малим кроком – відповідно *M24LH* і *M24x1.5LH*.

До умовного позначення метричної багатозахідної різі додаються: значення ходу і в дужках – літера P зі значенням кроку. Наприклад, метрична тризахідна різь номінального діаметра 24 мм з ходом 3 мм і кроком 1 мм позначається $M24 \times 3(P1)$; різь із тими самими параметрами, але ліва – $M24 \times 3(P1)LH$.

Приклади умовного позначення метричної різі на креслениках наведені на рисунку 8.9.

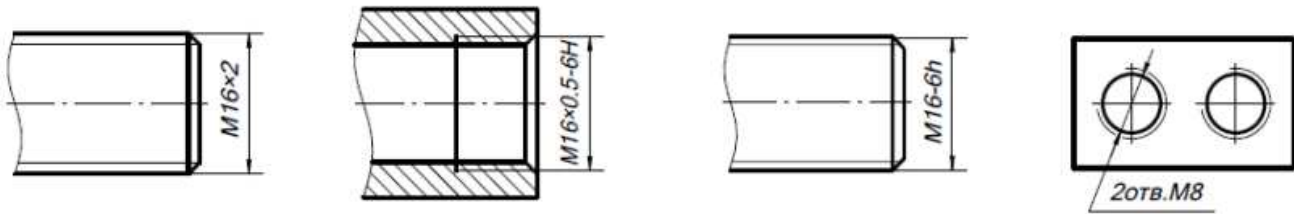


Рисунок 8.9 – Метрична різь

Трубна циліндрична різь використовується в з'єднаннях труб, де необхідна герметичність. Профіль різі – рівнобедрений трикутник з кутом при вершині – 55° (Рис. 8.10). Профіль та основні розміри різі встановлені ГОСТ 6357-81. Для трубної циліндричної різі встановлено два класи точності А і В.

Умовне позначення трубної циліндричної різі складається з літери G , розміру різі в дюймах і класу точності діаметра. Для лівої різі, як завжди позначення доповнюється літерами LH .

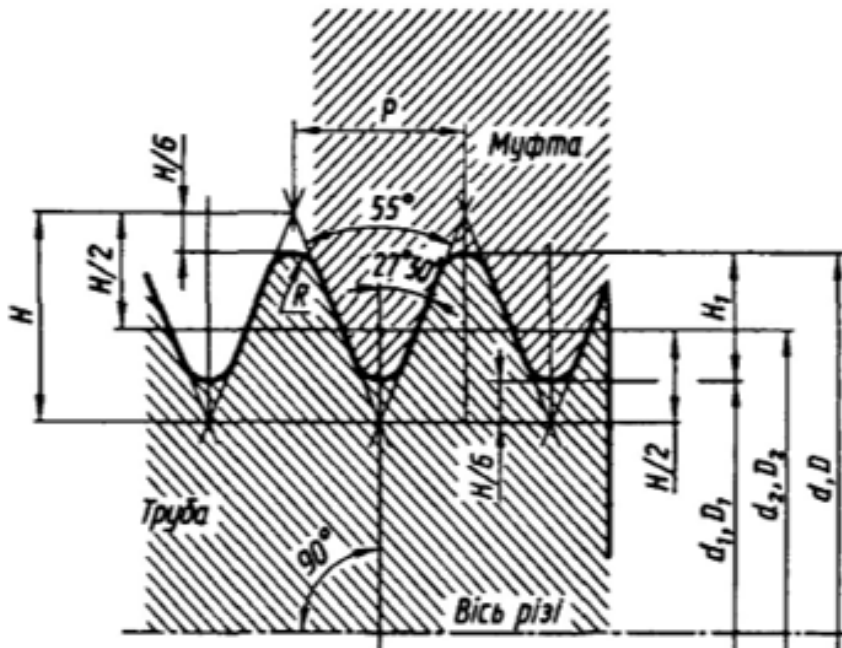


Рисунок 8.10 – Трубна різь

Приклади умовного позначення:

* трубна циліндрична різь $1\frac{3}{4}''$, класу точності А – $G 1\frac{3}{4}-A$;

* трубна циліндрична різь $1\frac{1}{2}''$, ліва, класу точності В – $G 1\frac{1}{2} LH-B$.

Посадка позначається відношенням, чисельником якого є клас точності внутрішньої різі, а знаменником – клас точності зовнішньої різі: $G 1\frac{3}{4} - A/A$; $G 1\frac{3}{4} LH-A/B$.

З'єднання внутрішньої трубної циліндричної різі класу точності А за ГОСТ 6357-81 з зовнішньою трубною конічною різзю за ГОСТ 6211-81 позначається так: $G/R 1\frac{3}{4}-A$ або $G/R 1\frac{3}{4}-A$.

Приклади умовного позначення трубної циліндричної різі на кресленіку наведені на рисунку 8.11.

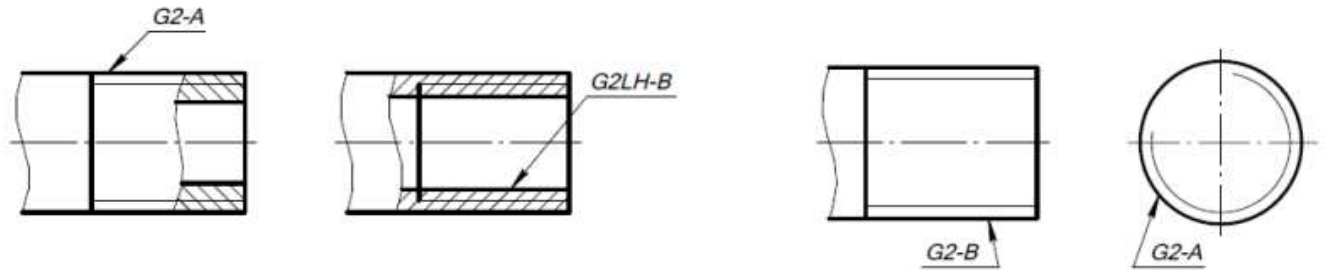


Рисунок 8.11 - Трубна циліндрична різь

Трубна конічна різь застосовується у випадках, коли потрібна підвищена герметичність з'єднання труб при великих тисках рідини або газу і використовується в конічних нарізних з'єднаннях. Трубна конічна різь має конусність 1:16 і використовується в конічних нарізних з'єднаннях, а також для з'єднання зовнішньої конічної різі з внутрішньою циліндричною. Профіль та основні розміри різі відповідають ДСТУ ГОСТ 26350:2008 (ГОСТ 6211-81).

Умовне позначення різі складається з літер R (для конічної зовнішньої різі), R_c (для конічної внутрішньої різі), R_p (для циліндричної внутрішньої різі) та з позначення розміру різі. Позначення лівої різі доповнюється літерами LH .

Приклади умовного позначення трубної конічної різі на кресленіку наведені на риунку. 8.12.



Рисунок 8.12 - Трубна конічна різь

Трапецеїдальна різь належить до ходових різей. Головне призначення її – передавання переміщення у прямому і зворотному напрямках та передавання зусиль уздовж осі. Різь виконують одно- та багатозахідною. Основний профіль, спільний для зовнішньої і внутрішньої різей, та розміри його елементів (Рис. 8.13) встановлені ГОСТ 9484-81.

Прийнято такі позначення розмірів: d – зовнішній діаметр зовнішньої різі (гвинта); D – зовнішній діаметр внутрішньої різі (гайки); d_2 , D_2 – середні діаметри відповідно зовнішньої та внутрішньої різей; d_1 , D_1 – внутрішні діаметри відповідно зовнішньої та внутрішньої різей; P – крок різі; H – робоча висота вихідного трикутника; H – робоча висота профілю.

Трапецеїдальна однозахідна різь використовується діаметрів 8...640 мм. Основні розміри її для цих діаметрів встановлює ГОСТ 24737-81, а номінальні діаметри та кроки регламентує ГОСТ 24738-81. Умовне позначення однозахідної трапецеїдальної різі складається з літер *Tr*, номінального діаметра кроку різі та позначення поля допуску середнього діаметра (цифри, яка означає ступінь точності, і літери, що означає основне відхилення).

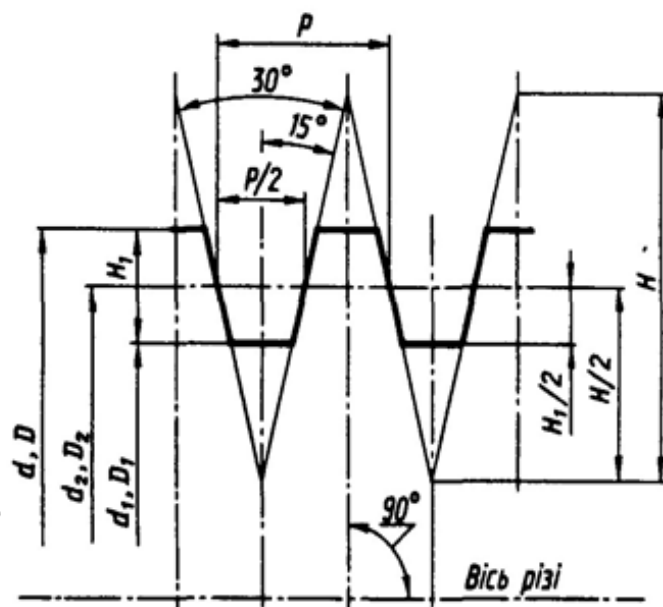


Рисунок 8.13 - Трапецеїдальна різь

Приклади умовного позначення трапецеїдальної різі на кресленнику наведено на рисунку 8.14.

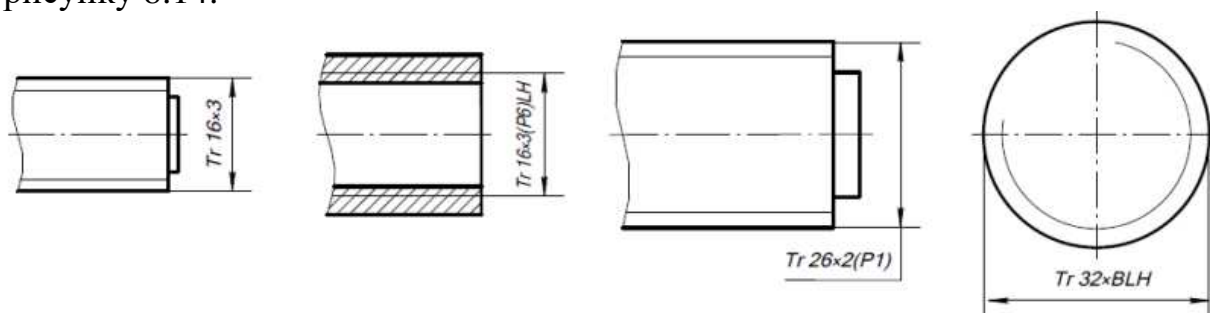


Рисунок 8.14 - Трапецеїдальна різь

Приклади умовного позначення:

- трапецеїдальна однозахідна зовнішня різь діаметром 50 мм і кроком 8 мм – *Tr50x8-7e*;
- різь із тими самими параметрами, внутрішня – *Tr50x8-7H*;
- різь із тими самими параметрами нарізного з'єднання – *Tr50x8-7H/7e*.

Номінальні діаметри, кроки, ходи та допуски трапецеїдальної багатозахідної різі встановлює ГОСТ 24739-81, а її профіль ГОСТ 9484-81.

До умовного позначення трапецеїдальної багатозахідної різі входять: літери *Tr*, номінальний діаметр, значення ходу, в дужках – літера *P* зі значенням кроку,

літери LH – для лівої різі. Наприклад, $Tr20 \times 8(P4)$ – трапецеїдальна багатозахідна різь номінального діаметра 20 мм з ходом 8 мм і кроком 4 мм. Ліва різь із тими самими параметрами: $Tr20 \times 8(P4)LH$.

Упорна різь належить до ходових різей і її застосовують у випадках, коли потрібно передавати осьове навантаження в один бік. Профіль і основні розміри упорної різі встановлює ГОСТ 10177-82.

Прийнято такі позначення елементів цього виду різі: d, D – зовнішні діаметри відповідно зовнішньої різі (гвинт) і внутрішньої (гайка); d_2, D_2 – середні діаметри відповідно зовнішньої та внутрішньої різей; D_1 – внутрішній діаметр внутрішньої різі; P – крок різі; H – висота вихідного трикутника; H_1 – робоча висота профілю; d_3 – внутрішній діаметр зовнішньої різі; h_3 – висота профілю зовнішньої різі; a_c – проміжок на вершині різі; R – радіус скруглення в западині зовнішньої різі (Рис. 8.15).

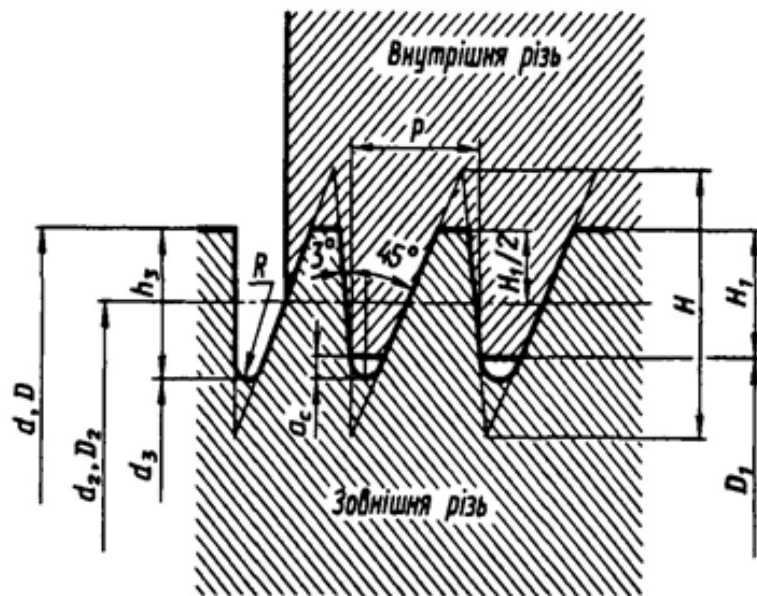


Рисунок 8.15 – Упорна різь

Приклади умовного позначення упорної різі на кресленнику наведено на рисунку 8.16.

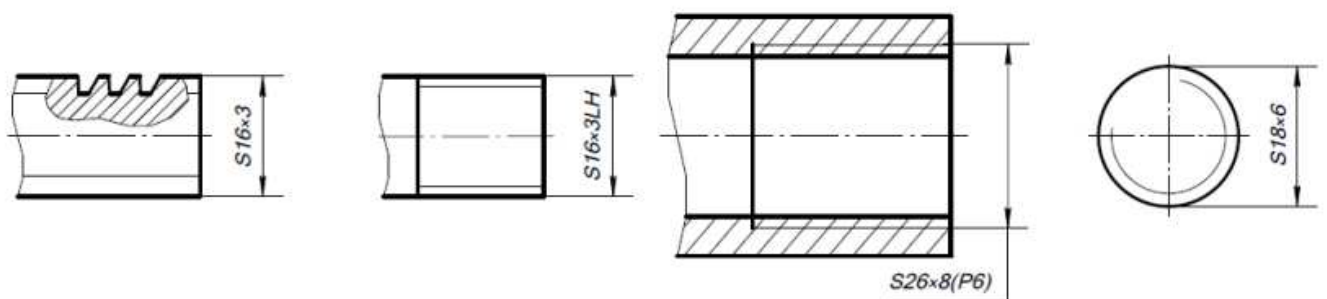


Рисунок 8.16 - Упорна різь

Умовне позначення упорної різі складається з літери S , номінального діаметра і значення кроку: $S50 \times 8$. Для лівої різі після умовного позначення розміру ставлять літери LH : $S50 \times 8LH$. До умовного позначення багатозахідної упорної різі

додаються значення ходу i в дужках – літера P та значення кроку. Наприклад, $S50 \times 20(P10)$ – двозахідна різь із кроком 8 мм і ходом 20 мм. Ліва різь із тими самими параметрами позначається $S50 \times 20(P10)LH$.

Прямокутна різь з нестандартним профілем зображується, як показано на рисунку 8.1, е, з нанесенням всіх розмірів, необхідних для виготовлення різі (форма профілю, зовнішні і профільні діаметри, крок). Додаткову інформацію – кількість заходів, напрямок різі і т.п. – зображують на поличці лінії-виноски як напис з додаванням слова «різь».

Приклади умовного позначення прямокутної різі на кресленіку наведено на рисунку 8.17.

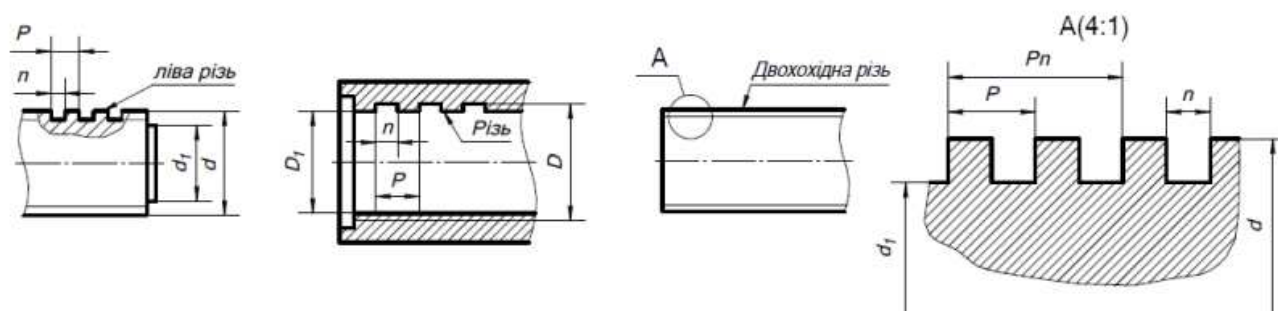


Рисунок 8.17 - Прямокутна різь

Кругла різь для санітарно-технічної арматури характеризується профілем, основними розмірами та допусками, які встановлюються ГОСТ 13536-68. Різь призначена для шпинделів, вентилів, змішувачів і туалетних кранів (ГОСТ 19681-83), а також водопровідних кранів (ГОСТ 20275-74). Умовне позначення круглої різі складається з літер Kp , номінального діаметра, позначення кроку і позначення стандарту: $Kp12 \times 2,54$ ГОСТ 13536-68.

Загалом, **дюймова різь** використовується переважно для створення з'єднань труб: її наносять як на самі труби, так і на металеві та пластикові фітинги, необхідні для монтажу трубних магістралей різного призначення.

4 Зображення різі на кресленіку

Правила зображення різі та нанесення її позначень на кресленіках встановлене ГОСТ 2311-68 (рис. 8.9 – рис. 8.17). Незалежно від профілю, різі зображують умовно.

Різь на стрижні зображують суцільними основними лініями по її зовнішньому діаметру й суцільними тонкими – по внутрішньому (рис 8.18, а). Різі в отворі показують основними лініями по її внутрішньому діаметру і суцільними тонкими – по зовнішньому (рис. 8.18, б).

На видах, паралельних вісі стрижня, суцільну тонку лінію проводять на всю довжину різі до твірної конічної фаски. На видах перпендикулярно до вісі стрижня по внутрішньому діаметру суцільною тонкою лінією проводять розімкнену в будь-якому місці дугу, яка приблизно дорівнює $\frac{3}{4}$ кола (рис. 8.18, а, б)

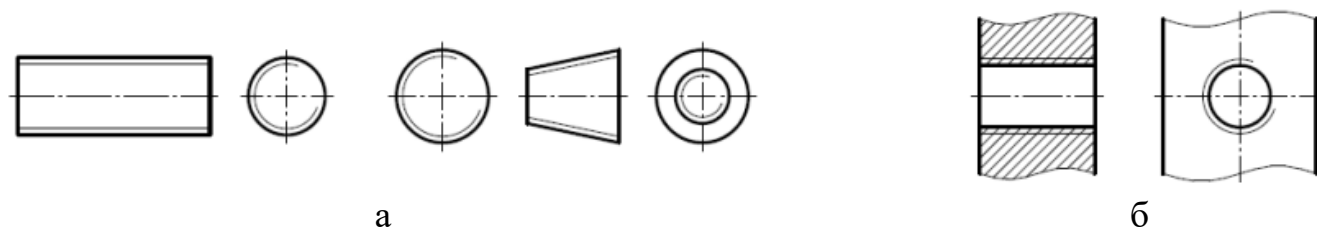


Рисунок 8.18 - Зображення різі на кресленіку

Невидиму різь на кресленіку зображують штриховою лінією однакової товщини по зовнішньому і внутрішньому діаметрам (рис. 8.19, а). Межу різі показують по лінії зовнішнього діаметра і зображують суцільною основною лінією (рис. 8.19, б).

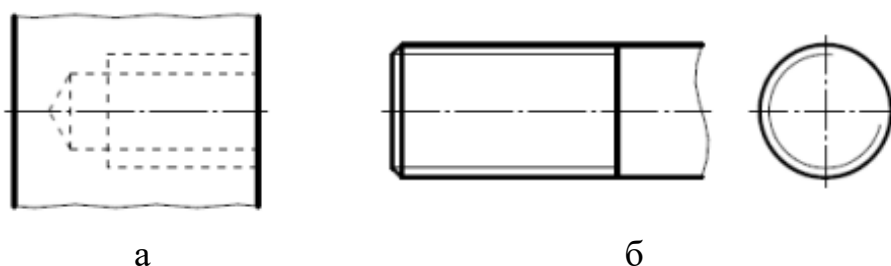


Рисунок 8.19 - Зображення невидимої різі на кресленіку

Штрихування в розрізах і перерізах проводять до суцільної основної лінії, тобто до лінії зовнішнього діаметра різі на стрижні і внутрішнього діаметра в отворі (рис. 8.20).

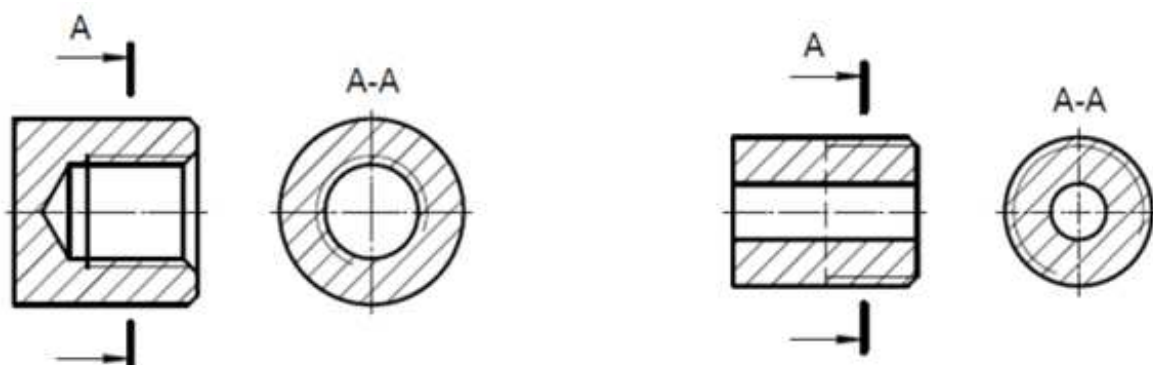


Рисунок 8.20 - Штрихування різі в розрізах

Проточування. Коли нарізують різь, на стрижні і в отворі виконують спеціальний технологічний елемент, потрібний для виходу різьонарізного інструмента – проточування (кільцеву канавку на стрижні або кільцеву виточку в отворі) (рис. 8.21). Часто різь нарізується на токарних або револьверних верстаках за допомогою різця, заточеного відповідно з профілем нарізної різі (рис. 8.21, а). До нарізки різі виконують зовнішні (рис. 8.21, б) і внутрішні проточування (рис. 8.21, в) для виходу інструмента. Форму і розміри зовнішнього і внутрішнього проточування залежно від крока встановлює ГОСТ 10549-80.

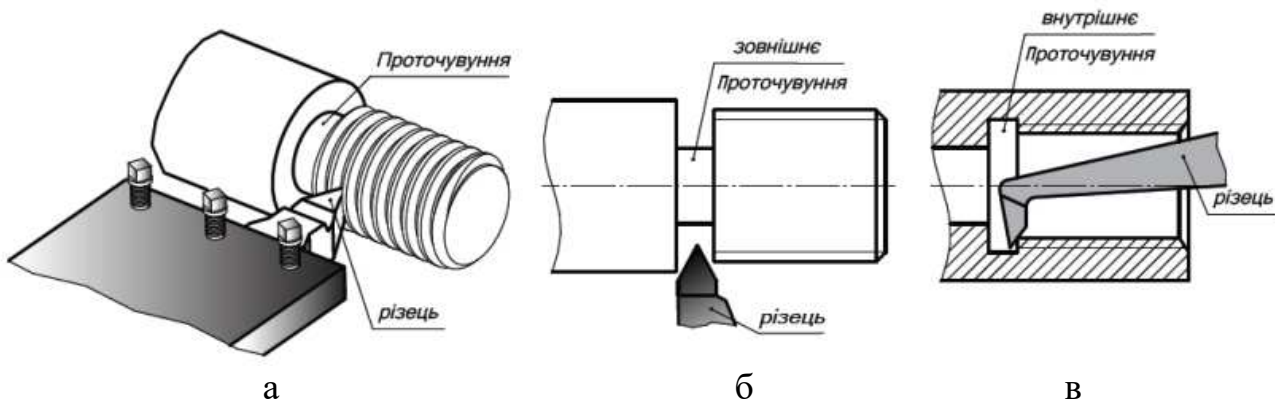


Рисунок 8.21 – Проточування

Розміри проточування наносять на виносних елементах, як показано на рисунку 8.22.

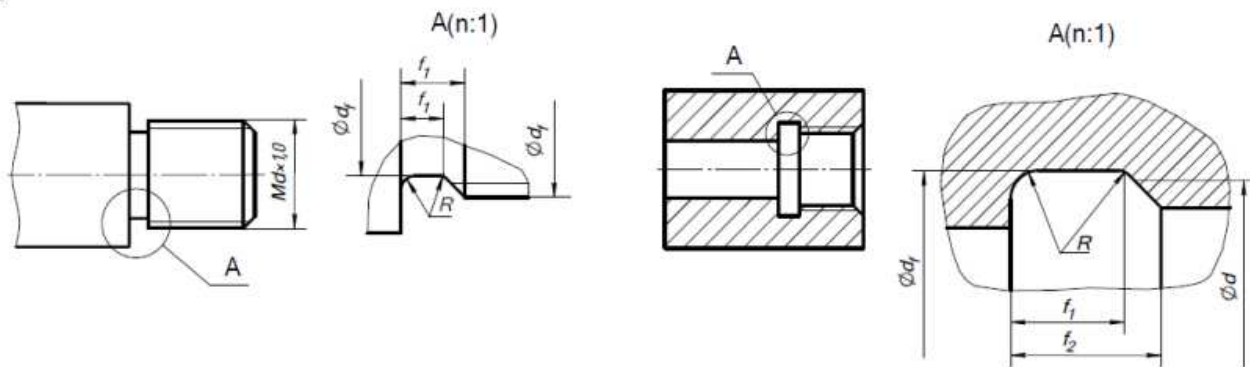


Рисунок 8.22 - Розміри проточування на виносних елементах

На рис. 8.23 зображено приклад проточування для зовнішньої і внутрішньої метричної різі

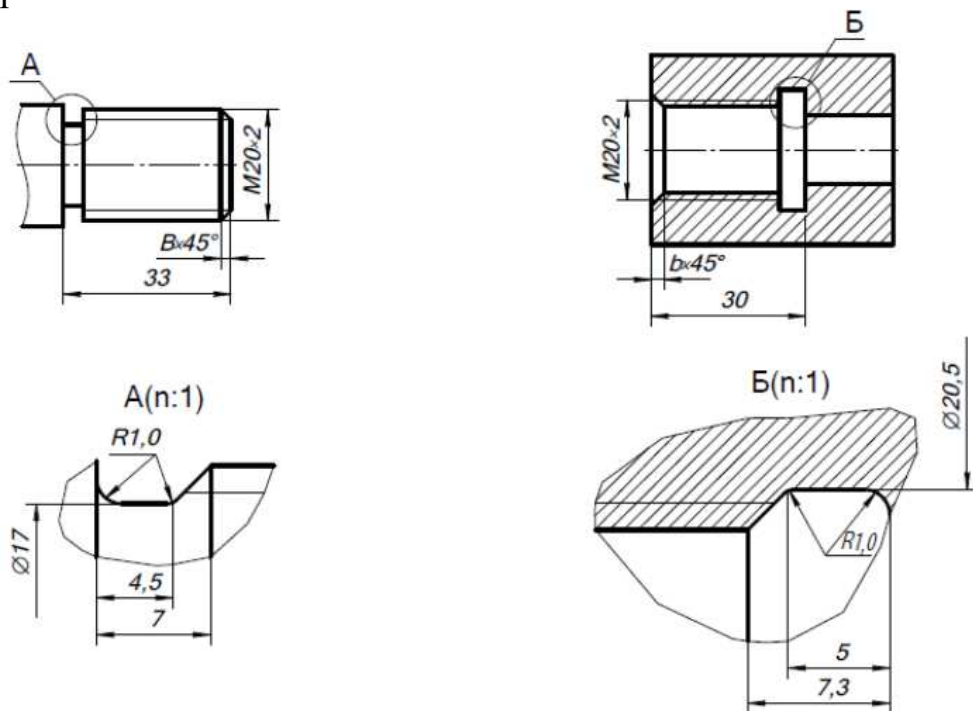


Рисунок 8.23 - Приклад проточування для зовнішньої і внутрішньої метричної різі

Розміри проточування для зовнішньої метричної різі наведені в табл. 8.2, для внутрішньої метричної різі – табл. 8.3.

Таблиця 8. - Розміри проточок і фасок зовнішньої метричної різі

Крок різби Р	Тип 1						Тип 2		D _f	Фаска z	
	Проточка									Тип 1	Тип 2
	Нормальна			вузька			f	R ₂			
f	R	R ₁	f	R	R ₁	f	R ₂		Тип 1	Тип 2	
0,4	1,0	0,3	0,2	-	-	-	-	-	d-0,6	0,3	-
0,45	1,0	0,3	0,2	-	-	-	-	-	d-0,7	0,3	-
0,5	1,6	0,5	0,3	1,0	0,3	D?	-	-	d-0,8	0,5	-
0,6	1,6	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2	-	-	d-0,9	0,5	-
0,7	2,0	0,5	0,3	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,0	0,5	-
0,75	2,0	0,5	0,3	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,2	1,0	-
0,8	3,0	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,2	1,0	-
1,0	3,0	1,0	0,5	2,0	1,0	0,5	3,6	2,0	d-1,5	1,0	2,0
1,25	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	4,4	2,5	d-1,8	1,6	2,5
1,5	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	4,6	2,5	d-2,2	1,6	3,0
1,75	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5,4	3,0	d-2,5	1,6	3,5
2,0	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	5,6	3,0	d-3,0	2,0	3,5
2,5	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	7,3	4,0	d-3,5	2,5	5,0
3,0	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	7,6	4,0	d-4,5	2,5	6,5
3,5	8,0	2,0	1,0	5,0	1,6	0,5	10,2	5,5	d-5,0	2,5	7,5
4,0	8,0	2,0	1,0	5,0	1,6	0,5	10,3	5,5	d-6,0	3,0	8,0

Таблиця 8.3 - Розміри проточок і фасок внутрішньої метричної різі, мм

Крок різби Р	Тип 1						Тип 2		df	Фаска c	
	Проточка									Тип 1	Тип 2
	нормальна			вузька			f	R ₂			
f	R	R ₁	f	R	R ₁	f	R ₂		Тип 1	Тип 2	
0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
0,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
0,5	2	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2	-	-	d+0,3	0,5	-
0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
0,75	3,0	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3	-	-	d+0,4	1,0	-
0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-
1,0	4,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	d+0,5	1,0	2,0
1,25	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	4,5	2,5	d+0,5	1,0	2,0
1,5	6,0	1,6	1,0	3,0	1,0	0,5	5,4	3,0	d+0,7	1,6	2,5
1,75	7,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	6,2	3,5	d+0,7	1,6	3,0
2,0	8,0	2,0	1,0	4,0	1,0	0,5	6,5	3,5	d+1,0	2,0	3,0
2,5	10,0	3,0	1,0	5,0	1,6	0,5	8,9	5,0	d+1,0	2,5	4,0
3,0	10,0	3,0	1,0	6,0	1,6	1,0	11,4	6,5	d+1,2	2,5	4,0
3,5	10,0	3,0	1,0	7,0	1,6	1,0	13,1	7,5	d+1,2	3,0	5,5
4,0	12,0	3,0	1,0	8,0	2,0	1,0	4,3	8,0	d+1,5	3,0	5,5

Фаска – зрізаний кут торця стрижня, отвору або ребра деталі. Фаски забезпечують більш зручне і швидке з'єднання деталей при їх складанні. На нарізних деталях фаски запобігають нарізку від пошкоджень. Розміри фасок нарізних стрижнів і отворів стандартизовано ГОСТ 10948-80 (Рис. 8.24).

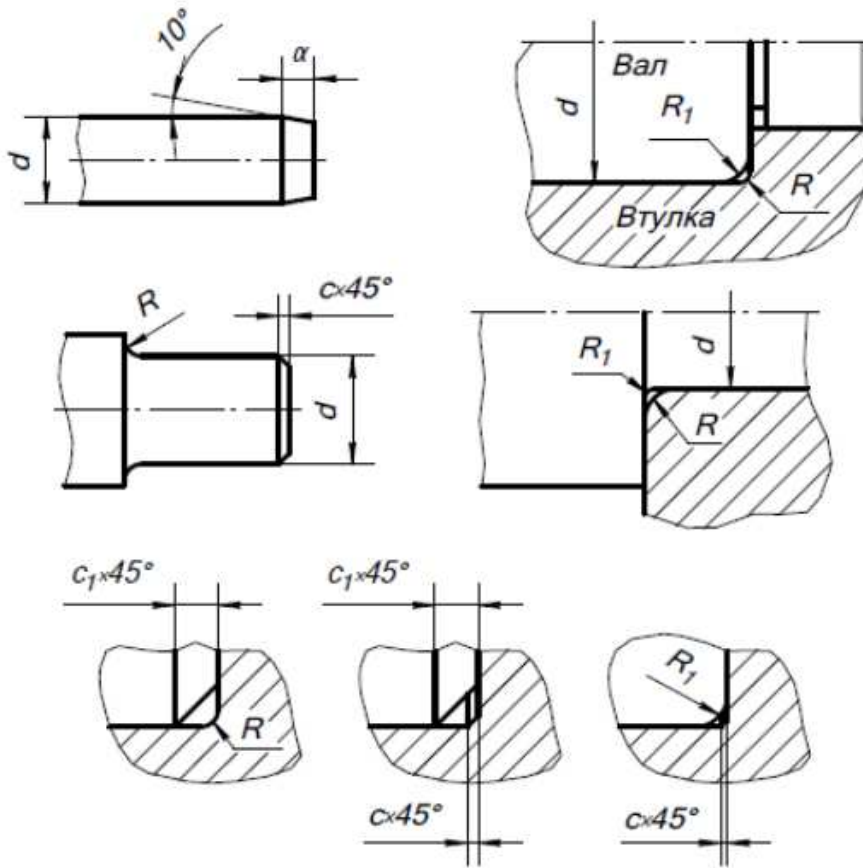


Рисунок 8.24 – Зображення фаски

Квадрат – умовна назва елемента у вигляді виступу або стрижня, що має квадратний поперечний переріз. Квадрат служить для захвату деталі ключем для придання їй обертального руху. Зображення квадрата супроводжується перерізом площиною перпендикулярною вісі конструкції (рис. 8.25).

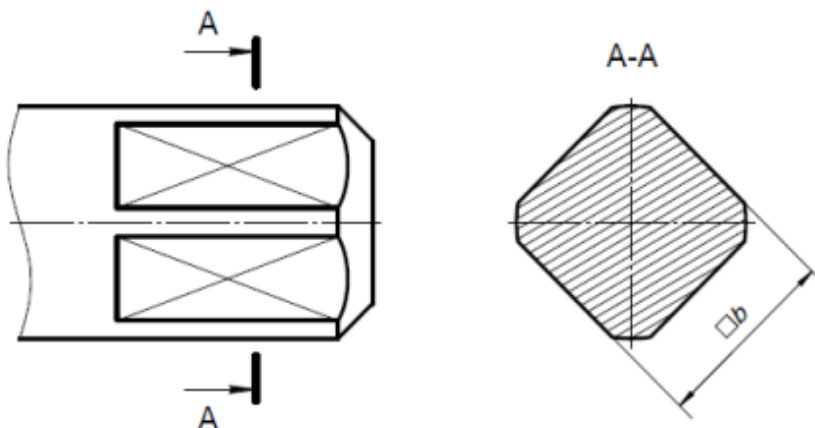


Рисунок 8.25 – Зображення елемента, що має квадратний поперечний переріз

Шпонковий паз - виїмка або отвір продовгуватої форми, яка виконується вздовж вісі деталі. Пази для шпонок стандартизовано ГОСТ 23360-78 (Рис. 8.26).

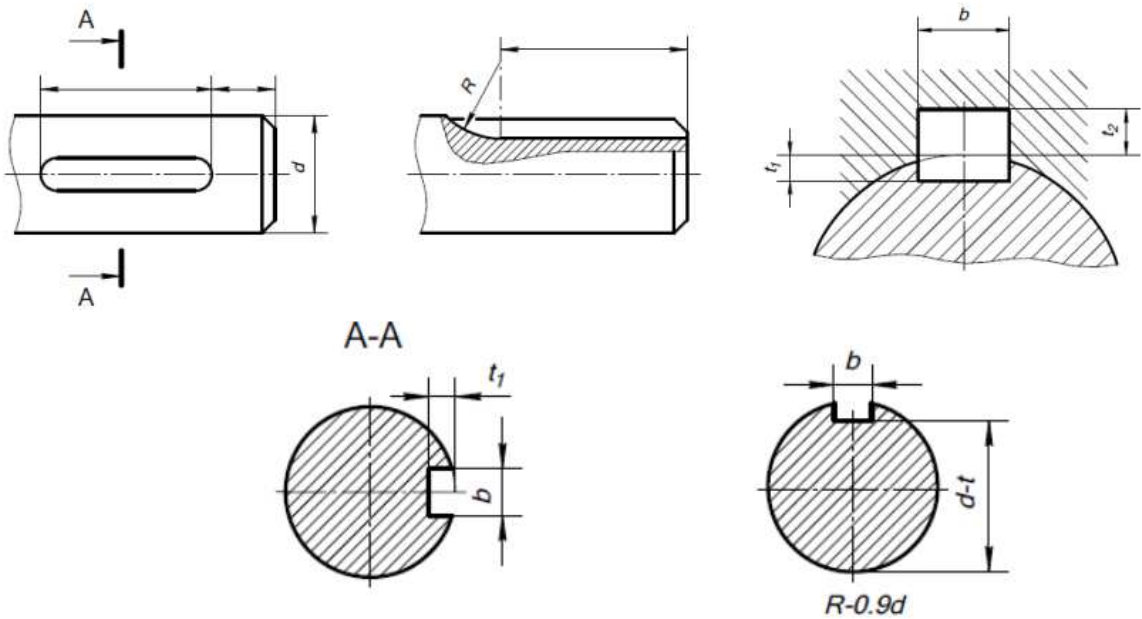


Рисунок 8.26 – Зображення шпонкового паза

Контрольні питання

1. Які різі розрізняють за характером поверхні?
2. Як на кресленику умовно зображають зовнішню різь?
3. Як на кресленику умовно зображають внутрішню різь?
4. Що називають кроком різі?
5. Від якого діаметра проводять виносні лінії для позначення різі?
6. В чому різниця позначень метричної різі з крупним і дрібним кроком?
7. Які з'єднання відносяться до різних? Які Ви знаєте стандартні різьби? Як їх умовно позначають?
8. Як на кресленику зображується різь на стрижні? в отворі? в з'єднанні стрижня з отвором?
9. Як позначаються різі на креслениках?

ТЕМА 9 НАРІЗНІ З'ЄДНАННЯ

Зміст теми:

1. Загальні відомості
2. Умовні позначення кріпильних деталей
3. Конструкція та розміри елементів кріпильних нарізних виробів
 - 3.1. Болти
 - 3.2. Шпильки
 - 3.3. Гайки
 - 3.4. Гвинти
 - 3.5. Шайби
4. Болтове з'єднання
5. Шпилькове з'єднання
6. Гвинтове з'єднання
7. Трубне з'єднання.

1 Загальні відомості

Нарізні з'єднання – це з'єднання, які забезпечують відносну нерухомість з'єднаних деталей за допомогою різі. У машинобудуванні надзвичайно поширені нарізні з'єднання за допомогою стандартних кріпильних деталей, таких як болти, гвинти, шпильки, гайки тощо (рис. 9.1).

Розрізняють конструктивне, спрощене та умовне зображення кріпильних деталей та їхніх з'єднань.

При конструктивному зображенні розміри кріпильних деталей та елементів вибирають і креслять за відповідними стандартами. У разі спрощеного зображення використовують коефіцієнти, які встановлюють залежність розмірів елементів кріпильних деталей від діаметра різі. Умовне зображення використовують тоді, коли діаметр стрижня кріпильної деталі на кресленнику $d \leq 2$ мм. На складальних кресленнях спрощені та умовні зображення кріпильних деталей мають відповідати ГОСТ 2315-68.

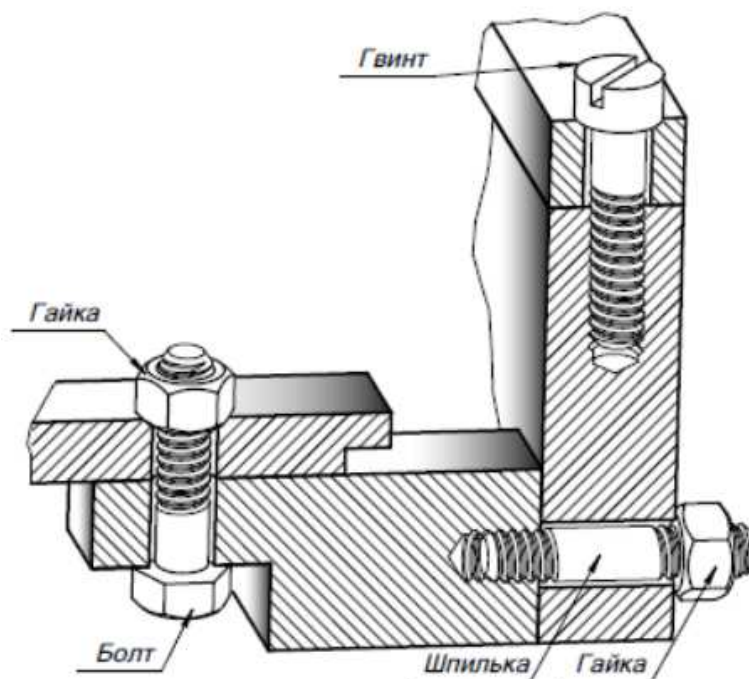


Рисунок 9.1 - Нарізні з'єднання

ГОСТ 1759.0-87 встановлює вимоги до механічних властивостей кріпильних виробів, види й умовні позначення покриттів для них, маркування, пакування виробів та їх умовні позначення.

Точність кріпильних виробів може бути грубою (клас С), нормальною (клас В) і підвищеною (клас А). Випускають кріпильні вироби без покриття або з покриттям. Товщину покриття для певного виду матеріалу вибирають за ГОСТ 9.303-84.

2 Умовні позначення кріпильних деталей

Згідно з ГОСТ 1759.0-87, повні умовні позначення болтів, гвинтів і шпильок з вуглецевих сталей класів міцності 4...8 і 04 та кріпильних виробів з кольорових металів даються за схемою:

Болт А2М20х1.5-ЛН-6gх60.58.С.029 ГОСТ...,

Де А-клас точності; 2-виконання; М20-діаметр різі, мм; 1.5-малий крок різі, мм; ЛН-напрям різі; 6g-поле допуску різі; 60-довжина болта, мм; 58-клас міцності (крапку між цифрами не ставлять) або група; С-вказівка про застосування спокійної сталі; 02-цифрове позначення виду покриття; 9-товщина покриття, мкм; ГОСТ...– номер стандарту на конструкцію та розміри деталі.

В умовному позначенні не зазначають виконання 1, великий крок різі, праву різь, відсутність покриття, параметри, які однозначно визначаються стандартами на конкретні кріпильні вироби, а також клас точності В, якщо стандартом на конкретні кріпильні вироби передбачені два класи точності (А і В). Позначаючи виріб виготовлений з автоматної сталі, після цифри, яка означає клас міцності, ставлять літеру А.

Якщо стандартом на конкретні кріпильні вироби передбачаються три класи точності, то в умовному позначенні перед виконанням потрібно ставити відповідну літеру (А-підвищений клас точності, В-нормальний, С-грубий). На болти, шпильки та гайки з діаметром різі понад 48 мм технічні вимоги встановлює ГОСТ 18126-94.

До умовних позначень болтів, шпильок і гайок з діаметром різі понад 48 мм входять такі показники: найменування деталі; клас точності; виконання (виконання 1 не показують); діаметр різі; крок різі (великий не показують); поле допуску діаметра різі; довжина болта або шпильки; група матеріалу; вказівка про використання спокійної сталі; вид покриття; товщина покриття; номер стандарту на конструкцію; розміри деталі.

3 Конструкція та розміри елементів кріпильних нарізних виробів

Основні розміри шестигранних головок болтів, гвинтів і шурупів, а також шестигранних гайок встановлює ГОСТ 24671-84.

3.1 Болти

Болт являє собою циліндричний стрижень з головкою на одному кінці і з різью-на другому. На нарізну частину болта нагвинчується гайка. Болти розрізняють: за формою та розміром головки, за формою стрижня, за кроком різі, за характером виконання (Рис. 9.2, 9.3), за точністю виготовлення.

Залежно від умов роботи та призначення головки болтів можуть мати шестигранну (Рис. 9.2, 9.3), напівкруглу (Рис. 9.2, а, в, е) та потайну (Рис. 9.3, б, г, в, е) форми. Болти з шестигранною і шестигранною зменшеною головками та шестигранною зменшеною головкою і напрямним підголовком виготовляють нормальної, підвищеної та грубої точності (класи точності – відповідно В, А, С). Вони різняться класами чистоти нарізної поверхні, циліндричного стрижня та опорної поверхні головки. На рисунку 9.2, а – болтів класу точності В (нормальна точність) і на рисунку 9.2, б – болтів класу точності С (груба точність).

Конструкція і розміри болтів визначаються державними стандартами. Наприклад, болти з шестигранною головкою:

класу точності В

(виконання 1...4).....ГОСТ 7798-70

класу точності А

(виконання 1...4).....ГОСТ 7805-70

класу точності С

(виконання 1).....ГОСТ 15589-70

Усі види болтів виготовляють з метричною різью, яку одержують нарізуванням або накатуванням.

Болти з шестигранними головками (Табл. 9.1) можуть мати різь із великим або малим кроком; при цьому для кожного діаметра стандарт передбачає лише один великий крок.

Приклади умовних позначень шестигранних болтів:

болт виконання 1, діаметр різі $d=20$ мм, довжина $L=90$ мм, з великим кроком різі, з полем допуску бg, клас міцності 5.8, без покриття –

Болт М20-6gx90.58 ГОСТ 7798-70;

болт виконання 3, діаметр різі $d=20$ мм, довжина $L=90$ мм, з малим кроком різі, з полем допуску бg, клас міцності 10.9, зі сталі 40Х, з покриттям 01 завтовшки 9 мкм –

Болт 3М20x1.5-6gx90.109.40Х.019 ГОСТ 7798-78

В інженерній практиці використовуються також спеціальні болти, наприклад, відкидні, фундаментні, рим-болти.

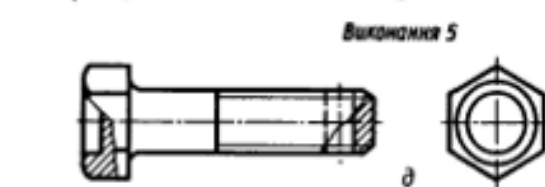
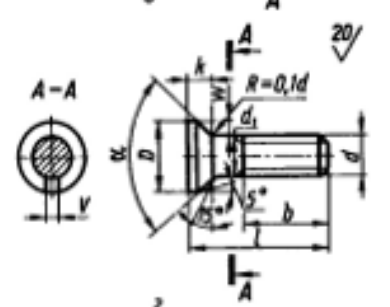
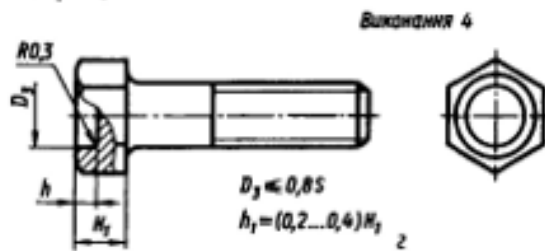
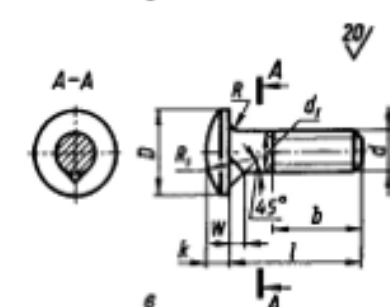
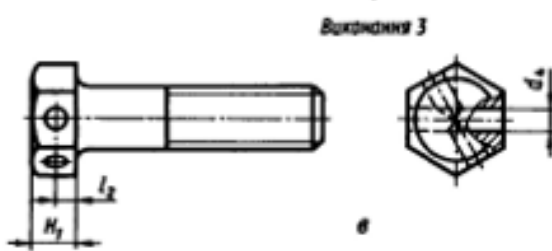
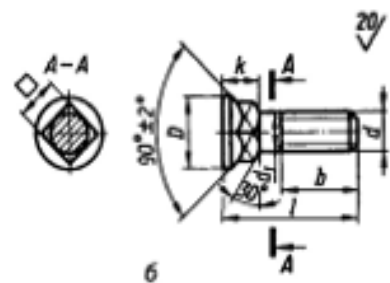
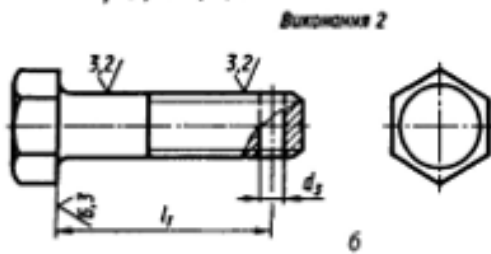
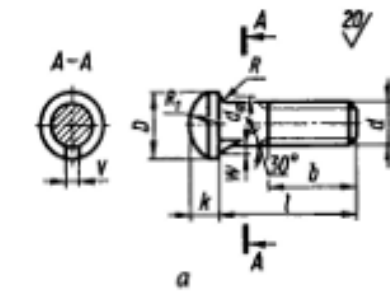
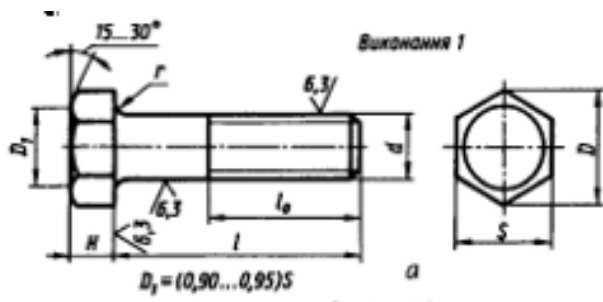


Рис. 6.18

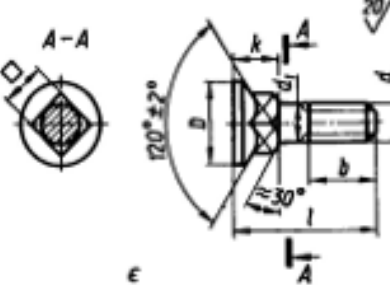
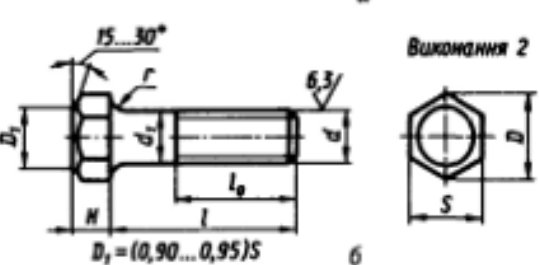
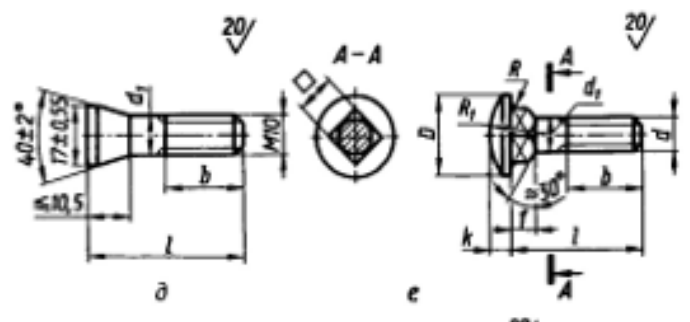
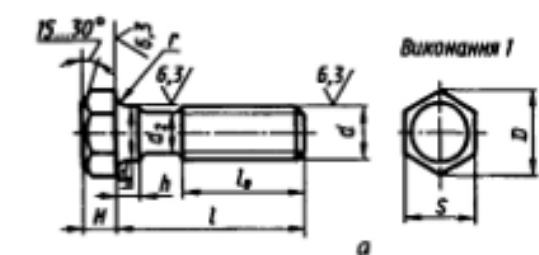


Рисунок 9.2

Рисунок 9.3

Таблиця 9.1 - Основні розміри болтів з шестигранною головкою (ГОСТ 7798-70), мм

d	S	H	D	r	l_0	l
6	10	4	10,9	0,25-0,6	18	8-90
8	13	5,5	14,2	0,4-1,1	22	8-100
10	17	7	18,7		26	10-150
12	19	8	20,9	0,6-1,6	30	14-150
14	22	9	23,9		40	16-150
16	24	10	26,2		38	20-150
18	27	12	29,6	0,8-2,2	42	23-150
20	30	13	33,3		46	25-150
22	32	14	35		54	30-150
24	36	15	39,6			35-150
27	41	17	45,2	1,0-2,7	65	35-150
30	46	19	50,9		66	40-150

Примітки: Довжину болтів l вибирають із такого ряду: 8; 10; 12; 14; 16; [20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150]
 (20 - 75) із закінченням на 0 і 5
 (80 - 150) із закінченням на 0.

3.2 Шпильки

Нарізну деталь, яка являє собою циліндричний стрижень з різьєю на обох кінцях, називають шпилькою. Шпильки випускають класів точності А і В у двох виконаннях. Діаметр стрижня шпильок виконання 2 приблизно дорівнює середньому діаметрові різі.

Умовні позначення елементів шпильок (рис. 9.4, табл. 9.2): d – номінальний діаметр різі; P – крок різі; d_1 – діаметр стрижня; l – довжина шпильки; l_1 – довжина загвинчуваного нарізного кінця; l_0 – довжина різі гайкового кінця. Довжина l_1 залежить від матеріалу тієї деталі, в яку загвинчують шпильку. Для твердих матеріалів l_1 дорівнює d і $1.25d$, для м'яких – $1.6d, 2d, 2.5d$.

Конструкції і розміри шпильок визначаються стандартами:

З загвинчуванним кінцем завдовжки d :

класу точності В.....ГОСТ 22032-76

те саме, А.....ГОСТ 22033-76

З загвинчуванним кінцем завдовжки $1.25 d$:

класу точності В.....ГОСТ 22034-76

те саме, А.....ГОСТ 22035-76

З загвинчуванним кінцем завдовжки $1.6 d$:

класу точності В.....ГОСТ 22036-76

те саме, А.....ГОСТ 22037-76

З загвинчуванним кінцем завдовжки $2 d$:

класу точності В.....ГОСТ 22038-76

те саме, А.....ГОСТ 22039-76
 З загвинчуваним кінцем завдовжки 2.5 d:
 класу точності В.....ГОСТ 22040-76
 те саме, А.....ГОСТ 22041-76
 Для деталей з гладкими отворами :
 класу точності В.....ГОСТ 22042-76
 те саме, А.....ГОСТ 22043-76
 Шпильки за ГОСТ 22032-76...ГОСТ 22041-76 виготовляють з номінальним діаметром різі 2...48 мм : з великим кроком різі на гайковому та загвинчуваному кінцях; з малим кроком різі на загвинчуваному кінці і великим на гайковому; з великим кроком різі на загвинчуваному кінці і малим на гайковому.

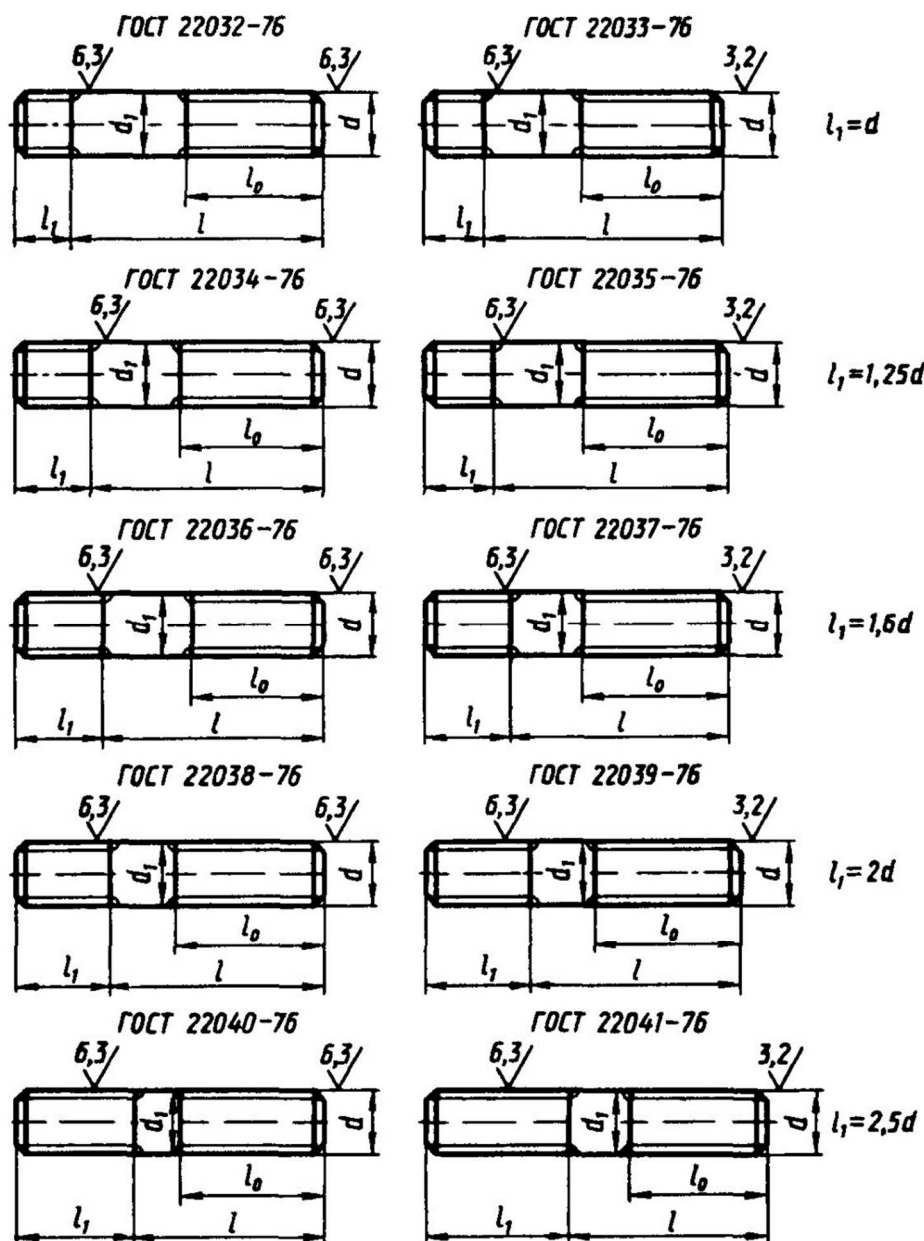


Рисунок 9.4 - Шпильки

Таблиця 9.2 - Основні розміри шпильок (ГОСТ 22032-76...ГОСТ 22041-76),

мм

d	P		d_1	$l_1 = d$	$l_1 = 1,25d$	$l_1 = 1,6d$	$l_1 = 2d$	$l_1 = 2,5d$
	великий	малий						
2	0,4	-	2	3	3	3,2	4	5
2,5	0,45	-	2,5	3	4	4	5	6
3	0,5	-	3	3	4	5	6	7,5
4	0,7	-	4	4	5	6,5	8	10
5	0,8	-	5	5	6,5	8	10	12
6	1	-	6	6	7,5	10	12	16
8	1,25	1	8	8	10	14	16	20
10	1,5	1,25	10	10	12	16	20	25
12	1,75	1,25	12	12	15	20	24	30
(14)	2	1,5	14	14	18	22	28	35
16	2	1,5	16	16	20	25	32	40
(18)	2,5	1,5	18	18	22	28	36	45
20	2,5	1,5	20	20	25	32	40	50
(22)	2,5	1,5	22	22	28	35	44	55
24	3	2	24	24	30	38	48	60
(27)	3	2	27	27	35	42	54	68
30	3,5	2	30	30	38	48	60	75
36	4	3	36	36	45	56	72	88
42	4,5	3	42	42	52	68	84	105
48	5	3	48	48	60	76	95	120

Примітки: 1. Довжину шпильок l вибирають із такого ряду: 10; 12; 14; 16; (18); 20; (22); 25; 28; 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50...120 із закінченням на 0 або 5.

2. Різь – за ГОСТ 24705-81, поле допуску різі 6g – за ГОСТ 16093-81, збіги різі – за ГОСТ 27148-86. Технічні вимоги – за ГОСТ 1759.0-87.

Приклади умовних позначень шпильок:

шпилька з загвинчуванним кінцем завдовшки d , класу точності В (ГОСТ 22032-76), виконання 1, з діаметром різі $d=20$ мм і великим кроком $P=2,5$ мм, полем допуску 6g, довжиною $l=150$ мм, класу міцності 5.8, без покриття –

Шпилька M20-6g x 150.58 ГОСТ 22032-76.

Шпилька з загвинчуванним кінцем завдовшки $2,5d$, класу точності В, виконання 1, з діаметром різі $d=20$ мм, з малим кроком $P=1,5$ мм на загвинчуваному кінці з великим кроком $P=2,5$ мм на гайковому кінці, з полем допуску різі 6g, довжиною $l=160$ мм, класу міцності 6.6 з покриттям 0,5 –

Шпилька M20 x 1.5 / 2.5-6g x 160.66.05 ГОСТ 22040-76.

Якщо окремі деталі складальної одиниці з'єднуються між собою за допомогою гвинтів або шпильок, в одній з деталей виконують наскрізний гладкий отвір. Використання болтового або заклепкового з'єднання потребує виконання наскрізних гладких отворів під елементи кріплення в обох з'єднуваних деталях. Діаметри отворів під кріпильні вироби вибирають трохи більшими від номінальних діаметрів

кріпильних деталей для забезпечення вільного складання при заданій точності. В табл. 7 наведено діаметри наскрізних отворів під кріпильні вироби відповідно до ГОСТ 11284-75.

3.3 Гайки

Гайка являє собою виріб, який має отвір з різьєю для нагвинчування на болт або шпильку. Гайки класифікують за формою поверхні, характером виконання, кроком різі та за точністю виготовлення.

За формою поверхні розрізняють гайки шестигранні, круглі, ковпачкові та гайки-баранці. Найширше використовуються шестигранні гайки, які виготовляються класів точності А, В, С (підвищеної, нормальної та грубої точності). Клас точності визначає чистоту окремих поверхонь гайки.

Шестигранні гайки (рис. 9.5, табл. 9.3) за конструкцією поділяються на звичайні, прорізні та корончасті, нормальні, низькі, високі та особливо високі.

Таблиця 9.3 - Розміри, мм, шестигранних гайок класу точності В (ГОСТ 5915-70)

Номинальний діаметр різі d	Крок різі P		S	e	d_a	d_{wmin}	h_w	m
	великий	малий						
1,6	0,35	-	3,2	3,3	1,6...1,84	2,9	0,1...0,2	1,3
2	0,4	-	4	4,2	2...2,3	3,6	0,1...0,2	1,6
2,5	0,45	-	5	5,3	2,5...2,9	4,5	0,1...0,3	2
3	0,5	-	5,5	5,9	3...3,45	5,0	0,1...0,4	2,4
(3,5)	0,6	-	6	6,4	3,5...4	5,4	0,15...0,4	2,8
4	0,7	-	7	7,5	4...4,6	6,3	0,15...0,4	3,2
5	0,8	-	8	8,6	5...5,75	7,2	0,15...0,5	4
6	1	-	10	10,9	6...6,75	9,0	0,15...0,5	5
8	1,25	1	13	14,2	8...8,75	11,7	0,15...0,6	6,5
10	1,5	1,25	17	18,7	10...10,8	15,5	0,15...0,6	8
12	1,77	1,25	19	20,9	12...13	17,2	0,15...0,6	10
(14)	2	1,5	22	23,9	14...15,1	20,1	0,15...0,6	11
16	2	1,5	24	26,2	16...17,3	22,0	0,15...0,6	13
(18)	2,5	1,5	27	29,6	18...19,4	24,8	0,15...0,6	15
20	2,5	1,5	30	33	20...21,6	27,7	0,2...0,8	16
(22)	2,5	1,5	32	35	22...23,8	29,5	0,2...0,8	18
24	3	2	36	39,6	24...25,9	33,2	0,2...0,8	19
27	3	2	41	45,2	27...29,2	38,0	0,2...0,8	22
30	3,5	2	46	50,9	30...32,4	42,7	0,2...0,8	24
36	4	3	55	60,8	36...38,9	51,1	0,2...0,8	29
42	4,5	3	65	71,3	42...45,4	59,9	0,2...0,8	34
48	5	3	75	82,6	48...51,8	69,4	0,25...0,8	38

Примітки: 1. Гайки з розмірами в дужках використовувати не рекомендується.

2. Різь – за ГОСТ 24705-81, технічні вимоги – за ГОСТ 1759-87.

За характером виконання гайки можуть бути трьох видів: виконання 1 – з двома зовнішніми кінцевими фасками, виконання 2 – з однією зовнішньою кінцевою фаскою, виконання 3 – з циліндричним або конічним виступом на одному торці і без зовнішніх фасок (Рис. 9.5).

Конструкція і розміри гайок визначаються стандартами. Наприклад:

Гайки шестигранні:

класу точності В

ГОСТ 5915-70

те саме, А

ГОСТ 5927-70

те саме, С

ГОСТ 15526-70

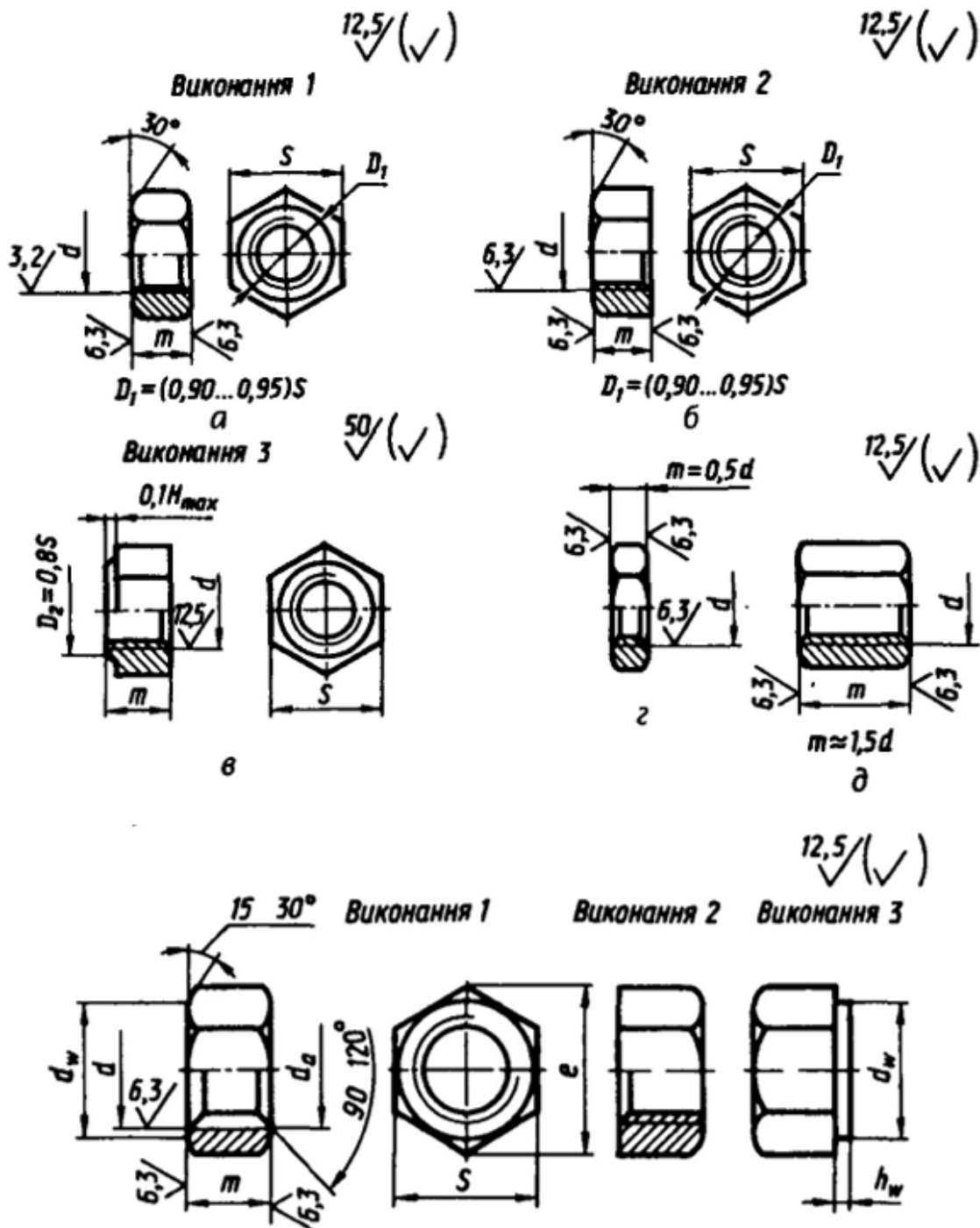


Рисунок 9.5 - Гайки

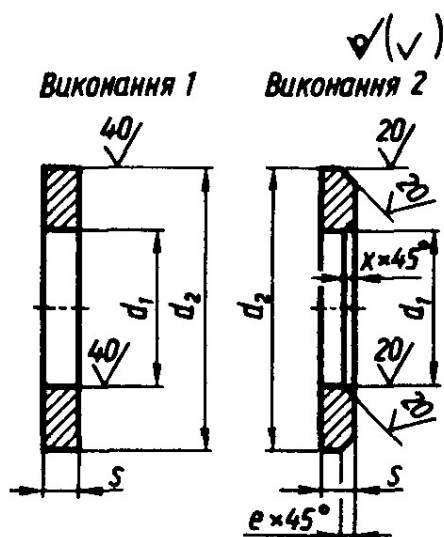


Рисунок 9.6 - Шайби

Таблиця 9.4 - Розміри, звичайних шайб (ГОСТ 11371-68) класу точності С і А, мм

Діаметр різі кріпильної деталі	d_1	d_2	S
1	1,1	3,5	0,3
1,2	1,3	4	0,3
1,4	1,5	4	0,3
1,6	1,7	4	0,3
2	2,2	5	0,3
2,5	2,7	6,5	0,5
4	4,3	9	0,8
3	3,2	7	0,5
5	5,3	10	1,0
6	6,4	12,5	1,6
8	8,4	17	1,6
10	10,5	21	2,0
12	13	24	2,5
14	15	28	2,5
16	17	30	3,0
18	19	34	3,0
20	23	37	3,0
22	23	39	3,0
24	25	44	4,0
27	28	50	4,0
30	31	56	4,0
36	37	66	5,0
42	43	78	7,0
48	50	92	8,0

4 Болтове з'єднання

Болтове з'єднання – це вузол (Рис. 9.7), який складається з болта, гайки, шайби і з'єднаних деталей. У деталях 1 і 2 (Рис. 9.7, а) просвердлюють отвір діаметром $(1,05 - 1,1) d$, де d – діаметр болтової різі. В отвір вставляють болт 3 (Рис. 9.7, б), надівають на нього шайбу 5 (Рис. 9.7, в) і нагвинчують гайку 4 (Рис. 9.7, г). На складальному кресленнику розміри деталей (болта, гайки, шайби) нарізного з'єднання, при спрощеному зображенні, визначають за прийнятим відношенням залежно від діаметра різі d .

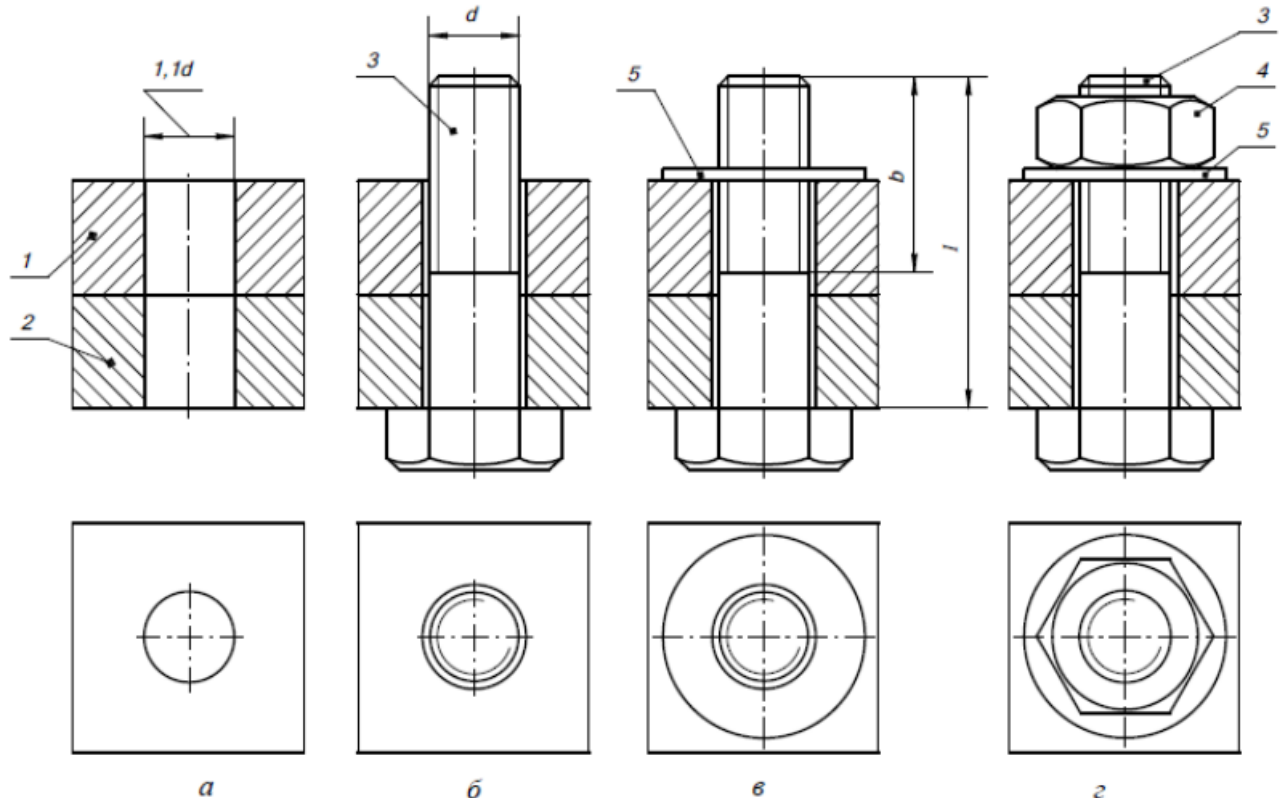


Рисунок 9.7 - Конструктивне зображення болтового з'єднання

Відмінність спрощеного зображення від конструктивного полягає в тому, що на ньому різь показують на всій довжині стрижня; на кінці стрижня болта, на його головці, гайці та шайбі не показують фаски, а між стрижнем болта і отворами скріплюваних деталей не показують проміжок (зазор). На рисунку 9.8 показане спрощене зображення болтового з'єднання.

Довжину болта визначають розрахунком:

$$l = t + n + S_{\text{шайби}} + H_{\text{гайки}} + k,$$

де k – запас різі на виході з гайки. Приймають $k = (0,3 \dots 0,5)d$;

d – діаметр болта.

Розраховану довжину болта округляють до ближчого більшого числа за відповідним стандартом (ГОСТ 7798-70).

З'єднання виконують спрощено (ГОСТ 2.315-68) за відносними розмірами:

$D = 2d$ – описуваний діаметр шестигранника головки болта і гайки;

$D_{ш} = 2,2d$ – діаметр шайби;
 $H_{гайки} = 0,8d$ – висота гайки;
 $H_{б} = 0,7d$ – висота головки болта;
 $S_{ш} = 0,15d$ – товщина шайби.

На кресленіку болтового з'єднання показують довжину болта, розмір під ключ і позначають різь.

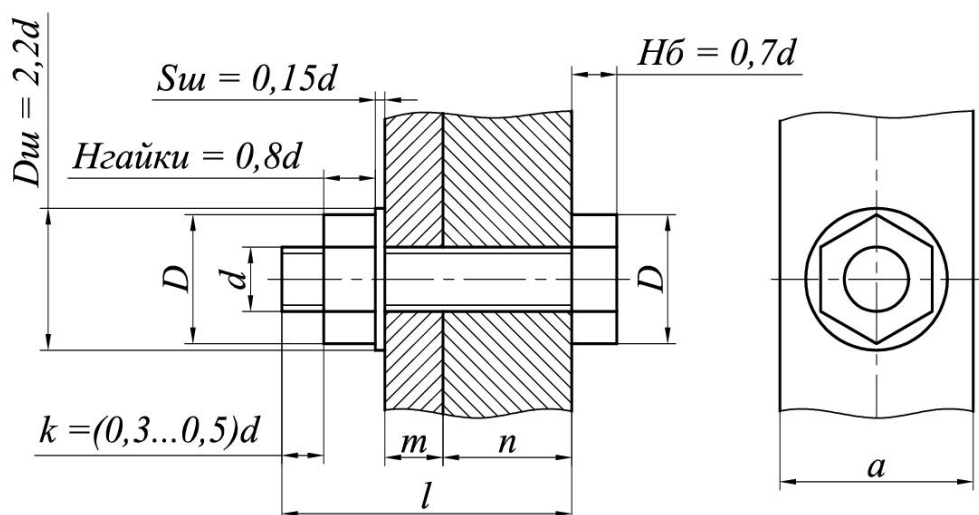


Рисунок 9.8 – Спрощене зображення болтового з'єднання

Розрахункове значення l зіставляють з рядом довжин болтів, передбачених відповідними стандартами, і беруть найближче стандартне значення. ГОСТ 7798 – 70 встановлює такий ряд довжин болтів l : 8; 10; ... ; 20; (22); 25; (28); 30; 32; 35; (38); 40; 45; 50; 60; 65; 70; 75; 80; (85); 90; (95); 100 мм і т.д.

5 Шпилькове з'єднання

З'єднання шпилькою застосовують тоді, коли одна із з'єднуваних деталей має велику товщину. Таке з'єднання виконують за допомогою шпильки, шайби та гайки.

У деталі 1 (Рис. 9.9, а) просвердлюють гніздо діаметром $0,85d$ і глибиною $1,25d + 6p$, де p – крок різі. У гнізді нарізують різь на довжині на $1,25d + 2p$ (Рис. 9.9, б). Шпильку посадочним кінцем загвинчують у гніздо (Рис. 9.9, в). У деталі 2 (Рис. 9.9, г) просвердлюють отвір діаметром $1,1d$ і надівають її на шпильку. Потім на шпильку насаджують шайбу 5 і нагвинчують гайку 4 (Рис. 9.9, д). На рисунку 9.9, д показано конструктивне зображення шпилькового з'єднання. На складальному кресленіку для спрощеного зображення (Рис. 9.10, а) розміри шпилькового з'єднання визначають залежно від діаметра різі шпильки.

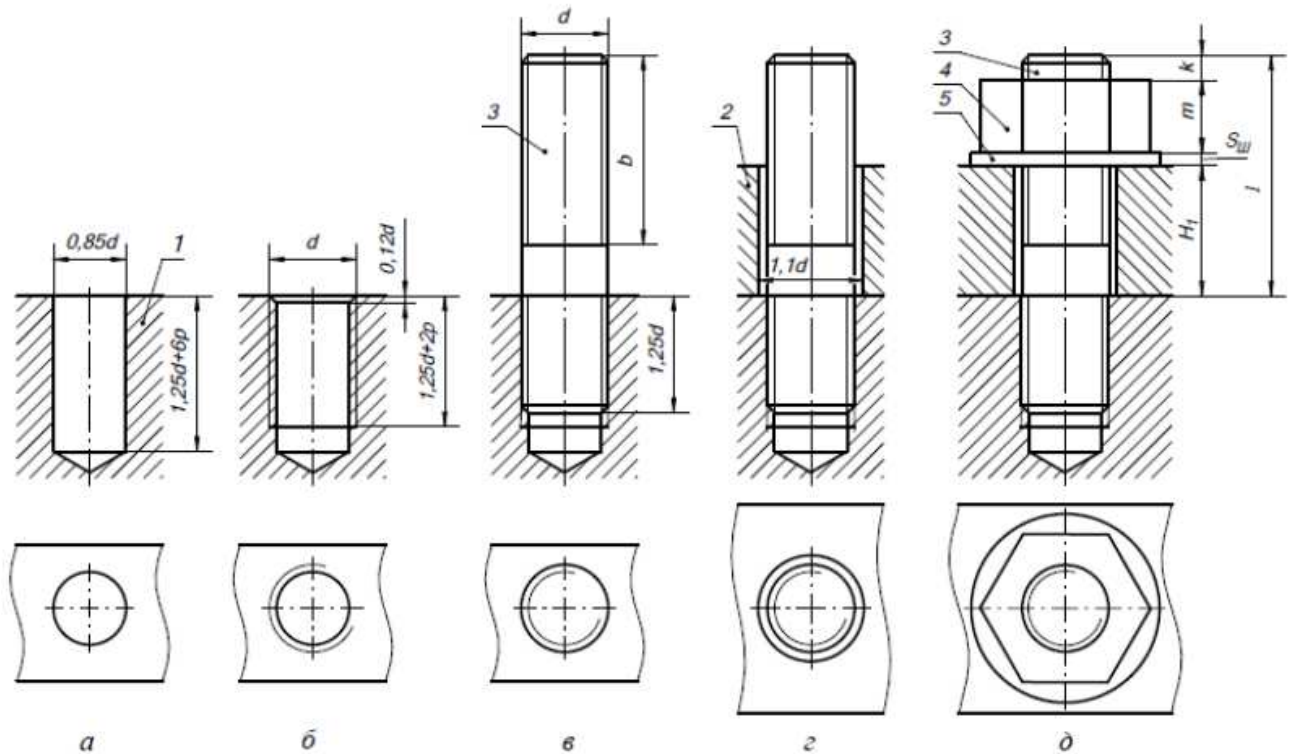


Рисунок 9.9 - Конструктивне зображення шпилькового з'єднання

На спрощеному зображенні шпилькового з'єднання різь показують на всій довжині шпилькового стрижня, на кінцях стрижня шпильки та гайки не зображують фаски, а також проміжок (зазор) між шпильковим стрижнем та отвором приєднуваної деталі. Не показують гніздо з різью і без різі в деталі нижче кінця шпильки. Межу різі зображують лише на загвинчуваному кінці шпильки.

Довжину шпильки визначають розрахунком:

$$l = n + S_{\text{шайби}} + H_{\text{гайки}} + k, :$$

де k – запас різі на виході з гайки. Приймають $k = (0,3 \dots 0,5)d$;

d – діаметр шпильки;

$S_{\text{ш}} = 0,15d$ – товщина шайби;

$H_{\text{гайки}} = 0,8d$ – висота гайки.

Знайдену довжину шпильки слід звіряти з рядом довжин, що є в стандартах на шпильки. Якщо такої величини немає, то беруть найближчу більшу.

Стандартний ряд довжин шпильок: 20; (22); 25; (28); 30; 32; 35; (38); 40; 42; 45; 50; 60 і т.д.

Довжина кінця шпильки з різью l_1 (Рис. 9.10) який загвинчується в нарізний отвір однієї зі з'єднаних деталей буває трьох видів:

$l_1 = d$ – для отворів з різью у сталевих, бронзових і латунних деталях;

$l_1 = 1,25d$ – для отворів з різью у деталях із сірого та ковкого чавуну;

$l_1 = 2d$ – для отворів з різью у деталях з м'яких сплавів.

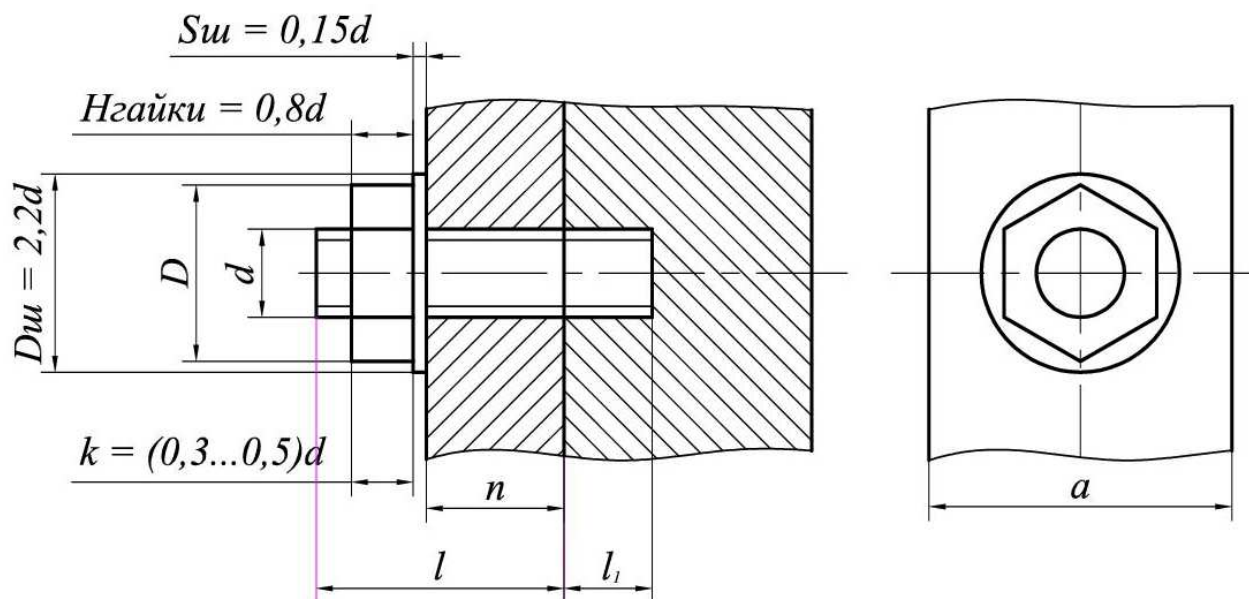


Рисунок 9.10 – Спрощене зображення шпилькового з'єднання

6 Гвинтове з'єднання

Гвинтове з'єднання (Рис. 9.11) складається з гвинта 3 та деталей 1 і 2. В деталі 1 просвердлюють гніздо (Рис. 9.11, а), в якому нарізують різь (Рис. 9.11, б). В приєднуваній деталі 2 просвердлюють отвір діаметром $1,1d$ (Рис. 9.11, в). Гвинт вільно проходить в отвір деталі 2 і загвинчується в деталь 1 (Рис. 9.11, г). Конічна головка гвинта, яка називається потайною, не повинна виступати над поверхнею деталі.

Гвинти, як і інші кріпильні деталі, креслять за відносними розмірами, які визначають всі елементи залежно від діаметра різі d .

На рисунку 9.12, а показане конструктивне зображення нарізного з'єднання деталей кріпильним гвинтом з потайною головкою (ГОСТ 17475-80), на рисунку 9.12, б – спрощене зображення відповідно ГОСТ 2.315-68, а на рисунку 9.13 умовні співвідношення розмірів гвинта.

При спрощеному зображенні шліц на гвинтовій головці зображують однією потовщеною лінією під кутом 45° відносно рамки кресленика. На рисунку 9.14 показані відповідно конструктивне спрощене зображення з'єднання, виконаного кріпильним гвинтом з циліндричною головкою (ГОСТ 1491-80), а на рисунку 9.15 умовні співвідношення розмірів гвинта.

На рисунку 9.16 показані конструктивне і спрощене зображення з'єднання, виконаного кріпильним гвинтом з напівкруглою головкою, а на рисунку 9.17 умовні співвідношення розмірів гвинта.

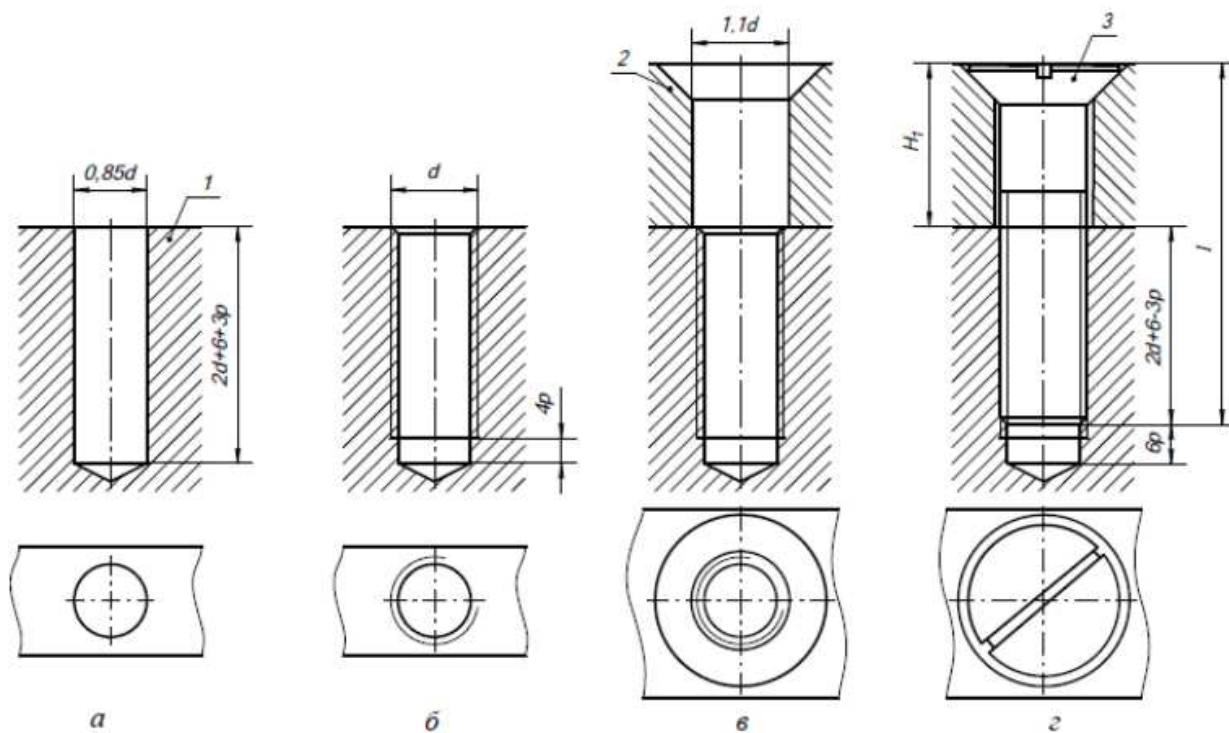


Рисунок 9.11

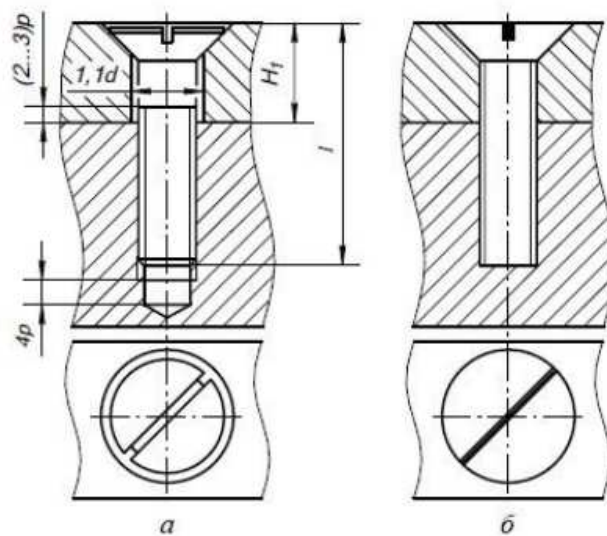


Рисунок 9.12

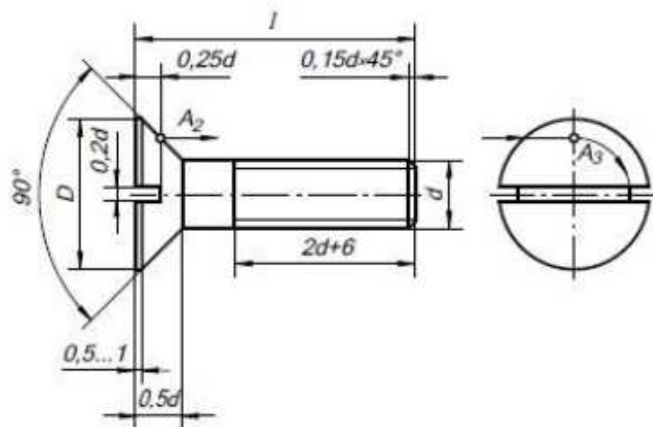


Рисунок 9.13

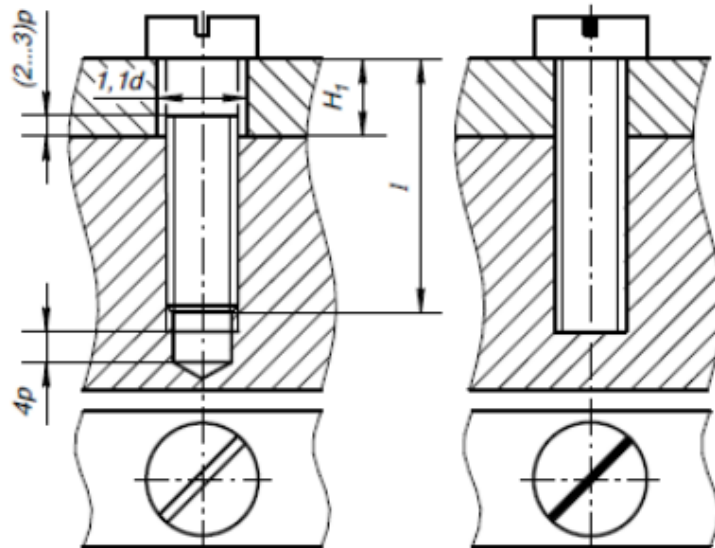


Рисунок 9.14

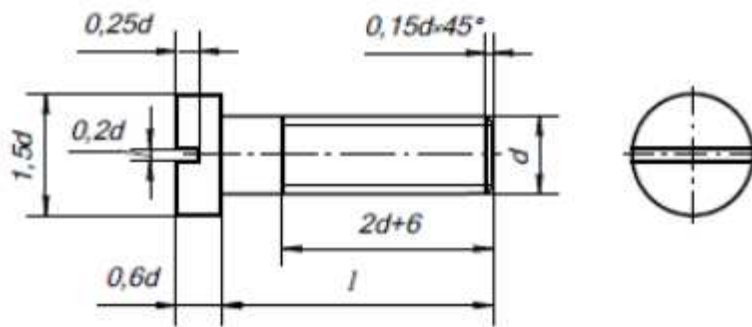


Рисунок 9.15

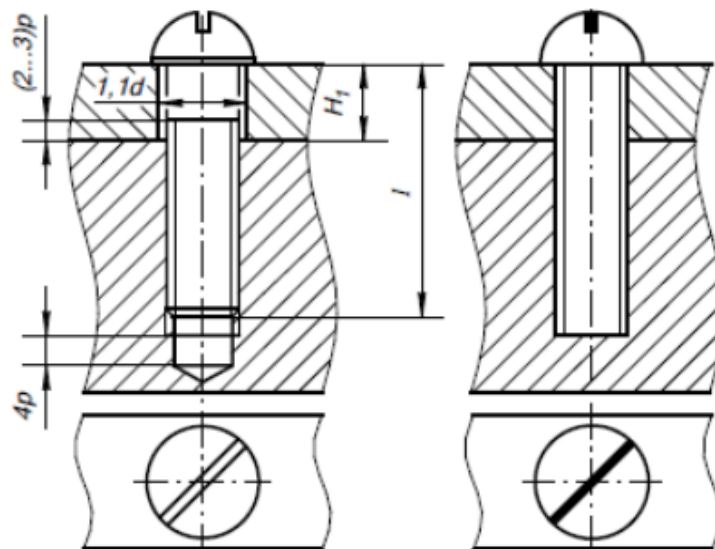


Рисунок 9.16

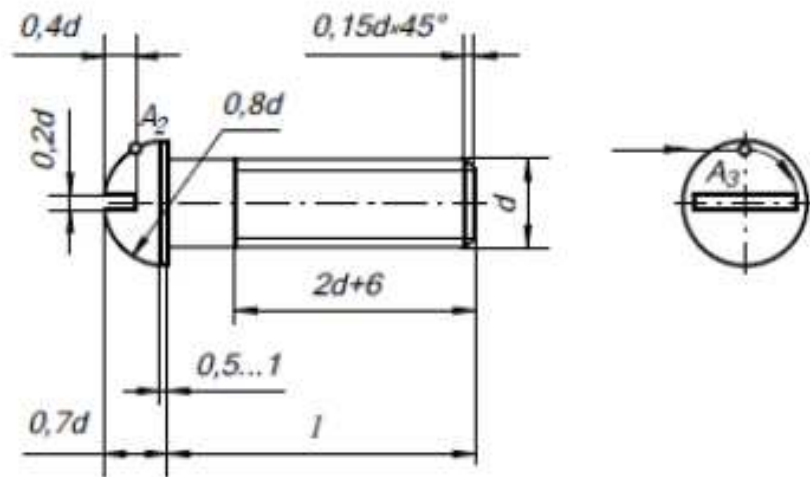


Рисунок 9.17

Довжину гвинтів визначають за формулою:

$$l = H_1 + 2d + 6 - 3p;$$

де d – діаметр різі гвинта; p – крок різі; H_1 – товщина деталі.

У гвинтів з потайною головкою до довжини l гвинта входить висота його головки. Розрахункове значення l зіставляють з рядом довжин гвинтів, передбачених відповідними стандартами, і беруть найближче стандартне значення з ряду, мм: ... 6; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 35; 38; 40; 42; ... 120.

7 Трубне з'єднання

Трубні (фітингові) з'єднання широко розповсюджені в пневматичному та гідравлічному обладнанні. Приклади фітингів наведені на рисунку 9.18. Параметри кожного з фітингів встановлені відповідним стандартом. За допомогою фітингів можна змінити напрям або діаметр трубопроводу. З'єднувальним елементом трубних з'єднань за допомогою фітингів є трубна різь.

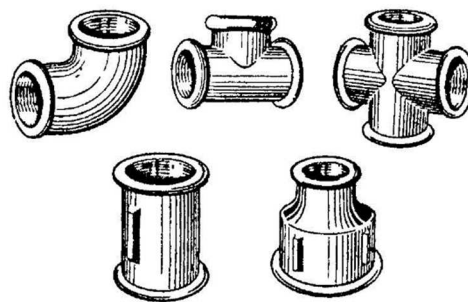


Рисунок 9.18 - Фітинги

Трубні з'єднання можна використовувати для труб однакового або різних діаметрів за допомогою муфт (Рис. 9.19), кутників (Рис. 9.20), трійників (Рис. 9.21), хрестовин (Рис. 9.22), контргайок (Рис. 9.23) тощо.

В звичайних трубопроводах з нормальним рухом (в системах опалення, вентиляції, забезпечення водою) мають місце з'єднання труб деталями з трубною циліндричною різью. В трубопроводах з великим тиском для забезпечення більшої

герметичності використовуються з'єднувальні частини з трубною конічною різью. На кінцях труб нарізають трубну циліндричну або трубну конічну різь.

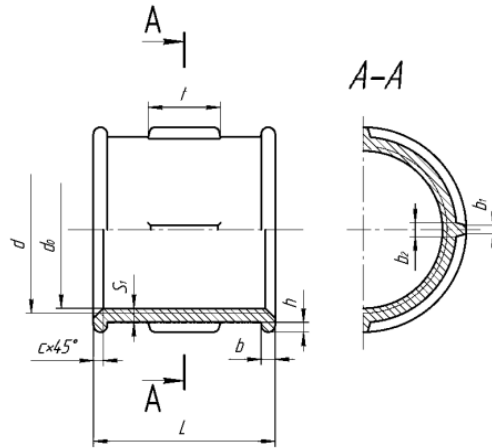


Рисунок 9.19 – Муфта пряма

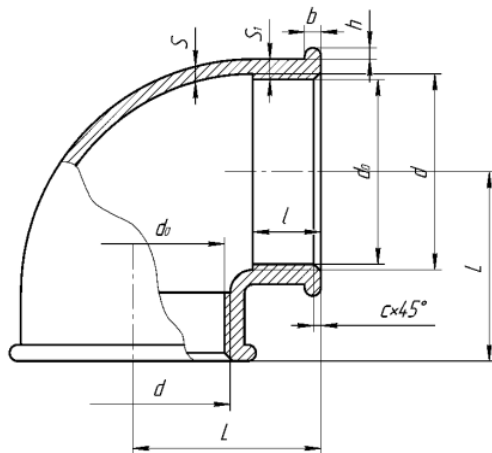


Рисунок 9.20 – Кутник прямий

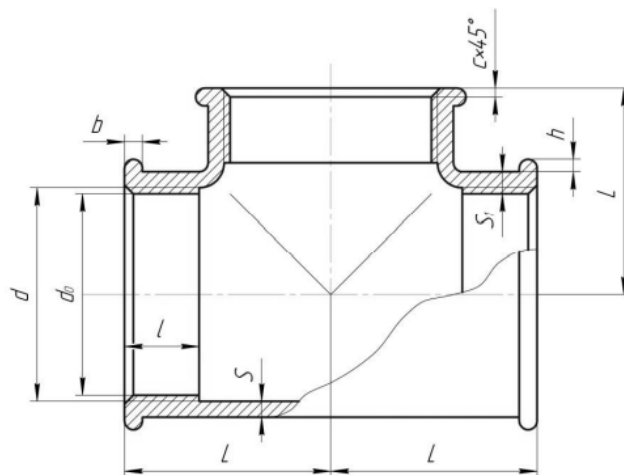


Рисунок 9.21 – Трійник

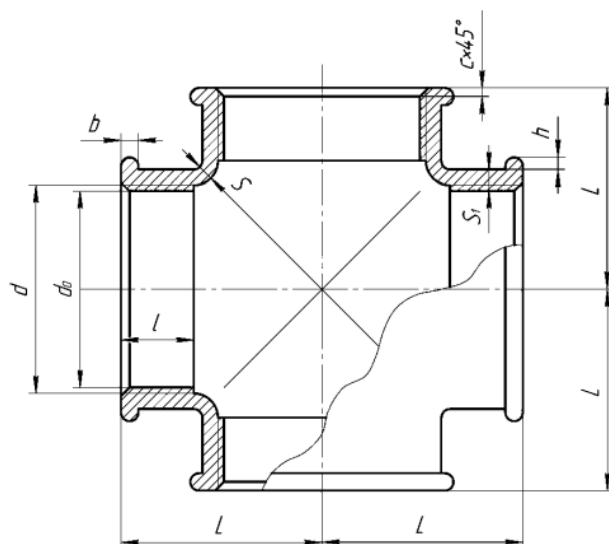


Рисунок 9.22 – Хрестовина

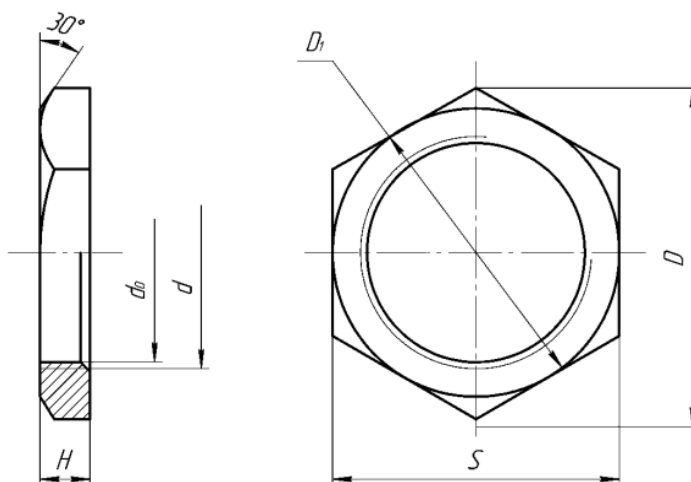


Рисунок 9.23 – Контргайка

Задають труби величиною умовного проходу, під котрою розуміють номінальний внутрішній діаметр труби. На кресленнях трубних з'єднань при позначенні трубої різі вказують не зовнішній діаметр різі, як для інших стандартних різьб, а розмір внутрішнього діаметра труби (умовний) на якій нарізується різь. Зовнішній діаметр труби є більшим на подвійну величину стінки труби S (Рис.9.24).

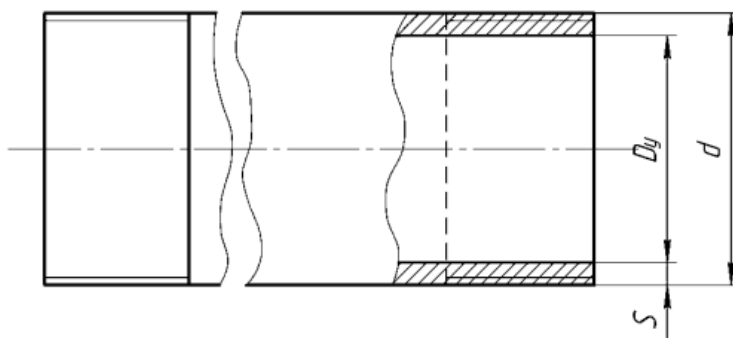


Рисунок 9.24 - Труба

Умовний прохід позначають літерою D_y , та додають розмір умовного проходу в міліметрах.

За величиною D_y визначають розміри частин, що з'єднують труби.

Частини, що з'єднують (фітингові) при складанні трубопроводів дозволяють з'єднувати одразу декілька труб, влаштовувати відгалужування під різними кутами, перехід з одного діаметра на інший тощо.

Фітингові деталі виготовляють із ковкого чавуну та із сталі. Для надання фітинговим деталям із ковкого чавуну необхідної жорсткості їх виготовляють з буртами по краях (Рис. 9.19 ÷ 9.22), а муфти для більш зручного зчеплення з газовим ключем – з ребрами, які розташовано на зовнішній поверхні (Рис. 9.19). Стальні фітингові деталі виготовляють гладкими.

При з'єднанні труб за допомогою муфти (Рис. 9.25) спочатку на кінець труби 1 , яка має більшу нарізну частину, нагвинчується контргайка 2 , одягається прокладка 3 та нагвинчується муфта 4 . Так як на трубу 1 нагвинчується муфта і контргайка, а на трубу 5 – тільки інша частина муфти то нарізний кінець на лівій трубі (l_1) по довжині перевищує довжину муфти і контргайки, а на правій (l) – дорівнює приблизно половині довжини муфти.

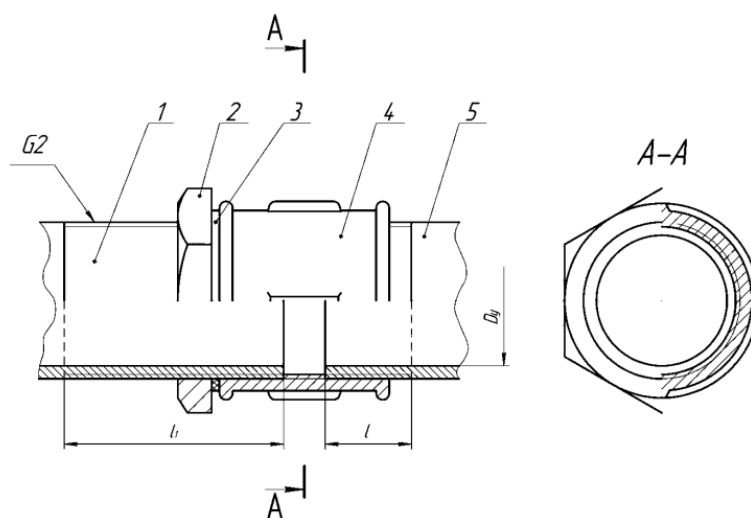


Рисунок 9.25 - З'єднання труб за допомогою муфти

На рисунку 9.26 показано креслення трубного з'єднання, виконане за допомогою кутника (Рис. 9.26, а), трійника (Рис. 9.26, б), муфти (Рис. 9.26, в).

Креслення трубного з'єднання, як правило, виконують із конструктивними подробицями(буртики, ребра).

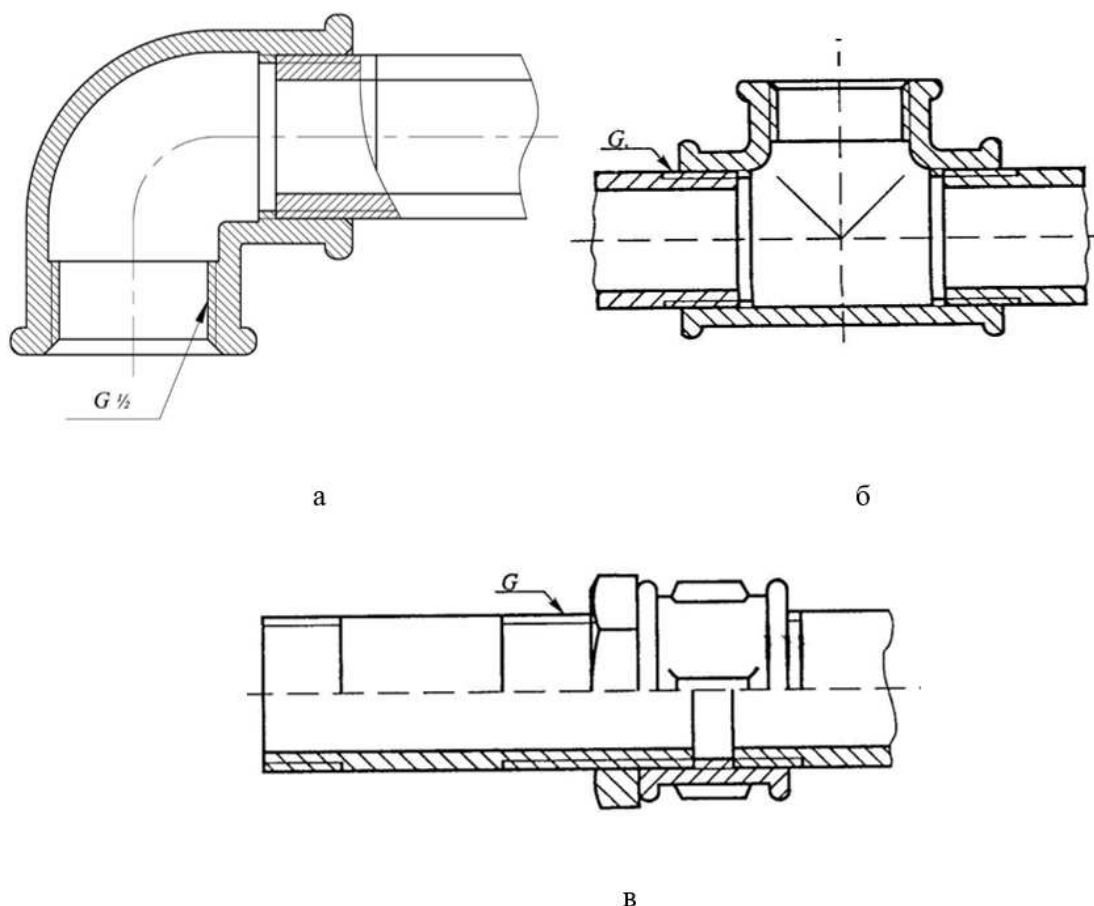


Рисунок 9.26 – Трубні з'єднання

Контрольні питання

1. Які з'єднання відносяться до рознімних?
2. З яких деталей складається болтове з'єднання?
3. Як розрахувати довжину болта для з'єднання деталей?
4. Назвіть умовні співвідношення, за якими креслять болт на складальному кресленнику?
5. З яких деталей складається з'єднання шпилькою?
6. Який розмір шпильки визначає її довжину?
7. За якою формулою розраховують діаметр отвору у скріплюваній деталі?
8. З яких деталей складається з'єднання гвинтом?
9. Який розмір гвинта визначає його довжину?
10. Як визначається довжина кінця шпильки, який вгвинчується в деталь?
11. Де виконують трубні з'єднання?
12. Що таке фітинги?
13. Як умовно позначають на кресленні трубну різь?
14. Як умовно позначають на кресленнику пряму муфту, трійник, кутник та трубу?
15. Як зображують трубні з'єднання?

ТЕМА 10 СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕНИКИ

Зміст теми:

1. Зміст кресленика
2. Розроблення кресленика
3. Умовності та спрощення у виконанні кресленика
4. Нанесення номерів позицій складових частин
5. Виконання окремих виглядів складальних креслеників
6. Вимоги до специфікацій.

1 Зміст кресленика

Складальним називається кресленик, який містить зображення виробу та інші дані, потрібні для його складання (виготовлення) і контролю. Складальний кресленик дає уявлення про взаємний зв'язок і способи поєднання деталей між собою. Ці кресленики призначено для серійного або масового виробництва. В одиничному або малосерійному виробництві рекомендується користуватися креслениками загальних видів. За цими креслениками можна уявити не лише зв'язок і способи поєднання деталей, а й конструкцію кожної деталі окремо. Кресленики загальних видів використовують для підготування виробництва, розроблення технологічної документації, оснащення виробництва, для контролю і прийому виробів.

Згідно з ГОСТ 2.109 складальний кресленик містить:

- зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розташування та взаємозв'язок складових частин, що з'єднуються за даним креслеником і забезпечують можливість складання та контролю складальної одиниці (допускається розмішувати додаткові схематичні зображення з'єднань і розташування складових частин виробу);

- розміри з граничними відхиленнями та інші параметри і вимоги, які виконуються і контролюються за даним складальним креслеником (допускається в ролі довідкових зазначати розміри деталей і граничні відхилення, які визначають характер їх спряження);

- зазначення про характер спряження рознімних частин виробу та про методи його виконання, якщо точність спряження забезпечується не заданими граничними відхиленнями розмірів, а підбиранням, припасовуванням тощо (можуть наводитися зазначення про спосіб з'єднання нероз'ємних частин);

- номери позицій складових частин, які входять до виробу;

- габаритні розміри виробу;

- встановлювальні, приєднувальні та інші довідкові розміри;

- технічну характеристику виробу (за потреби);

- координати центра мас (якщо потрібно).

Якщо технічна характеристика виробу та координати центра мас зазначені в інших конструкторських документах на даний виріб (наприклад, на габаритному

кресленику, в технічних умовах тощо), то на складальному кресленику їх не поміщають.

2 Розроблення кресленика

Повнота зображення виробу на складальному кресленику залежить від наявності необхідних видів, розрізів, перерізів та винесених елементів. Визначаючи потрібну кількість видів, виходять зі складності виробу.

Кількість видів має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про будову виробу. Для зменшення кількості основних видів рекомендується застосовувати місцеві й додаткові види.

У більшості випадків складальні кресленики виконують з розрізами, які дають змогу виявити характер з'єднання деталей. Застосовують розрізи прості й складні, повні й місцеві. Якщо зображуваний виріб проєцюється у формі симетричної фігури, то в одному зображенні доцільно поєднувати половину виду з половиною розрізу або частину виду та частину розрізу.

Дуже часто в розрізи потрапляють суцільні деталі (вали, болти, шпонки, шпильки та ін.), які стикаються з іншими частинами виробу. При перерізі у поздовжньому напрямку такі деталі умовно показують нерозрізаними і не штрихують.

Переміщувані частини виробу на креслениках зображуються, як правило, в робочому положенні. Допускається зображувати їх також у крайньому або проміжному положенні, застосовуючи для цього тонку штрих-пунктирну лінію з двома точками. На кресленику наносять відповідні розміри, які характеризують різні положення переміщуваних частин. Якщо при зображенні цих частин ускладнюється читання кресленика, то їх допускається зображувати на додаткових видах з відповідними написами (наприклад, «Крайнє положення супорта. поз.3»).

3 Умовності та спрощення у виконанні креслеників

Складальні кресленики потрібно виконувати, як правило, зі спрощеннями, які відповідають вимогам стандартів.

На складальних креслениках допускається не показувати:

- фаски, проточки, закруглення, виступи, заглиблення, рифлення, насічки, обплетення та інші дрібні елементи;
- проміжки між отвором і стрижнем, який входить у цей отвір;
- кришки, щити, кожухи, перегородки та ін., якщо треба показати закриті ними складові частини виробу; у цьому разі над зображенням роблять відповідний напис(наприклад, «Маховик поз.5 не показаний»);
- видимі складові частини виробів, які розташовані за сіткою або частково закриті розташованими спереду складовими частинами;
- написи на табличках, фірмових планках, шкалах та інших подібних деталях, а також маркувальні технічні дані й написи на виробі (креслять лише контур таблички, планки чи шкали).

Вироби, виготовлені з прозорого матеріалу, зображують непрозорими. Складові частини виробів та їхні елементи, розташовані за прозорими предметами, допускається зображувати видимими (шкали, циферблати, стрілки приладів, внутрішня будова ламп тощо).

Вироби, розташовані за гвинтовою пружиною, зображеною на складальному кресленнику в розрізі, креслять умовно лише до осьових ліній перерізу витків пружини, враховуючи, що пружина закриває частини виробу, які розміщені за нею.

На розрізах складального кресленника допускається зображувати нерозрізаними складові частини виробів, на які самотійно оформлені складальні кресленники.

Типові, куповані та інші вироби зображують зовнішніми контурами. Допускається спрощувати зовнішні контури предметів, не зображуючи дрібних виступів, заглиблень тощо. Всередині таких зображень можна проводити лінії видимого контуру.

На складальних кресленниках із зображеннями кількох однакових складових частин (коліс, опорних котків тощо) допускається виконувати повне зображення однієї частини, а зображення інших частин давати спрощено, відповідно до зазначених вище вимог.

Зварний, паяний чи клеєний виріб, виготовлений з однорідного матеріалу, при складанні з іншими виробами в розрізах і перерізах штрихують як монолітне тіло, тобто в один бік, зображуючи межі між деталями суцільними основними лініями. Межі між деталями можна і не показувати, тобто зображувати конструкцію як монолітне тіло.

На складальних кресленниках посудин та апаратів дозволяється показувати умовно зміщеними штуцери, бобишки, люки і т.п., не змінюючи при цьому їх розташування по висоті чи довжині апарата (посудини).

4 Нанесення номерів позицій складових частин

Складові частини складальної одиниці нумерують відповідно до номерів позицій, зазначених у її специфікації, тобто спочатку заповнюють специфікацію, а потім переносять номери позицій на складальний кресленник виробу (Рис. 10.5, 10.6).

Номери позицій проставляють на полочках ліній-виносок, які виконують тонкими суцільними лініями і закінчують на зображенні деталі потовщенням у вигляді точки. Номери позицій розташовують паралельно основному напису кресленника за межами контуру зображення і групують у рядок або колонку по змозі на одній лінії. Лінії - виноски відводять від тих зображень, на яких складова частина проєцюється як видима, надаючи при цьому перевагу основним видам або розрізам, розміщеним на місці основних видів.

Номер позиції на кресленнику проставляють, як правило, один раз. Допускається повторне позначення номерів позицій однакових частин виробу. Розмір шрифту, яким записують номери позицій, повинен бути на один-два номери більшим

від шрифту, прийнятого для розмірних чисел на даному кресленнику. Лінії – виноска, по змозі, не повинні бути паралельні лініям штриховки розрізів і перерізів та не перетинатися між собою.

Допускається проводити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для групи кріпильних деталей (болта, гайки, шайби), які стосуються одного місця кріплення (Рис. 10.1, а), і для групи деталей з чітко вираженим взаємозв'язком, якщо лінію-виноску неможливо провести від кожної складової частини (Рис. 10.1, б). У цих випадках лінію-виноску відводять від закріпної складової частини.

Якщо кріпильних деталей дві чи більше і при цьому різні складові частини кріпляться однаковими деталями, то їх кількість допускається проставляти в дужках після номера відповідної позиції і зазначати лише для однієї одиниці закріпної складової частини незалежно від кількості цих складових частин у виробі.

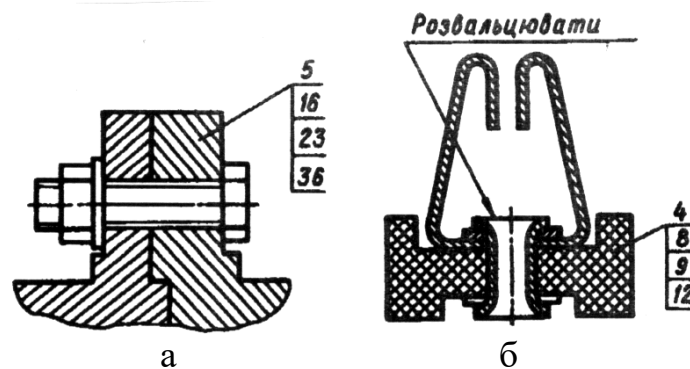


Рисунок 10.1 – Приклад нанесення номерів позицій

Можна проводити загальну лінію-виноску і для окремих складових частин виробу, якщо їх важко зобразити графічно. У цьому разі на кресленнику ці складові частини не показують, їхнє місце розташування визначають за допомогою лінії - виноска від видимої складової частини і в технічних вимогах розміщують відповідне зазначення (наприклад, «Джгути поз. 10 під скобами обгорнути пресшпаном поз.18»).

5 Виконання окремих видів складальних креслеників

Якщо до складального кресленника виробу входять деталі, на які не випущено робочих креслеників, то на зображенні або в технічних вимогах наводять додаткові дані до відомостей, зазначених у специфікації, які необхідні для виготовлення цих деталей (шорсткість поверхонь, відхилення форми та ін.).

Кресленник деталі – робочий кресленник, що містить зображення деталі та інші дані, згідно з якими її виготовляють і контролюють (ДСТУ 3321:2003). Це основний конструкторський документ, в якому містяться зображення деталі та інформація, необхідна для її виготовлення й контролю.

Деталь – виріб, що його виготовляють із матеріалу однієї марки, не виконуючи складальних операцій (ДСТУ 3321:2003).

Кресленик деталі має містити:

1. Мінімальну, але достатню кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів), які повністю розкривали б форму деталі;
2. Необхідні розміри з граничними відхиленнями;
3. Позначення шорсткості всіх поверхонь;
4. Відомості про матеріал, термічну обробку, покриття, які деталь повинна мати перед складанням;
5. Окремі вимоги до конструкції або технології її виготовлення та ін.

Докладно вимоги до кресленика деталі викладено в ГОСТ 2.109-73.

На складальних креслениках виробів допускається наводити дані про підготовку крайок під нероз'ємні з'єднання (зварювання, паяння тощо) безпосередньо на зображенні або у вигляді винесеного елемента (Рис. 10.2).

A(...)

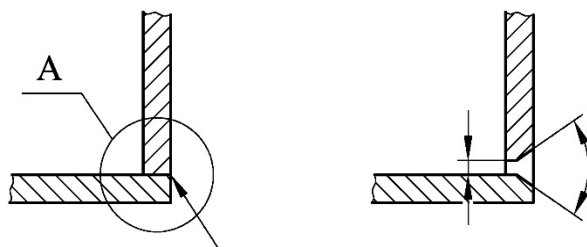


Рисунок 10.2 – Виносний елемент підготовки крайків

Складові частини виробу, на які допускається не випускати кресленики, можна враховувати двома способами: як деталі з присвоєнням їм позначення і найменування, або, як матеріал без присвоєння їм позначення і найменування з зазначенням довжини, маси та інших параметрів.

Якщо для виготовлення за складальним креслеником деталі нескладної конфігурації (без випуску на неї самостійного кресленика) встановлюється певний сортовий матеріал, то відповідні розміри деталі наводять у специфікації. Коли немає потреби встановлювати для деталі сортовий матеріал, всі розміри розміщують на зображенні цієї деталі, а в специфікації зазначають лише марку матеріалу.

Якщо деталь має складну конфігурацію та значні розміри і з'єднується з деталлю менш складної конфігурації та менших розмірів за пресуванням, паянням, зварюванням, клепаанням або іншими подібними засобами, то за умови збереження якості кресленика і можливостей виробництва, на складальних креслениках виробів допускається розміщувати всі розміри та інші дані, необхідні для виготовлення та контролю основної деталі, і випускати кресленики тільки на менш складні деталі. Найменування і позначення основної деталі пишуть за загальними правилами.

6 Вимоги до специфікацій

Специфікація є основним конструкторським документом. Форму бланків специфікації наведено на рисунках 10.3, 10.4.

Згідно з ГОСТ 2.108 у загальному випадку специфікація складається з розділів, які розташовують у такій послідовності:

- 1) документація;
- 2) комплекси;
- 3) складальні одиниці;
- 4) деталі;
- 5) стандартні вироби;
- 6) інші вироби;
- 7) матеріали;
- 8) комплекти.

Наявність тих чи інших розділів обумовлюється складом специфікованого виробу. Назва кожного розділу, яку підкреслюють, має вигляд заголовка у графі «Найменування».

До розділу «Документація» заносять основний комплект конструкторських документів специфікованого виробу (крім його специфікації), відомості експлуатаційних документів і відомості документів для ремонту, а також документи основного комплексу, які записують у специфікацію не специфікованих складових частин (деталей), крім їх робочих креслеників.

У цьому розділі спочатку записують документи на специфіковані вироби, потім документи на не специфіковані складові частини. Порядок запису документів у межах позначення виробу відповідає послідовності, в якій вони перелічені в ГОСТ 2.102.

В розділі «Комплекси», «Складальні одиниці» і «Деталі» записують комплекси, складальні одиниці і деталі, які входять в специфікований виріб. Запозичені складальні одиниці і деталі записують у відповідний розділ в першу чергу в порядку зростання їх позначень.

В розділ «Стандартні вироби» записують вироби в наступній черзі, застосовані по : державним, міжнародним стандартам; галузевим стандартам; стандартам підприємств.

В межах кожної категорії стандартів запис виконують по групах виробів, об'єднаних по їх функціональному значенню (наприклад, підшипники, фланці і т.п.). В межах кожної групи записують в алфавітному порядку найменування виробу, в межах кожного найменування - в черзі зростання позначення стандарту, а в межах кожного позначення стандарту - в черзі зростання головного параметра або розмірів виробу. Стандартні кріпильні деталі (болти, гайки і т.п.) потрібно записувати в цьому розділі специфікації, виділивши їх в окрему групу, після груп загальномашинобудівних виробів.

В розділ «Інші вироби» заносять вироби, застосовані по технічним вимогам. Запис виробів виконують по однорідним групам; в межах кожної групи - в алфавітному порядку найменування виробу, а в межах кожного найменування виробу - в черзі зростання головних параметрів або розмірів виробів.

У розділ «Матеріали» заносять всі матеріали, які входять в специфікований виріб. Матеріали записують згідно з ГОСТ 2.108 по видам. В межах кожного виду матеріали записують в алфавітному порядку найменування, а в межах кожного найменування - згідно зі зростанням розмірів або других технічних характеристик. Матеріали (лаки, фарби, клей, електроди і т.п.). затрати яких не можуть бути визначені конструктором, в цей розділ не записуються, а зазначення згідно з їх застосуванням вказують в технічних вимогах на кресленику.

У розділ «Комплекти» заносять відомість експлуатаційних документів, відомість документів для ремонту і застосовані згідно з конструкторськими документами комплекти, які входять у специфікований виріб, а також упаковка для цього виробу.

Графи – це вертикальні стовпці специфікації.

У графі «Формат» зазначають розміри форматів за ГОСТ 2.301, на яких виконані кресленики деталей чи інші конструкторські документи, позначення яких записують у графі «Позначення». Якщо документ виконаний на кількох листах різних форматів. то у графі «Формат» проставляють зірочку, а в графі «Примітка» перелічують усі формати в порядку їх збільшення. Цю графу не заповнюють для документів, записаних у розділах «Стандартні вироби», «Інші вироби», «Матеріали». Для деталей, на які не випущений кресленик, у графі зазначають: «БК».

У графі «Поз.» проставляють порядкові номери складових частин, які безпосередньо входять у специфікований виріб, дотримуючись послідовності, в якій вони записані у специфікації. Для розділів «Документація» та «Комплекти» графу не заповнюють.

У графі «Позначення» зазначають:

- у розділі «Документація» - позначення записуваних документів;
- у розділах «Комплекси», «Складальні одиниці», «Деталі» та «Комплекти» - позначення основних конструкторських документів на записувані в ці розділи вироби, а для деталей. на які не випущені кресленики, - присвоєне їм позначення.

У розділах «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали» графу «Позначення» не заповнюють. Якщо для виготовлення стандартного виробу випущено конструкторську документацію, то в графі «Позначення» записують позначення випущеного конструкторського документа.

У графі «Найменування» записують:

- у розділі «Документація» для документів, які входять до основного комплекту документів на специфікований виріб, - лише найменування документів (наприклад, «Складальний кресленик», «Габаритний кресленик», «Технічні умови»);

- у розділах «Складальні одиниці», «Деталі» - найменування виробів відповідно до основного напису на їхніх основних конструкторських документах, а для деталей, на які не випущені кресленики, - їх найменування і матеріал, а також розміри, потрібні для виготовлення;

- у розділі «Стандартні вироби» - найменування та позначання виробів відповідно до стандартів на них;

- у розділі «Інші вироби» - найменування і умовне позначення виробів згідно з документами на їх поставку з зазначенням позначень цих документів.

У розділі «Матеріали» - позначення матеріалів, установлені стандартами або технічними умовами на ці матеріали. Якщо записують ряд виробів і матеріалів, які відрізняються розмірами та іншими даними, але застосовуються за одним документом (і записуються в специфікацію після позначення цього документа), то допускається загальну частину найменування цих виробів або матеріалів з позначенням зазначеного документа записувати в кожному листі специфікації один раз у вигляді загального найменування (заголовка); для кожного з таких виробів і матеріалів під загальним найменуванням записують лише їх параметри та розміри; цим спрощенням не допускається користуватись у тому разі, коли основні параметри чи розміри виробу позначають лише одним числом або літерою; для цих випадків запис виконують так:

Шайби ГОСТ 18123 - 82

Шайба 3

Шайба 8 і тощо.

У графі «Кільк.» зазначають:

- для складових частин виробу, що записуються у специфікації, - кількість їх на один специфікований виріб;

- у розділі «Матеріали» - загальну кількість матеріалів на один специфікований виріб із зазначенням одиниць вимірювання; одиниці вимірювання допускається записувати в графі «Примітка»;

- у розділі «Документація» графу не заповнюють.

У графі «Примітка» вказують додаткові данні для планування і організації виробництва.

Після кожного розділу специфікації залишають кілька вільних рядків для додаткових записів (залежно від стадії розроблення, обсягу записів тощо). Допускається резервувати також номери позицій, які проставляють у специфікації, заповнюючи резервні рядки.

Специфікації допускається поєднувати зі складальним креслеником, розміщення на листі формату А4 (ГОСТ 2.301). У цьому разі специфікацію розміщують над основним написом і заповнюють у тому порядку і за тією формою, що й специфікацію, виконану на окремих листах. Поєднаному документу присвоюють позначення основного конструкторського документа (без доповнення літер СК), тобто специфікації. Основний напис виконують за ГОСТ 2.104 (Рис. 7.32).

The diagram shows a technical drawing of a specification form header. The overall dimensions are 297 units in height and 210 units in width. The form is divided into several sections:

- Top Section:** A header row with columns: "Позначення" (width 70), "Найменування" (width 63), "Кільк." (width 10), and "Примітка" (width 22). Above this row are smaller columns for "Гіп", "Формат", "Зона", and "Поз.", with widths 8, 15, 6, and 8 respectively. A "Перв. застосуф." column is 5 units wide.
- Left Margin:** A vertical column for "Додат. N" is 20 units wide.
- Bottom Section:** A table with columns: "Зм Лист", "N Докум.", "Підп.", "Дата", "Літ.", "Лист", and "Листів".
- Bottom Row:** A row for "Інв. N ориє." with sub-rows for "Розроб.", "Перев.", "Н. КОНТР.", and "Затв.". A "Формат А4" label is located at the bottom right.

Dimensions are indicated by arrows: 297 (total height), 210 (total width), 20 (left margin), 5 (top margin), 8, 15, 6, 8 (top sub-columns), 70, 63, 10, 22 (main columns), and 5 (bottom margin).

Рисунок 10.3 –Форма бланка специфікації (заголовний лист)

297

210

Формат А4

5

Лист

Інв. N ориє.

Пізн. і графа

Взам. інв. N

Інв. N зубл.

Пізн. і графа

Добіг. N

Перв. застосує.

8

15

5

міл

формат

Зона

Поз.

Позначення

Найменування

Кільк.

Примітка

20

6,6,8

70

63

10

22

5

Форма специфікації
(наступний лист)

Зм Лист N Докум. Підп. Дата

Рисунок 10.4 – Форма бланка специфікації (наступний лист)

Контрольні питання

1. Який кресленик називають робочим?
2. Які вимоги встановлені для робочого кресленика деталі?
3. Який кресленик називають складальним?
4. Які розміри проставляють на складальному кресленику?
5. Які спрощення та умовності використовуються при розробці складальних креслеників?
6. Які правила нанесення номерів позицій на кресленику?
7. Які кресленики називають креслениками загального виду?
8. Яка послідовність виконання деталювання кресленика загального виду?
9. Які правила оформлення специфікації?
10. Як заповнювати основний напис в специфікації?
11. На якому форматі виконують специфікацію?

ТЕМА 11 НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ

Зміст теми:

1. Види зварювання та основні способи їх виконання
2. Ручне дугове зварювання
3. Зображення швів зварних з'єднань
4. Умовне позначення швів
5. Спрощення у позначенні швів зварних з'єднань

1 Види зварювання та основні способи їх виконання

В хімічному машинобудуванні при виготовленні обладнання і при його монтажі широке застосування мають з'єднання металевих деталей зварюванням.

Зварювання металів умовно можна класифікувати за такою схемою (Рис. 11.1):



Рисунок 11.1- Схема видів зварювання металів

Зварювання металів тиском характеризується тим, що виконують його підводом в зону з'єднання металів механічної енергії або теплової і механічної енергій разом.

При зварюванні плавленням в зону з'єднання металу підводиться тепла енергія і метал при цьому нагрівається до температури вищої за температуру плавлення.

Для зварювання тиском без нагріву особливим є те, що в зоні з'єднання утворюють високий тиск, який в декілька разів перевищує границю текучості і навіть границю міцності металу при кімнатній температурі. Це забезпечує сумісне пластичне деформування з'єднувальних поверхонь деталей.

Зварювання тиском з нагрівом без оплавлення відбувається при високих температурах, які перебільшують температуру пластифікації металу. Це забезпечує

надійне з'єднання поверхонь деталей при значно меншому тиску ніж границя текучості при кімнатній температурі. Прикладом цього виду зварювання є дифузійне, ультразвукове зварювання.

Зварювання тиском з нагрівом і оплавленням характеризується високою температурою нагріву металу в зоні з'єднання деталей, яка частково перевищує температуру його плавлення. На з'єднувальних поверхнях при цьому метал оплавляється. З'єднання поверхонь відбувається за рахунок деформації металу в зоні контакту під дією зовнішнього тиску. До цього виду зварювання відносяться, наприклад, контактне (точечне і роликкове) і зварювання тертям.

Для з'єднань, одержаних під дією тиску, характерні незначні зміни хімічного складу, структури і властивостей металу. З усіх способів здійснення зварювання металів під дією тиску, найбільше використовується в машинобудуванні контактне зварювання деталей, які мають незначну товщину.

При з'єднанні металевих деталей найбільше поширення набуло зварювання плавленням. У більшості способів зварювання цього виду, за рахунок тепла різних джерел енергії, нагрівають незначну ділянку з'єднання до температури вищої за температуру плавлення. Внаслідок цього отримується обмежений твердим металом об'єм рідкого металу, який називається ванною зварювання. При переміщенні джерела тепла по стику деталей, рідкий метал ванни зварювання охолоджується і твердіє, внаслідок цього утворюється шов зварювання. Для посилення шву зварювання в зону розплаву металу може подаватися розплавлений метал електрода. Способи зварювання плавленням відрізняються один від одного джерелом тепла і способом захисту зони плавлення від атмосфери довкілля.

При газовому зварюванні джерелом тепла є полум'я горючого газу. Шов зварювання при цьому захищається продуктами горіння цього газу.

Найбільше поширення при зварюванні металів має дугове зварювання, коли плавлення металу відбувається за рахунок тепла електричної дуги. Залежно від способів захисту зварювального шва в зоні нагріву є декілька способів дугового зварювання.

При зварюванні у захисних газах захист розплаву металу шва відбувається інертними (аргон, гелій) або активними газами, або їх сумішшю. За допомогою захисного газу вдається стиснути електричну дугу у вузький канал так, що дуга стає висококонцентрованим джерелом тепла. Такий спосіб називається плазмовим зварюванням.

Добру якість зварювального шва і велику продуктивність забезпечує дугове зварювання під флюсом, коли на зварювальний стик деталей наперед або під час зварювання насипають шар порошку флюсу товщиною більшою ніж товщина дуги. Електрична дуга розплавляє флюс і горить під плівкою рідкого шлаку флюсу в атмосфері парів металу і компонентів флюсу. Електродом, що плавиться, є електродний дріт.

Для з'єднання деталей великої товщини використовують електрошлакове зварювання, при якому плавлення основного і електродного металів відбувається під дією тепла, яке виділяється при проходженні струму через рідкий шлак, який і захищає розплавлений метал від атмосфери довкілля.

При ручному дуговому зварюванні використовують електроди з обмазкою, при плавленні якої утворюється шлак, який захищає шов зварювання. Ручне дугове зварювання покритими електродами використовується при виготовленні обладнання з металу частіше за другі способи зварювання.

Основні способи зварювання та їх літерні позначення надані в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 - Способи зварювання

Способи зварювання	Літерне позначення
Електричне дугове	Э
Електричне дугове під шаром флюсу	Ф
Електричне дугове в оточені захисних газів	З
Електричне дугове відкритою дугою	О
Електрошлакове	ШЭ
Контактне	Кт
Газове	Г
Ультразвукове	Уз
Тертям	Тр
Холодне	Х
Плазмове	Пз
Електронним променем	Эл
Дифузійне	Дф
Світловим променем	Лз
Вибухом	Вз
Індукційне	И
Газопресове	Гп
Термітне	Тм
Струмами радіочастоти	Рч

2 Ручне дугове зварювання

В сучасному машинобудуванні досить широко застосовуються зварні з'єднання. За допомогою зварювання з'єднуються деталі машин, металоконструкцій, мостів тощо.

На рисунку 11.2, а показано з'єднання деталей за допомогою зварювання. На кресленку при зображенні розрізу зварної конструкції зварні деталі повинні бути заштриховані тонкими лініями у різному напрямку (Рис 11.2, б). На сьогодні існує багато видів зварювання та способів їх здійснення: ручне, дугове (ГОСТ 5264-80) та ін. (див. ГОСТ 19521-74).

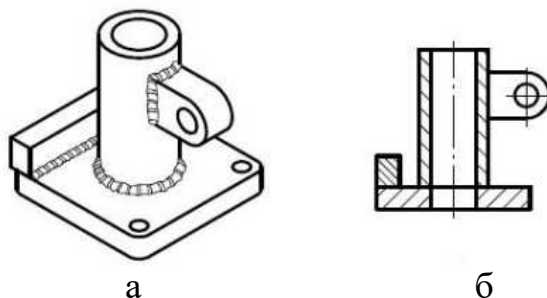


Рисунок 11.2 – З'єднання деталей за допомогою зварювання

Дугове зварювання виконують електричною дугою, яка утворює електричну дугу між електродом та зварюваними деталями. Шви зварних з'єднань класифікують за видом з'єднань, формою поперечного перерізу крайків зварюваних деталей та характером виконання. За взаємним розташуванням зварюваних деталей розрізняють такі види з'єднання: стикове (рис. 11.3), кутове (рис. 11.4), таврове (рис. 11.5) і внапуск (рис. 11.6). Їх позначають відповідно літерами С, К, Т, Н.

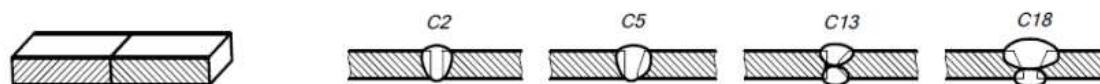


Рисунок 11.3 – Стикове зварювання деталей

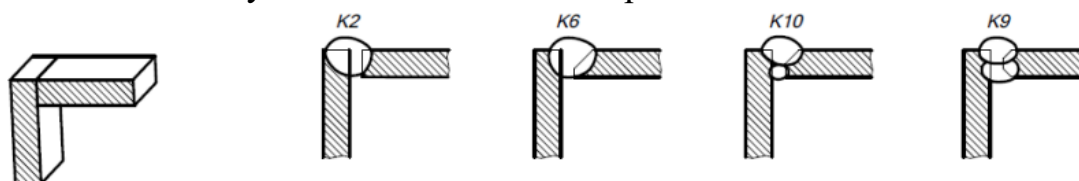


Рисунок 11.4 – Кутове зварювання деталей

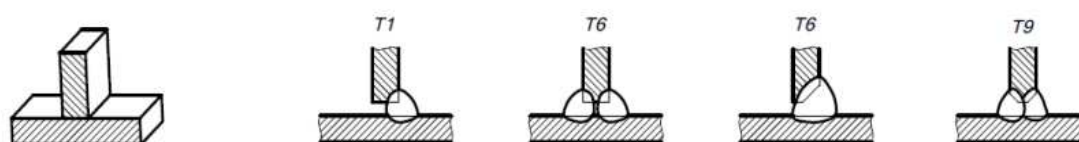


Рисунок 11.5 – Таврове зварювання деталей

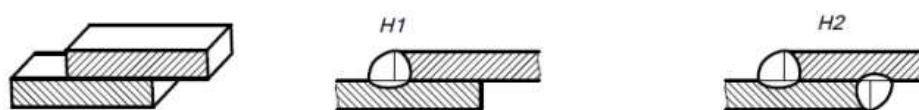


Рисунок 11.6 - Зварювання деталей внапуск

Зварювання стикових з'єднань деталей (крім деталей трубопроводів) нерівної товщини, при різниці не більшої за значення, які вказані в таблиці 11.2, виконуються за загальними правилами. Конструктивні елементи підготовки кромки і розміри шва необхідно встановлювати за більшою товщиною.

Таблиця 11.2 - Допустима різнотовщинність деталей

Розміри в міліметрах	
Товщина тонкої деталі	Різниця товщини деталей
Від 1 до 4	1
Більше 4 до 20	2
Більше 20 до 30	3
Більше 30	4

При різнотовщинності більшій ніж вказано в таблиці 11.2 на деталі, яка має більшу товщину необхідно зробити скіс з однієї або з двох сторін, до товщини тонкої деталі, як вказано на рисунку 11.7. При цьому конструктивні елементи підготовки крайків і розміри шва зварювання приймають за меншою товщиною.

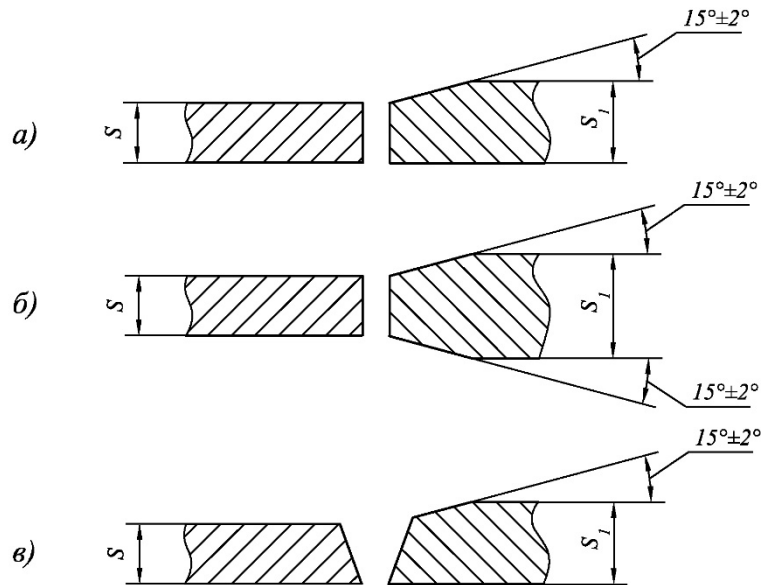


Рисунок 11.7 - Варіанти виконання скосів:
a - однобічний, *б*- двобічний, *в* - однобічний зі скосом крайків.

Зварювання стикових з'єднань деталей трубопроводів нерівної товщини, при різниці не більше значень, вказаних в таблиці 11.3, виконуються за загальними правилами. Конструктивні елементи підготовки крайок вибираються за більшою товщиною.

Таблиця 11.3 - Допустима різнотовщинність деталей трубопроводів

Розміри в міліметрах

Товщина тонкої деталі	Різниця товщини деталей
До 3	1
Більше 3 до 7	2
Більше 7 до 10	3
Більше	4

При різнотовщинності більшій ніж вказано в таблиці 11.3 на деталі більшої товщини необхідно виконати скіс до товщини тонкої деталі S , як вказано на рисунку 11.7. При цьому конструктивні елементи підготовки крайків і розміри шва приймають за меншою товщиною.

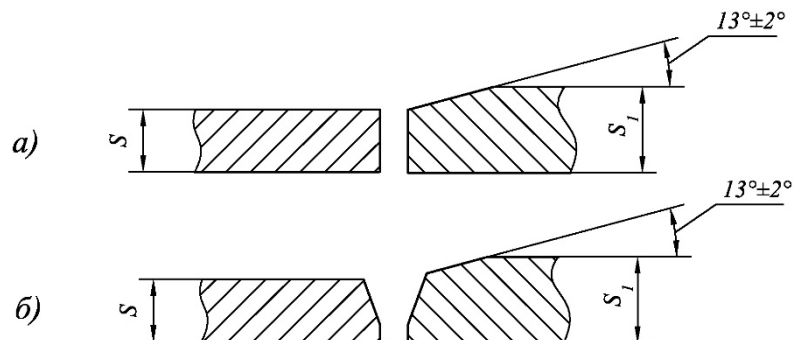


Рисунок 11.7 - Варіанти виконання скосів на деталях трубопроводів:
a - без додаткових скосів крайків; *б* – з додатковими скосами крайків.

Товщини стін патрубків штуцерів, люків вибирають при проектуванні в залежності від товщини стінки апарата, приблизне співвідношення яких наведено в таблиці 2.12.

Таблиця 11.4 - Приблизні співвідношення товщин стінок апарата і патрубків
Розміри в міліметрах

Товщина стінок посудини або апарата, S	4	6	8-10	12-14	16-18	20-24	26-38	40-70	75-80	85-90	95
Товщина стінок патрубки, S_1 не менше	3	4	5	6	8	10	12	14	15	18	20

Конструкцію, розміри, загальні технічні вимоги та умовні позначення покритих металевих електродів для ручної дугової зварки сталей установлює ГОСТ 9467.

3 Зображення швів зварних з'єднань

Незалежно від способу зварювання шви з'єднань умовно зображують на кресленку: суцільною основною лінією (Рис. 11.8, а), невидимі-штриховою лінією (Рис. 11.8, б). Видиму одиночну зварну точку незалежно від способу зварювання позначають умовно знаком «+» (Рис. 11.8, в). невидимі одиночні точки зварювання не позначають.

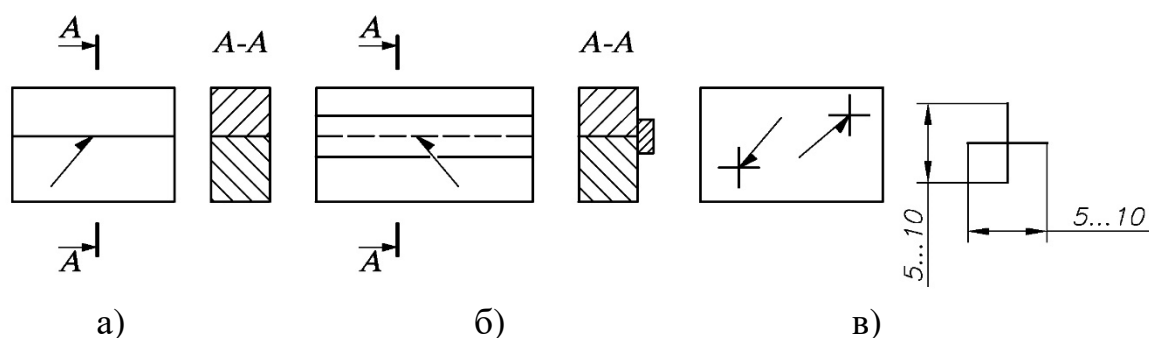


Рис. 11.8 - Зображення стандартних швів:
а – видимого; б – невидимого; в - точкового

Нестандартні шви зображують з нанесенням конструктивних елементів, необхідних для виконання шва за даним кресленком (Рис. 11.9). В технічних умовах виконують запис: «зварювання ручне електродугове».

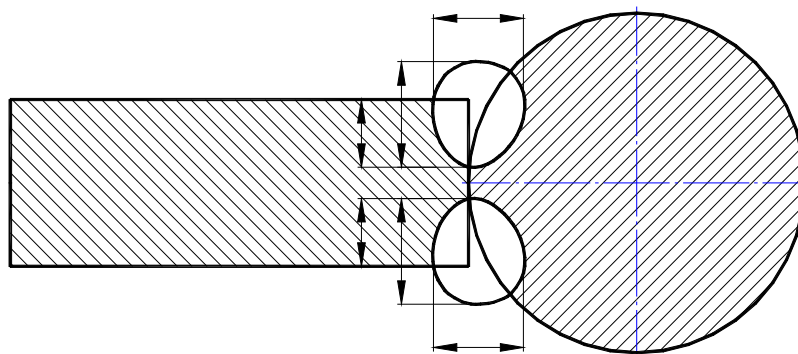


Рис. 11.9 - Зображення нестандартного шва

4 Умовне позначення швів

Умовне позначення швів зварних з'єднань виконують за ГОСТ 2.312. Структуру умовного позначення стандартного шва або точки зварювання наведено на рисунку 11.10.

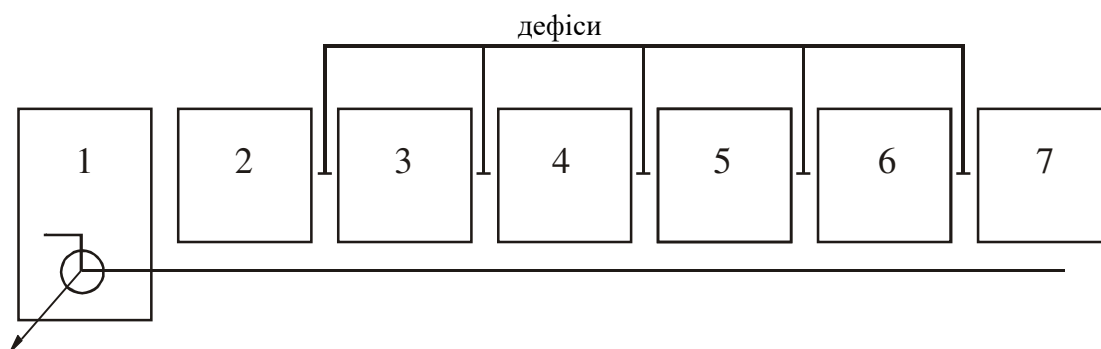
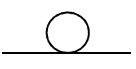
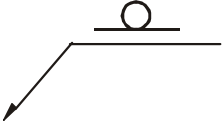
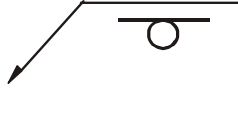

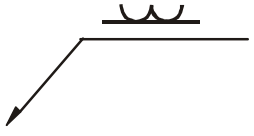

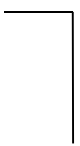
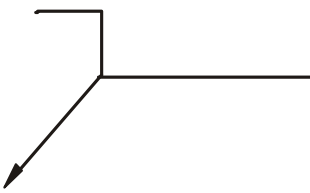

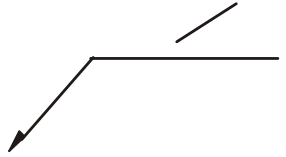
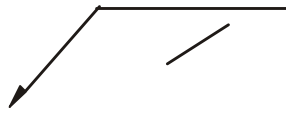

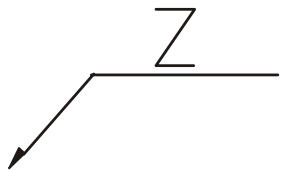
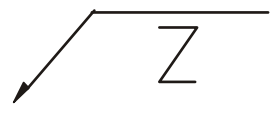

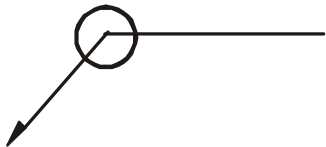

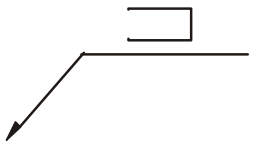
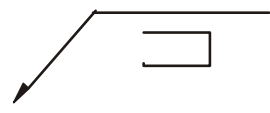


Рисунок 11.10 - Структура умовного позначення стандартного шва

В умовному позначенні зварного шва цифри означають:

- 1- додаткові знаки шва по замкненій лінії і монтажного шва;
- 2 - позначення стандарту на типи та конструктивні елементи швів;
- 3 - літерно - цифрове позначення швів;
- 4 - умовне позначення способу зварювання (допускається не вказувати) (табл. 11.1);
- 5 - знак \triangle і розмір катета;
- 6 - характеристика шва або одиночної точки зварювання, (для переривчастого шва-довжина зварюваної ділянки, знак Z чи / та шаг)4
- 7 - допоміжні знаки, які вибирають із таблиці 11.5.

Таблиця 11.5 - Допоміжні знаки в умовному позначенні швів

Допоміжний знак	Значення допоміжного знаку	Розташування допоміжного знаку відносно полочки лінії-виноска, проведеної до зображення шва	
		з лицьового боку	зі зворотного боку
1	2	3	4
	Підсилення шва зняти		
	Напливи й нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу		
	Шов виконати під час монтажу виробу, тобто при встановленні виробу за монтажним креслеником на місці використання		
	Шов переривчастий або точковий з ланцюговим розташуванням, кут нахилу лінії - 60°		
	Шов переривчастий або точковий з шаховим розташуванням		
	Шов по замкненій лінії. Діаметр знака 3..5 мм		
	Шов по незамкненій лінії (знак використовують, коли розташування шва зрозуміле з кресленика)		

Лінію виноску з одnobічною стрілкою, яка закінчується горизонтальною поличкою, краще проводити від зображення видимого шва. Розрізняють лицьовий і зворотній боки швів (рисунок 11.11).

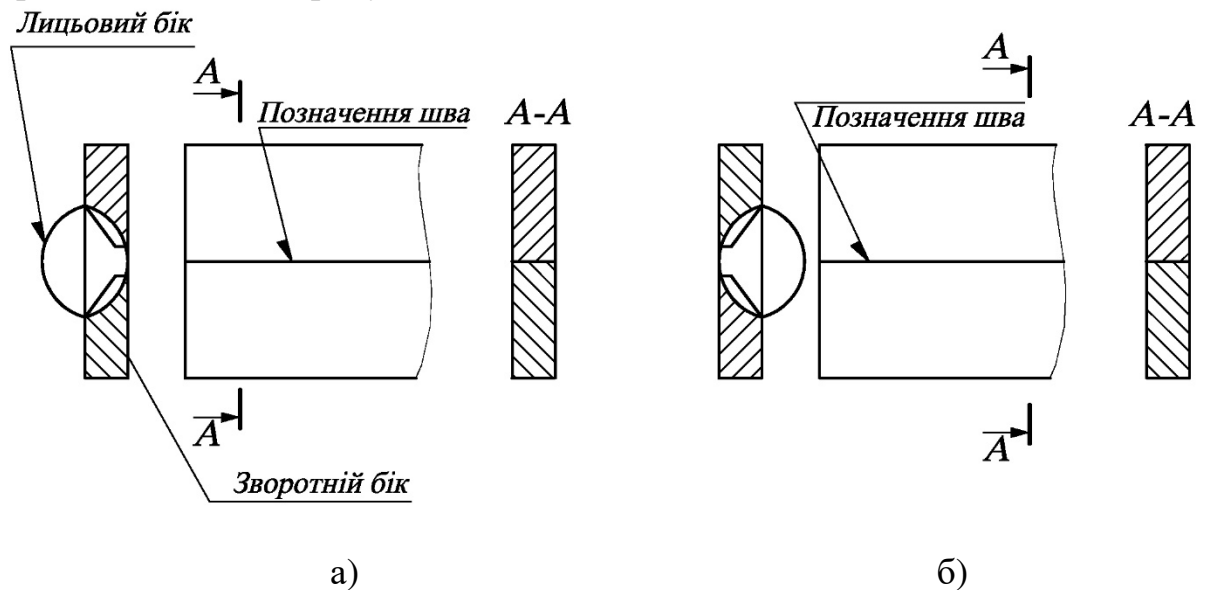


Рисунок 11.11 – Варіанти позначення швів:
а – лицьового; б - зворотного

Якщо стрілка лінії - виноска спрямована на лицьовий бік шва (Рис. 11.11, а), то умовне позначення наносять над поличкою, якщо на зворотній - під поличкою (Рис. 11.11, б).

За лицьовий бік одnobічного шва приймають той бік, з якого провадять зварювання основного шва. За лицьовий бік двобічного шва з симетричними скосами може бути прийнятий будь-який бік.

В умовному позначенні шва допоміжні знаки (табл. 11.5) виконують суцільними тонкими лініями. Висота цих знаків повинна дорівнювати висоті цифр, які входять у позначення шва. Знак катету шва (рівнобічний прямокутний трикутник) виконують суцільними тонкими лініями. Висота знаку і цифр, які входять до позначення шва, має бути однаковою.

5 Спрощення у позначенні швів зварних з'єднань

У позначенні зварних швів допускаються деякі спрощення:

1) якщо на кресленіку показано декілька однакових швів, то їм присвоюють один і той самий номер, який вказують на полиці лінії - виноска, замість умовного позначення; повне умовне позначення записують лише для одного з цих швів, вказуючи кількість швів і їхній порядковий номер (Рис. 11.12).

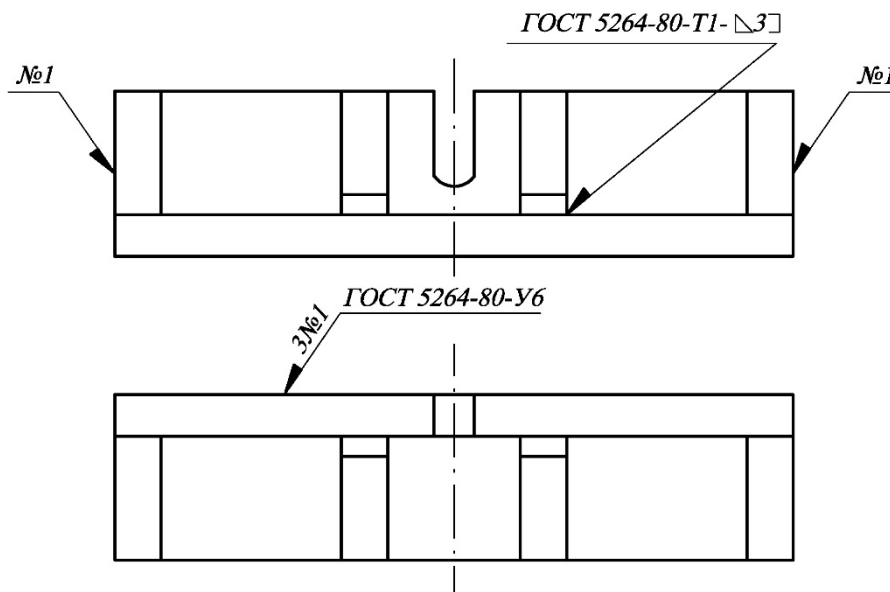


Рисунок 11.12 - Приклад позначення швів на кресленку виробу

Якщо всі шви однакові, то порядковий номер не присвоюється, а лінії - виноски виконують без поличок, за винятком шва, на якому записується умовне позначення (Рис. 11.13);

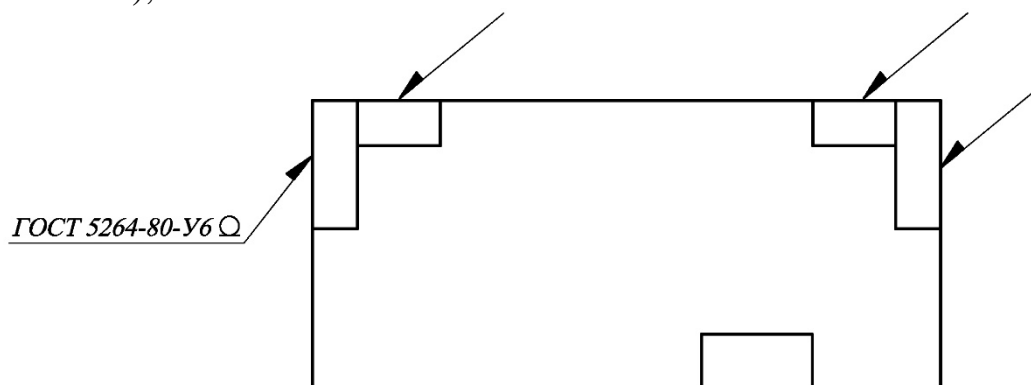


Рисунок 11.13 - Позначення однотипних швів виробу

2) якщо всі шви на кресленку виконані за одним стандартом, то в умовному позначенні кожного шва номер стандарту не проставляють, а в технічних вимогах роблять запис типу «Зварні шви.... за....» чи у таблиці;

3) на кресленку симетричного виробу допускається відмічати лініями - виносками й позначати шви на одній із симетричних частин (Рис. 11.14);

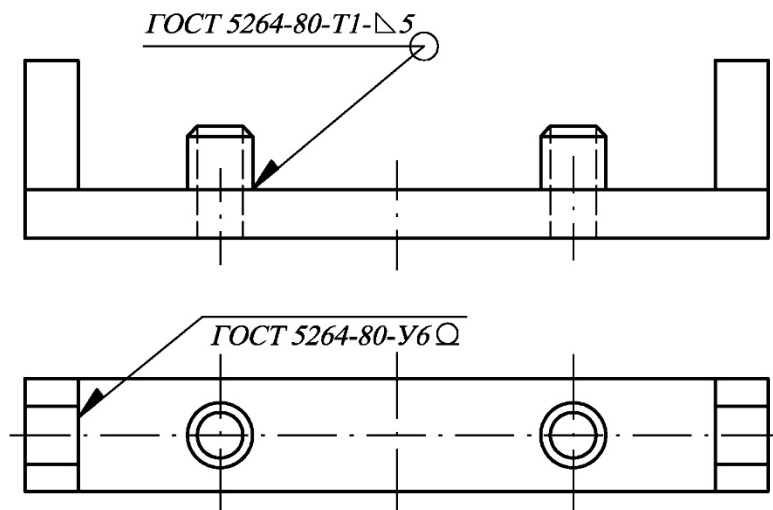


Рисунок 11.14 - Позначення швів на кресленнику симетричного виробу

4) якщо виріб має кілька однакових складових частин, які приварені однаковими швами, то допускається шви позначати лише в одній із зображених частин (Рис. 11.15);

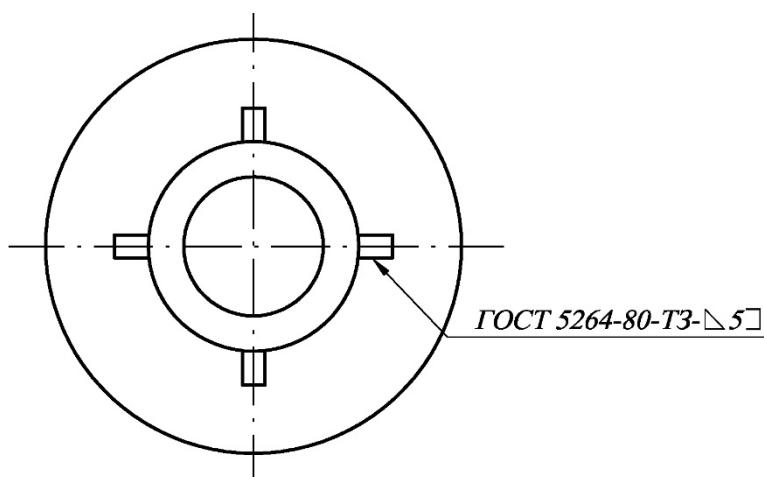


Рисунок 11.15 - Позначення швів однакових складових частин виробу

5) допускається взагалі не відмічати на кресленнику шви лініями-виносками, а про зварювання вказувати записом у технічних вимогах, якщо такий запис однозначно визначає місце та способи зварювання, типи швів, їх розташування і розміри конструктивних елементів у поперечному перерізі, наприклад: «Зварні шви за ГОСТ 5264-80-T7-Δ 4».

Контрольні питання

1. Які з'єднання називають нерознімними?
2. Які з'єднання називають зварними?

3. Як класифікують зварні з'єднання залежно від взаємного розміщення деталей?
4. Які є способи зварювання? Охарактеризуйте їх.
5. Які особливості зварювання деталей різної товщини?
6. Основні типи з'єднань деталей зварюванням і їх позначення на кресленнях.
7. Які спрощення використовують при позначеннях зварних швів
8. Які особливості в позначенні невидимих зварних швів?

ТЕМА 12

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Зміст теми:

1. Принципи створення системи автоматизованого проектування (САПР)
2. Склад і структура САПР
3. Предмет і область застосування комп'ютерної графіки
4. Відображення інформації
5. Проектування
6. Моделювання
7. Графічний інтерфейс користувача

1 Принципи створення системи автоматизованого проектування (САПР)

Проектування - процес складання опису, необхідного для створення в заданих умовах ще не існуючого об'єкта, на основі первинного опису цього об'єкта і алгоритму його функціонування. Проектування містить у собі комплекс робіт із знаходження, дослідження, розрахунками і конструювання, що мають метою одержання опис предмета проектування, необхідного і достатнього для створення нового виробу чи виробу реалізації нового процесу, що задовольняє заданим вимогам.

Під автоматизацією проектування розуміється такий спосіб виконання процесу розробки проекту, коли проектні процедури й операції здійснюються розроблювачем виробу при тісній взаємодії з ЕОМ. Автоматизація проектування припускає систематичне використання засобів обчислювальної техніки при раціональному розподілі функцій між проектувальником і ЕОМ і обґрунтованому виборі методів машинного рішення задач.

Для створення систем автоматизованого проектування (САПР) необхідні:

- удосконалювання проектування на основі застосування математичних методів і засобів обчислювальної техніки;
- автоматизація процесу пошуку, обробки і видачі інформації;
- використання методів оптимізації і різноманітного проектування;
- застосування ефективних математичних моделей проєктованих об'єктів, що входять до складу комплектуючих виробів і матеріалів;
- створення банків даних, що містять систематизовану інформацію довідкового характеру, необхідну для автоматизованого проектування об'єктів;
- підвищення якості оформлення проектної документації;
- збільшення творчої частки праці проектувальників за рахунок автоматизації нетворчих робіт;
- уніфікація і стандартизація методів проектування;
- підготовка і перепідготовка фахівців в області САПР;
- взаємодія проектних підрозділів з автоматизованими системами різного рівня і призначення.

САПР - комплекс засобів автоматизації проєктування, взаємозалежних з необхідними підрозділами проєктної організації або колективом фахівців (користувачем системи), що виконує автоматизоване проєктування. САПР поєднує технічні засоби, математичне і програмне забезпечення, параметри і характеристики яких вибирають з максимальним врахуванням особливостей задач інженерного проєктування і конструювання. У САПР забезпечується зручність використання програм за рахунок застосування засобів оперативного зв'язку інженера з ЕОМ, спеціальних проблемно-орієнтованих мов і інформаційно-довідкової бази.

Основна функція САПР - виконання автоматизованого проєктування на всіх окремих стадіях проєктування об'єктів і їхніх складових частин. При створенні САПР і їхніх складових частин варто керуватися принципами системної єдності, сумісності, типовості, розвитку.

Принцип системної єдності забезпечує цілісність системи і системну "свіжість" проєктування окремих елементів і всього об'єкта проєктування в цілому (ієрархічність проєктування).

Принцип сумісності забезпечує спільне функціонування складових частин САПР і зберігає відкриту систему в цілому.

Принцип типовості орієнтує на переважне створення і використання типових і уніфікованих елементів САПР.

Типізації підлягають елементи, що мають перспективу багаторазового застосування. Типові й уніфіковані елементи періодично проходять експертизу на відповідність сучасним вимогам САПР і модифікуються в міру необхідності.

Створення САПР з урахуванням принципу типізації повинне передбачати розробку базового варіанта комплексу засобів автоматизованого проєктування (КСАП) і його компонентів, а також створення модифікації комплексу засобів автоматизованого проєктування і його компонентів на основі базового варіанта.

Принцип розвитку забезпечує поповнення, удосконалювання і відновлення складових частин САПР, а також взаємодія і розширення взаємозв'язку з автоматизованими системами різного рівня і функціонального призначення.

Розробка САПР являє собою велику науково-технічну проблему, а її упровадження вимагає значних капіталовкладень.

2 Склад і структура САПР

Складовими структурними частинами САПР, жорстко зв'язаними з організаційною структурою проєктної організації, є підсистеми, у яких за допомогою спеціалізованих комплексів засобів зважується функціонально закінчена послідовність задач САПР.

За призначенням підсистеми поділяють на проєктуючі і обслуговуючі.

Проєктуючі підсистеми. Вони мають об'єктну орієнтацію і реалізують визначений етап (стадію) проєктування або групу безпосередньо пов'язаних проєктних задач. Приклади проєктуючих підсистем: ескізне проєктування виробів, проєктування корпусних деталей, проєктування технологічних процесів механічної обробки.

Обслуговуючі підсистеми. Такі підсистеми мають загальносистемне застосування і забезпечують підтримку функціонування проєктуючих підсистем, а також оформлення, передачу і вивід отриманих результатів. Приклади обслуговуючих підсистем: автоматизований банк даних, підсистеми документування, підсистема графічного введення-висновку.

Системна єдність САПР забезпечується наявністю комплексу взаємозалежних моделей, що визначають об'єкт проєктування в цілому, а також комплексом системних інтерфейсів, що здійснюють зазначений взаємозв'язок. Системна єдність усередині підсистем, що проєктують, забезпечується наявністю єдиної інформаційної моделі тієї частини об'єкта, проєктне рішення по якій повинно бути отримане в даній підсистемі.

3 Предмет і область застосування комп'ютерної графіки

Комп'ютерна графіка - це область інформатики, яка охоплює всі сторони формування зображень за допомогою комп'ютера. З'явившись в 1950-х роках, вона спочатку давала можливість виводити лише кілька десятків відрізків на екрані. В наші дні засоби комп'ютерної графіки дозволяють створювати реалістичні зображення, не поступаються фотографічним знімкам. Створено різноманітне апаратне і програмне забезпечення для отримання зображень самого різного виду та призначення - від простих креслеників до реалістичних образів природних об'єктів. Комп'ютерна графіка використовується практично у всіх наукових і інженерних дисциплінах для наочності сприйняття і передачі інформації. Застосування її для підготовки демонстраційних слайдів уже вважається нормою. Тривимірні зображення використовуються в медицині (комп'ютерна томографія), картографії, поліграфії, геофізиці, ядерної фізики та інших областях. Телебачення і інші галузі індустрії розваг використовують анімаційні засоби комп'ютерної графіки (комп'ютерні ігри, фільми). Загальноприйнятою практикою вважається також використання комп'ютерного моделювання при навчанні пілотів і представників інших професій (тренажери). Знання основ комп'ютерної графіки зараз необхідно і інженеру, і вченому.

Кінцевим результатом застосування засобів комп'ютерної графіки є зображення, яке може використовуватися для різних цілей. Оскільки найбільша кількість інформації людина отримує за допомогою зору, вже в стародавні часи з'явилися схеми і карти, використовувані при будівництві, в географії і в астрономії.

Сучасна комп'ютерна графіка - це досить складна, ґрунтовно опрацьована і різноманітна науково-технічна дисципліна. Деякі її розділи, такі як геометричні перетворення, способи опису кривих і поверхонь, до теперішнього часу вже досліджені досить повно. Ряд областей продовжує активно розвиватися: методи растрового сканування, видалення невидимих ліній і поверхонь, моделювання кольору й освітленості, текстурування, створення ефекту прозорості та напівпрозорості та ін.

Сфера застосування комп'ютерної графіки включає чотири основні області.

4 Відображення інформації

Проблема подання накопиченої інформації (наприклад, даних про кліматичні зміни за тривалий період, про динаміку популяцій тваринного світу, про екологічний стан різних регіонів і т.п.) краще за все може бути вирішена за допомогою графічного відображення.

Жодна з областей сучасної науки не обходиться без графічного представлення інформації. Крім візуалізації результатів експериментів і аналізу даних натурних спостережень існує велика область математичного моделювання процесів і явищ, яка просто немислима без графічного виводу. Наприклад, описати процеси, що протікають в атмосфері або океані, без відповідних наочних картин течій або полів температури практично неможливо. В геології в результаті обробки тривимірних натурних даних можна отримати геометрію пластів, що залягають на великій глибині.

В медицині в даний час широко використовуються методи діагностики, які використовують комп'ютерну візуалізацію внутрішніх органів людини. Томографія (зокрема, ультразвукове дослідження) дозволяє отримати тривимірну інформацію, яка потім піддається математичній обробці і виводиться на екран. Крім цього застосовується і двовимірна графіка: енцефалограми, міограма, що виводяться на екран комп'ютера або Графобудівник.

5 Проєктування

У будівництві та техніці креслення давно являють собою основу проєктування нових споруд або виробів. Процес проєктування з необхідністю є ітеративним, тобто конструктор перебирає безліч варіантів з метою вибору оптимального з яких-небудь параметрами. Не останню роль в цьому відіграють вимоги замовника, який не завжди чітко уявляє собі кінцеву мету і технічні можливості. Побудова попередніх макетів - досить довга і дорога справа. Сьогодні існують розвинені програмні засоби автоматизації проєктно-конструкторських робіт (САПР), що дозволяють швидко створювати креслеників об'єктів, виконувати розрахунки на міцність і т.п. Вони дають можливість не тільки зобразити проєкції виробу, але і розглянути його в об'ємному вигляді з різних сторін. Такі кошти також надзвичайно корисні для дизайнерів інтер'єру, ландшафту.

6 Моделювання

Під моделюванням в даному випадку розуміється імітація різного роду ситуацій, що виникають, наприклад, при польоті літака або космічного апарату, русі автомобіля і т.п. В англійській мові це найкраще передається терміном моделювання. Але моделювання використовується не тільки при створенні різного роду тренажерів. У телевізійній рекламі, в науково-популярних та інших фільмах тепер синтезуються рухомі об'єкти, візуально мало поступаються тим, які можуть бути

отримані за допомогою кінокамери. Крім того, комп'ютерна графіка надала кіноіндустрії можливості створення спецефектів, які в минулі роки були просто неможливі. В останні роки широко поширилася ще одна сфера застосування комп'ютерної графіки - створення віртуальної реальності.

7 Графічний інтерфейс користувача

На ранньому етапі використання дисплеїв як одного з пристроїв комп'ютерного виводу інформації діалог "людина-комп'ютер" в основному здійснювався в алфавітно-цифровому вигляді. Тепер же практично всі системи програмування застосовують графічний інтерфейс. Особливо вражаюче виглядають розробки в області мережі Інтернет. Існує безліч різних програм-браузерів, що реалізують в тому чи іншому вигляді засобу спілкування в мережі, без яких доступ до неї важко собі уявити. Ці програми працюють в різних операційних середовищах, але реалізують, по суті, одні і ті ж функції, що включають вікна, банери, анімацію і т.д.

У сучасній комп'ютерній графіці можна виділити такі основні напрямки: образотворча комп'ютерна графіка, обробка та аналіз зображень, аналіз сцен (перцептивна комп'ютерна графіка), комп'ютерна графіка для наукових абстракцій (когнітивна комп'ютерна графіка, тобто графіка, сприяє пізнанню).

Образотворча комп'ютерна графіка своїм предметом має синтезовані зображення. Основні види завдань, які вона вирішує, зводяться до наступних:

- побудова моделі об'єкта й формування зображення;
- перетворення моделі і зображення;
- ідентифікація об'єкта та отримання необхідної інформації.

Обробка та аналіз зображень стосуються в основному дискретного (цифрового) подання фотографій та інших зображень. Засоби комп'ютерної графіки тут використовуються для:

- підвищення якості зображення;
- оцінки зображення - визначення форми, місця розташування, розмірів та інших параметрів необхідних об'єктів;
- розпізнавання образів - виділення і класифікації властивостей об'єктів (при обробці аерокосмічних знімків, введенні креслень, в системах навігації, виявлення і наведення).

Аналіз сцен пов'язаний з дослідженням абстрактних моделей графічних об'єктів і взаємозв'язків між ними. Об'єкти можуть бути як синтезованими, так і виділеними на фотознімках. До таких завдань належать, наприклад, моделювання "машинного зору" (роботи), аналіз рентгенівських знімків з виділенням і відстеженням об'єкта, що цікавить (внутрішнього органу), розробка систем відеоспостереження.

Когнітивна комп'ютерна графіка, тільки формується новий напрям, поки ще недостатньо чітко окреслене. Це - комп'ютерна графіка для наукових абстракцій, що сприяє народженню нового наукового знання. Технічною основою для неї є потужні ЕОМ і високопродуктивні засоби візуалізації.

Контрольні питання

1. Що таке 2D – технологія проектування?
2. Що таке 3D – технологія проектування?
3. Що собою представляє автоматизоване проектування?
4. Що необхідно для створення САПР?
5. Назвіть чотири основні області застосування комп'ютерної графіки
6. Які основні напрямки розвитку комп'ютерної графіки? Які задачі вони вирішують?

ТЕМА 13

ВВЕДЕННЯ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ AUTOCAD

Зміст теми:

- 1 Види і особливості комп'ютерної графіки
- 2 Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD
- 3 Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD
- 4 Використання команд у командному рядку

1 Види і особливості комп'ютерної графіки

Комп'ютерна графіка (також машинна графіка) – область діяльності, в якій комп'ютери використовуються як інструмент для синтезу (створення) зображень, так і для обробки візуальної інформації, отриманої з реального світу. Також комп'ютерною графікою називають результат такої діяльності.

Для роботи з комп'ютерною графікою розроблено безліч класів програмного забезпечення, які постійно оновлюються і поліпшуються. Види комп'ютерної графіки розрізняються за технологіями створення й обробки цифрових зображень. Це растрова графіка, векторна графіка і фрактальна графіка.

Розглянемо деякі особливості векторної графіки порівняно з растровою. Ці два види комп'ютерної графіки найбільш поширені у поліграфії і мультимедіа.

Растрову графіку застосовують при розробці електронних (мультимедійних) і поліграфічних видань. Зображення є мозаїкою з великого числа окремих точок (пікселів), які не розрізняються людським оком. У растровому вигляді можна уявити будь-яке зображення, проте при цьому потрібний великий об'єм пам'яті, необхідний для обробки і зберігання зображень, – розмір файлів для зберігання зображень може досягати декількох десятків мегабайт. Для растрової графіки неминучі спотворення при редагуванні та масштабуванні. Зокрема, збільшення геометричних розмірів зображень супроводжується збільшенням геометричних розмірів пікселів, вони стають видимими, що призводить до появи «зубчиків» на зображенні. Для растрової графіки ускладнюються операції редагування, бо об'єкти для редагування доводиться виділяти вручну.

Програмні засоби для роботи з **векторною графікою**, навпаки, призначені, в першу чергу, для створення ілюстрацій і меншою мірою для їх обробки. Зображення векторної графіки складаються з набору геометричних примітивів, або об'єктів – точок, прямих, кривих, кіл, прямокутників тощо.

Кожний з примітивів описується своїм набором координат, векторів і атрибутів (товщина ліній, колір та ін.). Завдання дизайну, засновані на застосуванні шрифтів і найпростіших геометричних об'єктів, форма яких описана математично, вирішуються засобами векторної графіки набагато простіше. Необхідні елементи (примітиви) легко виділяти і тому зображення векторної графіки легко редагувати. Векторні об'єкти легко трансформуються без погіршення якості, тому зображення можна редагувати без втрат – масштабувати, повертати, деформувати тощо. Якщо

для лінії задана певна товщина, то вона буде залишатися незмінною, незважаючи на збільшення чи зменшення зображення.

Якість друку векторних зображень не пов'язана з розміром зображення. Вони можуть бути надруковані з максимальною роздільною здатністю, яку мають різні пристрої друку.

Для зберігання одного об'єкта потрібні всього 20 – 30 байтів пам'яті. Це означає, що досить складні композиції, які налічують тисячі об'єктів, витрачають лише десятки і сотні Кбайт.

Хоча векторний формат компактніший, але абсолютно не придатний для зберігання якісних фотографічних зображень. Векторна графіка і програми для її створення дуже широко застосовуються в області поліграфії і мультимедіа, для оформлювальних, креслярських і проектно-конструкторських робіт – систем автоматизованого проектування (САПР). Ці кресленики різної складності, діаграми, схеми, логотипи, шрифти, емблеми, фірмові знаки, зображення для упаковок, газетні й рекламні модулі, грошові знаки й цінні папери.

Окрема область векторної графіки – тривимірне моделювання – дозволяє створювати фотореалістичні статичні та динамічні моделі будь-яких пристроїв та виробів, які ще знаходяться на етапі проектування.

2 Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD

Для створення комп'ютерної графіки використовуються спеціальні програми – графічні редактори.

Серед великої кількості апаратних і програмних комп'ютерних засобів створення комп'ютерної графіки необхідно вибирати ті, які оптимально підходять виконанню поставлених завдань.

Слід завжди розуміти, що програма є лише інструментом для вирішення кінцевих завдань, чи то видання журналу, розробка web-сайта, корекція цифрової фотографії, проектування, чи то створення кресленика або тривимірної моделі, але власне задачі все одно повинен вирішувати користувач. Він повинен глибоко розуміти прийоми роботи з растровими і векторними зображеннями і застосовувати їх на практиці.

Для роботи з векторною графікою у різних областях діяльності сьогодні застосовується велика кількість векторних редакторів зі своїми форматами:

редактор Adobe Illustrator – формат .AI, .EPS;

редактор CorelDRAW – формат .CDR, .EPS;

редактор AutoCAD – формат .DWG, .DXF;

програма 3D Studio – формат .3DS, .PRG; програма 3DsMax – формат .MAX;

програма Adobe Acrobat – формат .PDF;

Windows Metafile – формат .WMF, .EMF;

Умовно і формат .INDD програми Adobe InDesign можна назвати векторним форматом.

Формат .DWG є найбільш універсальним форматом. Відкрити його тим або іншим способом можна практично в усіх перелічених програмах векторної графіки і багатьох інших програмах для систем автоматичного проектування.

Можливості сучасних технічних і програмних засобів персональних комп'ютерів дозволяють ефективно автоматизувати конструкторську і технологічну підготовку виробництва. У даний час як фактичний стандарт на програмне забезпечення для випуску конструкторських креслеників затвердилася система AutoCAD, компанії Autodesk, яка є безперечним лідером на ринку програмного забезпечення для САПР. Сучасні автоматизовані робочі місця (АРМ) конструктора використовують систему AutoCAD.

AutoCAD – це графічний редактор, який підтримує процес креслення конструкторських документів на екрані ПК, ведення графічної бази даних і виведення документів на принтери і графічні пристрої. Програма також дозволяє будувати тривимірні моделі об'єктів будь-якої складності і здобувати їх фотореалістичні зображення з різноманітним освітленням, сценами тощо.

Програма AutoCAD володіє неперевершеними можливостями, високою швидкістю роботи, надійністю, зручним інтерфейсом, використовує найсучасніші технології проектування.

Існують три галузі знань, які треба опанувати, щоб стати кваліфікованим користувачем програми AutoCAD: проектування і креслення, операційна система і власне програма AutoCAD.

Проектування і креслення є областю строгої інформації, що вимагає використання точних графічних і накреслювальних вказівок. Правила креслення і конкретні дисципліни (архітектура, механіка, електрика, технологічний процес і так далі) перенеслися з традиційного кресленика на дощці в автоматизований кресленик. Програма AutoCAD реалізує ці правила з множиною додаткових можливостей. Проте програма AutoCAD не вибирає автоматично правильний символ, розмір, тип лінії або інший аспект креслення, щоб застосувати його до поточного кресленика. Користувач повинен знати, як імовірно повинен виглядати остаточний продукт. Потужність і швидкість комп'ютера не замінять професійних знань і не допоможуть дізнатися, як повинне виглядати остаточний кресленик.

Власним форматом для AutoCAD, як уже було сказано, є формат .DWG, розроблений фірмою Autodesk спеціально для опису креслеників.

Він підтримує обмін файлами інших векторних та таких растрових форматів, як: .DXF, .EPS, .BMP, .PCX і багатьох інших.

У сучасних версіях програми AutoCAD створений простий і зручний інтерфейс на основі меню і мови команд, що надає користувачеві зручні й ефективні засоби спілкування з комп'ютером при виготовленні креслеників.

AutoCAD – це багатозадачне середовище проектування – Multiple Design Environment (MDE), повністю відповідна стандартам MS Windows, що використовує багатовіконний інтерфейс, який дає можливість проектувати безліч документів і спільно працювати з ними, тобто вирішувати безліч завдань з необмеженою кількістю креслеників.

MDE надає безліч можливостей для скорочення числа рутинних операцій, таких, як:

- відкриття декількох креслеників;
- перенесення і копіювання об'єктів усередині і між креслениками;
- підтримка копіювання властивостей об'єктів (кольору, шарів, типів ліній, масштабу тощо) від одного кресленика до іншого;
- вирізання, копіювання, вставка об'єктів з одного кресленика в інше;
- послідовне виконання команд між креслениками без відміни поточної команди в кожному з них.

3 Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD

Завантаження AutoCAD

З меню «Пуск» вибрати «Все програми», увійти в папку «Autodesk» і вказати ярлик необхідного «AutoCAD» або клацнути двічі лівою кнопкою миші по піктограмі на Робочому столі.

У діалоговому вікні «Создание нового чертежа» для встановлення параметрів креслення необхідно:

- У вікні «Простейший шаблон» вибрати одиниці виміру. AutoCAD може працювати в двох лінійних одиницях виміру: у міліметрах і дюймах, і різних кутових одиницях, причому одиниці в процесі роботи можуть мінятися. У даному вікні видно встановлені в даний момент лінійні одиниці — вони включені перемикачем **Метрические** (Metric) і це означає, що одиницями вимірів обрані міліметри.
- У вікні «По шаблону» вибрати шаблон, що зберігає початкові установки.
- «Вызов Мастера», а потім - «Быстрая подготовка» або «Детальная подготовка». Буде викликана Майстер-утиліта задання початкових умов для рисунка.

При запуску AutoCAD створюється новий неіменованний рисунок. Користувач може або почати створювати об'єкти в ньому, або завантажити з диска один із уже наявних рисунків.

При відкритті наявного рисунку всім системним перемінним привласнюються значення, що вони мали в ході останнього сеансу роботи з ним; це відбувається завдяки тому, що перемінні зберігаються у файлі разом з рисунком.

Якщо ж рисунок починається знову, користувачу варто задати ряд робочих установок. Звичайно це робиться автоматично за допомогою Майстра підготовки. AutoCAD дозволяє змінювати установки і в ході сеансу, якщо в цьому виникає необхідність.

Масштаб задає співвідношення одиниць рисунка і виведеного на плоттер кресленика. У AutoCAD немає необхідності враховувати масштаб у ході побудов. Всі об'єкти кресляться в натуральну величину, а потім при необхідності масштабуються.

Для зручності орієнтації в поточних одиницях на екран може бути виведена сітка – набір точок, розташованих на заданій відстані одна від одної. Це, зокрема,

попереджає помилки креслення у випадках частої зміни екранного збільшення рисунку.

Ліміти вказують, яка частина графічної області AutoCAD призначена для креслення. Сітка зображується тільки в межах лімітів. Крім того, ліміти впливають на деякі операції щодо зміни видимої частини рисунку.

Встановлений набір параметрів сеансу можна зробити доступним і в знову створюваних рисунках. Для цього варто зберегти рисунок як шаблон. Шаблон звичайно являє собою рисунок, що не містить ніяких графічних об'єктів і використовується тільки для збереження стандартних значень системних перемінних.

Користувальницький інтерфейс

При першому запуску AutoCad за замовченням з'являється екран програми (Рис. 13.1). Він складається з наступних елементів:

- падаюче меню (самий верхній рядок меню);
- стандартна панель інструментів (другий рядок);
- рядок властивостей об'єктів (третій рядок);
- рядок стану (нижній рядок);
- вікно командних рядків (відразу перед рядком стану);
- панелі інструментів;
- екранне меню (необов'язково, стовпець праворуч);
- графічне поле.

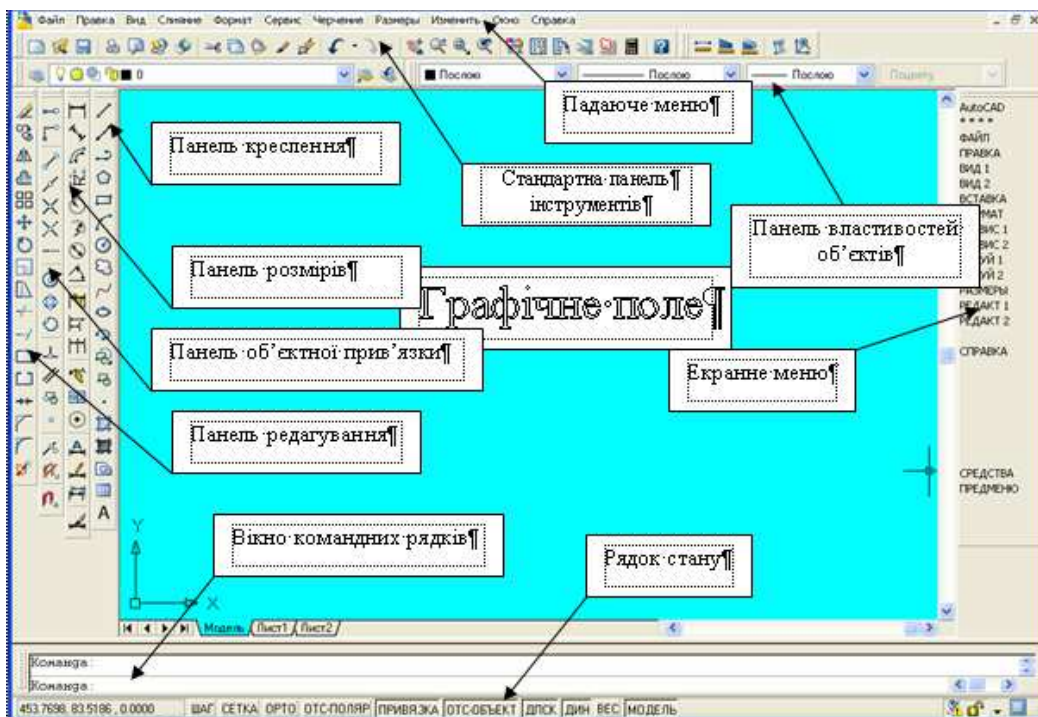


Рисунок 13.1 - Вікно програми AutoCAD після запуску (класичний AutoCAD)

Рядок падаючого меню містить розділи-пункти, в яких згруповані команди AutoCad згідно з їх функціональним призначенням.

Стандартна панель інструментів – містить кнопки команд керування і деяких спеціалізованих команд.

Рядок властивостей об'єктів – містить панелі створення і керування шарами, панелі зміни кольору, типу, ваги лінії примітивів.

Рядок стану – містить координати курсору і кнопки включення/відключення режимів креслення.

Вікно командних рядків – служить для введення команд і ведення діалогу з AutoCAD.

Панелі інструментів – містять кнопки команд креслення, команд редагування. Дані панелі найбільш використовувані і тому вони відразу відображаються. Усього панелей 35. При необхідності можна відображати й інші панелі.

Екранне меню – містить меню, підменю, команди, ключі.

Графічне поле – це великий простір у середині робочого вікна AutoCAD, в якому виконуються всі побудови і ведуться операції з редагування.

Перехрестя курсору, що керується пристроєм зазначення (використовується миша), призначено для зазначення точок і вибору об'єктів рисунку.

Призначення керуючих клавіш:

F1 - виклик допомоги системи.

F2 - виклик текстового вікна AutoCAD.

F3 - вкл/відкл режиму «Привязка».

F6 - вкл/відкл відображення координат курсору.

F7 - вкл/відкл зображення сітки.

F8 - вкл/відкл режиму по осях координат ORTHO(ОРТО).

F9 - вкл/відкл режиму фіксації з заданим кроком.

F10 - вкл/відкл керування з планшета.

Операції з файлами рисунків

Кресленики (рисунки) системи AutoCAD зберігаються у файлах з розширенням *dwg*. Імена файлів можуть містити українські, російські і латинські букви, цифри, спеціальні знаки, а також пробіли. Інші символи (крапки, коми і т.п.), як правило, не допускаються, оскільки є службовими і можуть бути неправильно інтерпретовані операційною системою Windows. Для зручності роботи бажано кресленики зберігати в окремих папках.

Рядок падаючих меню містить засоби роботи з креслениками за допомогою вкладок:

– **File (Файл)** - меню роботи з файлами;

– **Edit (Правка)** - меню редагування частин графічного поля робочого столу Windows;

– **View (Вид)** - містить команди керування екраном, панорамування, переключення режимів простору листа і простору моделі, установки «точки зору», видалення невидимих ліній, зафарбування, тонування, керування параметрами дисплея; дозволяє встановлювати необхідні панелі інструментів;

– **Insert (Вставка)** - забезпечує вставку блоків, зовнішніх об'єктів, об'єктів інших додатків;

– **Format (Формат)** - забезпечує роботу із шарами, кольором, типами ліній; керування стилем тексту, розмірів, типом маркера точки, стилем мультилінії; установку одиниць виміру, границь креслеником;

- **Tools (Сервіс)** – містить засоби керування системою, екраном користувача, включає установку параметрів кресленника і прив'язок за допомогою діалогових вікон, забезпечує роботу з користувальницькою системою координат;
- **Draw (Черчение)** - містить команди креслення;
- **Dimension (Размеры)** - містить команди простановки розмірів і керування параметрів розмірів;
- **Modify (Изменить)** - включає команди редагування елементів креслення;
- **Window (Окно)** – розділ, що дозволяє за допомогою своїх команд налагодити одночасне відображення відразу декількох креслеників;
- **Help (Помощь)** - містить могутню систему гіпертекстових підказок.

Панелі

За замовчуванням на екрані завжди присутня панель «Стандартная». З її допомогою можна виконувати такі часто використовувані операції, як скасування дій, зумування, а також викликати стандартні засоби роботи з файлами, друкування, перевірки орфографії і тощо. На екрані одночасно можуть знаходитися кілька панелей; їх можна редагувати, змінювати їхні розміри, закріплювати їх або робити плаваючими.

Також після установки AutoCAD присутня панель «Свойства объектов». Інструменти в панелі «Свойства объектов» можна використовувати для швидкого перегляду і зміни шарів, кольору і типу лінії для об'єкта. Керуючі списки «Слои», «Цвета», «Типи ліній» і «Веса ліній» на панелі «Свойства объектов» поєднують команди, необхідні для перегляду і редагування властивостей об'єкта. При виборі будь-якого об'єкта на кресленику в момент, коли немає активних команд, відбувається динамічне відображення його шарів, кольору, типу лінії і ваги лінії в керуючих списках панелі «Свойства объектов».

Крім цих панелей в AutoCAD є ще й інші панелі інструментів. Усього їх 35.

Для виклику необхідної панелі на екран потрібно клацнути правою кнопкою миші по будь-якій видимій панелі і у списку, що розкрився, вибрати назву потрібної панелі, Забрати непотрібну панель з екрана можна, проробивши те ж саме ще раз.

Після відображення нової панелі вона з'являється у вигляді окремого вікна. Можна за допомогою миші перетягнути її в будь-яке зручне місце.

4 Використання команд у командному рядку

Система AutoCAD створена для інтерактивної роботи користувача. Увесь діалог з системою йде на мові команд.

Є три основні способи введення команд:

1. Кнопка на панелі інструментів.
2. Вибір відповідного пункту меню (для класичного інтерфейсу).
3. У командному рядку.

Кнопка на будь-якій панелі інструментів дозволяє вибрати той чи інший примітив, команду або режим. Панелей інструментів у класичному режимі меню дуже багато і, щоб не заплутатись, слід підключати ті панелі, які в даний момент

необхідні і вилучати ті, що у подальшому не є необхідними. Підключати і вилучати ті чи інші панелі інструментів можна зі списку, клацнувши правою кнопкою миші на будь-якій підключеній панелі інструментів. При затриманні миші на піктограмі інструмента, поруч з покажчиком спочатку з'явиться коротка інформація про команду, а потім більш детальна довідка.

Для стрічкового інтерфейсу до цієї інформації додається приклад застосування команди. В обох випадках повну довідкову інформацію можна дістати натисненням клавіші.

Для виконання будь-яких дій можна використати стрічку меню. Наприклад, щоб накреслити коло у класичному робочому просторі, необхідно виконати команду «**Рисование-Круг-Центр, радиус**».

Після вибору будь-якої команди за допомогою панелей інструментів або меню, команда автоматично дублюється у командному рядку. Тому найбільш універсальний спосіб введення команд – це набір їх в командному рядку у відповідь на запрошення Команда: (Command:). Найменування команд можете вводити у будь-якому регістрі (верхньому або нижньому). В російськомовній версії AutoCAD можна користуватися російськими іменами команд або англійськими з попереднім знаком підкреслення (так, наприклад, в російськомовній версії команду ОТРЕЗОК можна замінити командою LINE. Крім того, в англійській версії також допускається форма команди з символом підкреслення.

У загальному випадку команди у командному рядку виглядають як запрошення, на які користувач повинен відповісти відповідними значеннями:

Центр круга или [3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]: 200,100

Радиус круга или [Диаметр] : 200.10:

На перше запрошення необхідно ввести координати X,Y для центра кола, наприклад 200, 100. У квадратних дужках показані альтернативні режими побудови кола, достатньо ввести тільки одну прописну літеру, якщо користувач вибрав альтернативний варіант.

У наведеному прикладі замість слова **Диаметр** достатньо ввести літеру <д> чи <Д>. У кутових дужках показано запропоноване програмою значення параметра (радіуса) 363,854, але користувач змінив значення радіуса на 200,1.

Циклічний перебір команд з метою їх повторного використання здійснюється клавішами <↑>, <↓>.

Клацанням правої кнопки миші в області вікна командних рядків викликає контекстне меню, де можна вибрати останні шість команд.

Після набору команди на клавіатурі і натиснення клавіші <Enter> команда виконується. Поки клавіша <Enter> не натиснута, можна відредагувати набраний в командному рядку текст. Після натиснення клавіші <Enter> може бути запрошена додаткова інформація – координати точок параметри, режими – у командному рядку з'явиться наступне запрошення. Перервати виконання будь-якої команди можна, натиснувши клавішу <Esc>. Проглянути протокол роботи з поточним кресленням можна в Текстовому вікні (Text Window), натиснувши функціональну клавішу <F2>. У вікні можна проаналізувати хід виконання кресленника, знайти по-

милки, скопіювати ті чи інші команди для їх повторного використання тощо. Прибрати текстове вікно можна, натиснувши ще раз клавішу <F2> чи скориставшись стандартною кнопкою, розміщеною у верхньому правому кутку вікна.

Контрольні питання

1. Які два способи представлення зображень ви знаєте?
2. Перелічіть переваги і недоліки векторної графіки.
3. Які формати векторної графіки ви знаєте?
4. Дайте визначення основних елементів стрічкового інтерфейсу – стрічка, вкладки, тематичні панелі, інструменти.
5. Назвіть режими відображення стрічки.
6. Яким чином на робочий стіл виводяться додаткові панелі інструментів і окремі кнопки, необхідні для роботи?
7. Для чого існує два види вкладок – Простір моделі і Простір аркушів?
8. Як відключити/підключити панель Інструментальні Палітри (Tool Palettes) при запуску програми?
9. Що відбувається при натисненні функціональних клавіш F1, F2, F7?
10. Як виконується запис файлу на диск і вихід з системи AutoCAD?

ТЕМА 14

НАЛАШТУВАННЯ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА СИСТЕМИ AUTOCAD

Зміст теми:

- 1 Налаштування робочого середовища системи AutoCAD
- 2 Створення нового кресленника з використанням шаблонів
- 3 Система координат. Поворот і переміщення системи координат
- 4 Застосування прямокутних і полярних координат

1 Налаштування робочого середовища системи AutoCAD

Запуск програми AutoCAD можна здійснювати по-різному.

Якщо відкривається раніше підготовлений і збережений кресленник (файл формату DWG), то всі параметри відкриття і налаштування робочого середовища залишаються такими, якими вони були при завершенні роботи.

При відкритті програми з «нуля», тобто для створення нового документа початок роботи може бути різний – все залежить від значення системною змінної STARTUP, яка приймає два значення:

0 – вікно «Создание нового чертежа» (Рис. 14.1) не з'являється при створенні нових документів, і використовуються раніше встановлені налаштування;

1 – вікно «Создание нового чертежа» з'являється, і можливе попереднє налаштування кресленників.

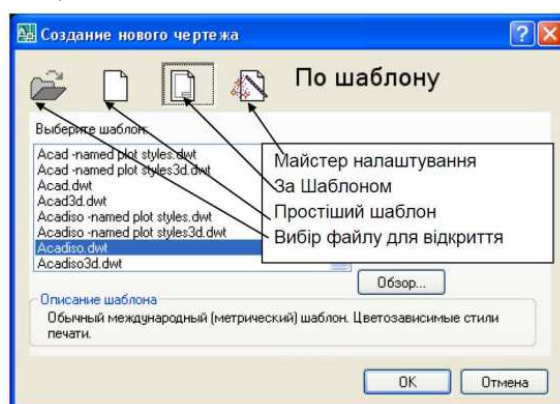


Рисунок 14.1 - Вікно «Создание нового чертежа»

Часто для створення нового кресленника зручно використовувати готовий шаблон, який вже містить певні установки параметрів кресленника і тому немає сенсу кожного разу втрачати час на однотипні початкові установки.

Крім того, шаблон може містити штампи і різні елементи креслення, які найчастіше використовуються при їх створенні.

Вибір шаблонів і початкові налаштування зручно проводити за допомогою Майстра налаштування, який запускається у вікні «Создание нового чертежа».

У вікні «Майстра» можна провести «Быстрое (Quick Setup)» і «Детальное (Advanced)» налаштування. Швидке налаштування дозволяє налаштувати тільки два параметри: одиниці вимірювання і розміри робочого поля.

Детальне налаштування дозволяє налаштувати одиниці вимірювання, розміри й орієнтацію робочого поля, а також кутові величини.

Для того, щоб створити кресленик, використовуючи шаблон, необхідно в діалоговому вікні «Создание нового чертежа» натиснути кнопку «По шаблону».

При цьому AutoCAD виведе у вікні список доступних шаблонів. За замовчуванням пропонується шаблон *Acadio.dwt*. Після вибору потрібного шаблону AutoCAD відразу привласнить новому кресленнику ім'я за замовчуванням «Чертеж 1 (Drawing 1)» і створить новий кресленик з параметрами і вмістом шаблону.

Якщо відкрити наступний кресленик, то йому буде привласнено ім'я «Чертеж 2 (Drawing 2)» і так далі. При зміні і збереженні створеного кресленника шаблон залишається незмінним.

Після запуску програми AutoCAD для більш ефективної роботи доцільно правильно налаштувати робочий простір відповідно до завдань, що вирішуються. Наприклад, набір панелей інструментів для 3D модулювання відрізняється від набору панелей для 2D креслення. Як вже було сказано, користувач може застосувати класичний або сучасний стрічковий інтерфейс. Перемикання інтерфейсів здійснюється вибором зі списку «Рабочее пространство» (Рис. 14.2).

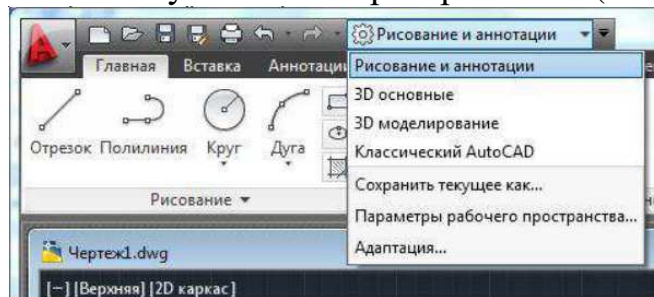


Рисунок 14.2 - Вибір інтерфейсів

Налаштування робочого середовища AutoCAD здійснюється у діалоговому вікні «Настройка (Options)», яке викликається за командою у командному рядку «НАСТРОЙКА» або вибором команди «Настройка» з контекстного меню на робочому полі креслення, у класичному інтерфейсі можна також застосувати меню «Сервис-Настройка». Діалогове вікно «Настройка» містить декілька вкладок, на яких можна установити різні параметри від загальних (системних) до індивідуальних (користувацьких). Так, на вкладці «Экран» можна підключити або вимкнути смуги прокрутки, налаштувати кольори робочого вікна простору «Моделі» і «Листа», якість відображення кривих і багато чого іншого. На вкладці «Пользовательские» налаштувати функції правої кнопки миші, одиниці вимірювання тощо.

2 Створення нового кресленника з використанням шаблонів

Використання шаблонів дозволяє позбутися необхідності виконувати повторювані дії при створенні кресленника. Система AutoCad містить безліч своїх шаблонів, але нам потрібно створити свої шаблони, які будуть відповідати діючим ГОС-Там.

Простір креслення в AutoCad є нескінченним. Навіть при введенні границь креслення задається тільки область простору креслення, що повинна сприйматися як креслення при друку й створенні різних компонентів креслення. При цьому побудову можна здійснювати і за межами цих границь. Більше того на екрані ці границі видні не будуть. Для того, щоб розрізнити границі креслення, їх необхідно явно окреслити, тобто накреслити рамку, що і буде визначати формат листа.

Потім необхідно зберегти створені формати у вигляді шаблону, щоб потім можна було брати їх за основу. Для цього вибрати в меню «Файл»→ «Сохранить как». Далі в діалоговому вікні «Сохранение чертежа», що з'явилося, у полі «Тип файла» вибрати тип .dwt, а потім в полі «Имя файла» задати ім'я шаблону. Натиснути «Сохранить» і шаблон готовий.

3 Система координат. Поворот і переміщення системи координат

У системі AutoCAD усі креслення й моделювання виконуються стосовно певної системи координат. У двовимірному просторі положення точки визначається на площині XY, яка називається площиною побудови. Найбільш широко застосовуються прямокутні (Декартові) і полярні системи координат (Рис. 14.3). У прямокутній системі координат положення точки 1 визначається її проекціями x_1 , y_1 на вісі X, Y. У полярній системі положення точки 1 визначається відстанню від початку системи координат r_1 до точки та кутом від напрямку вісі X до напрямку від початку координат до точки.

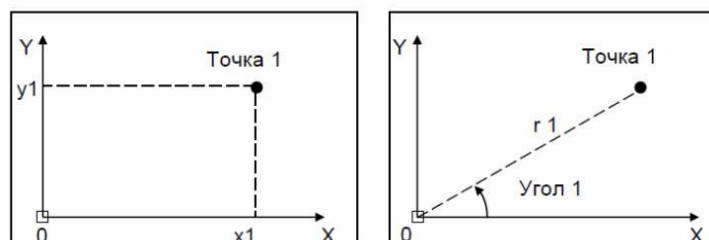


Рисунок 14.3 - Прямокутна та полярна система координат

Вибір прямокутної або полярної системи координат здійснюється після введення координат першої точки креслення послідовним клацанням мишею у рядку лічильника координат.

Кількість прямокутних та полярних систем координат не обмежена. Одна з них – основна – називається світовою системою координат («Мировой Системой Координат – МСК»), співпадає з площиною графічного екрана. Третя вісь Z МСК розташована перпендикулярно екрана і спрямована від екрана до користувача. В якості ознаки світової системи координат піктограма осей має прямокутник в точці початку координат. Після запуску AutoCAD в робочому вікні в лівому нижньому кутку зображується піктограма МСК.

Усі інші системи координат називаються призначеними для користувача («Пользовательскими Системами Координат – ПСК»). ПСК можна зсувати

відносно МСК, переміщати, повертати на будь-який кут. Між усіма системами координат легко перемикається.

Розглянемо приклад застосування ПСК. Нехай на вже накресленому заданому прямокутнику необхідно накреслити декілька кіл із заданими параметрами (Рис. 14.3). Якщо використовувати світову систему координат (МСК), то буде дуже важко нарахувати й указати координати центрів кіл.

Завдання є дуже простим, якщо ввести користувацьку систему координат (ПСК) з вісями X' , Y' , пов'язаними з прямокутником.

Для створення ПСК і роботи з ними слугують дві панелі інструментів ПСК ПСК-2.

За допомогою інструментів панелі ПСК-2 можна створити і вирівняти користувацьку систему координат, пов'язану з заданим прямокутником, як на рисунку 14.4 (кнопка «Объект»). Кнопка «Именованные ПСК» на панелі ПСК дозволить задати ім'я новій користувацькій системі.

Тепер, якщо вибрати створену систему, буде легко накреслити всі необхідні кола. Перемикається на МСК або ту чи іншу користувацьку систему можна за допомогою списку «Управление ПСК» на панелі ПСК.

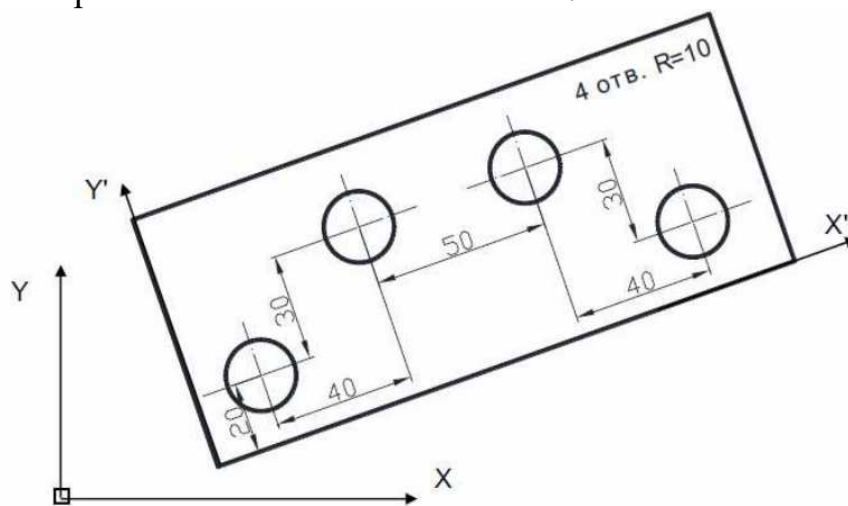


Рисунок 14.4 - Застосування користувацької системи координат (ПСК)

4 Застосування прямокутних і полярних координат

Прямокутна система координат

У AutoCAD застосовуються абсолютні і відносні координати. Абсолютні координати прив'язані до початку базової системи координат. У відносній системі координат координати точок задаються щодо точок раніше побудованих об'єктів кресленика.

Абсолютні прямокутні координати. Коли задається команда «Отрезок» і у відповідь на запрошення вводяться координати початкової і кінцевої точок відрізка, вони відкладаються від точки початку системи координат 0,0. Спершу

відкладається координата X , а потім координата Y (у вигляді X,Y). При необхідності може бути додана третя координата – Z . За замовчуванням вона дорівнює нулю. Дробові частини від цілих відділяються комою.

Відносні прямокутні координати. Вони задають зміщені координати, що відраховуються щодо останньої введеної точки. Ознакою приналежності координат до типу відносних прямокутних координат є наявність символу @ (комерційне «а») перед значеннями координат: @ X,Y .

Приклад 1. Розглянемо застосування відносної системи прямокутних координат для побудови прямокутника зі сторонами, представленими у вигляді відрізків ліній завдовжки 70 мм і 40 мм (Рис. 14.5). Можливий порядок дій: Викликати команду «Отрезок (_Line)» або клацнути на піктограмі «Відрізок» панелі інструментів «Рисование» або вибрати команду «Рисование – Отрезок».

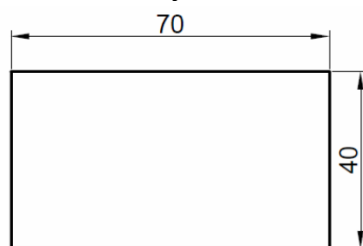


Рисунок 14.5 – Побудова прямокутника у відносній системі прямокутних координат

У командному рядку задати абсолютні координати першої точки прямокутника (припустимо: 50,50). Натиснути <Enter>.

Задати відносні координати другої точки @70,0. Натиснути <Enter>.

Ввести третю точку @0,40. Натиснути <Enter>.

Ввести четверту точку @-70,0. Натиснути <Enter>.

Ввести точку @0,-40 або з контекстного меню вибрати Замкнеть (Close), яка дозволяє замкнути першу і останню точку фігури.

У результаті буде побудований прямокутник шириною 70 мм і заввишки 40 мм, зміщений відносно початку координатної сітки по X на 50 мм і по Y на 50 мм.

Зверніть увагу на те, що у відносній системі координат координати кожної подальшої точки задаються щодо координат попередньої точки, що дозволяє швидко створювати кресленики.

Полярні координати

Якщо відомі напрям і довжина відрізка від початку координат або від попередньої точки побудови, то для побудови об'єктів зручно використовувати полярні координати, які також можуть бути абсолютними або відносними.

Абсолютні полярні координати. Координати точки в полярній системі прийнято задавати за допомогою двох параметрів:

відстані від початку координат до точки;

кута між нульовим напрямом і лінією, що сполучає початок координат і точку, що вводиться.

Напрямок кута 0° і напрям відрахування задається в діалоговому вікні початку роботи. За замовчуванням напрям кута 0° співпадає з напрямом осі X, а кут відлічується проти годинникової стрілки.

Запис полярних координат у командному рядку при їх введенні з клавіатури виконується таким чином: вводиться значення відстані до точки, а потім знак < (кутова дужка) і значення кута. Всі дані вводяться без пропусків між ними.

Приклад 2. За допомогою введення абсолютних полярних координат побудувати трикутник (Рис. 14.6).

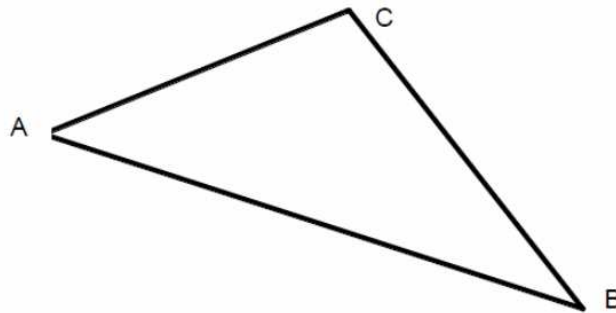


Рисунок 14.6 – Побудова трикутника в абсолютній полярній системі координат

Ввести команду *Отрезок* (*_Line*).

Ввести точку 150,50 – точка А.

Ввести точку 300<0 – точка В.

Ввести точку 250<20 – точка С.

Ввести точку 150,50 або з контекстного меню вибрати команду *Замкнуть* (*Close*).

Відносні полярні координати. Відносні полярні координати також задаються у форматі відстань-кут, але відраховуються від раніше введеної точки. Пара відносних полярних координат повинна починатися з символу @. Наприклад: @110<30. Точка буде побудована шляхом відкладання кута, рівного 30 градусів, і відстані 110 від попередньої точки.

Приклад 3. За допомогою відносних полярних координат побудуємо шестикутник зі сторонами, рівними 40 (Рис. 14.7).



Рисунок 14.7 – Побудова шестикутника у відносній полярній системі координат

Послідовність побудови така.

Активізувати команду «Отрезок» і ввести координати лівої нижньої точки фігури: 170,120. Надалі обхід фігури виконується проти годинникової стрілки.

Ввести точку @40<0.

Ввести точку @40<35.

Ввести точку @40<155.

Ввести точку @40<180.

Ввести точку @40<215.

Ввести точку @40<335 (або з контекстного меню вибрати команду Замкнуть (Close)).

Контрольні питання

1. Чим відрізняються інженерні і наукові одиниці вимірювання?
2. Для чого потрібні шаблони?
3. Що визначає системна змінна STARTUP?
4. Як створити свій власний шаблон і «примусити» AutoCAD при відкритті нових документів завжди відкривати цей шаблон?
5. Як виконується визначення формату листа та необхідної точності одиниць вимірювання?
6. Чи можна змінити чорний фон вікна графіки для простору моделі?
7. Що відображають числа в рядку стану (зліва)?
8. Чим відрізняються полярні і прямокутні координати?
9. Які методи введення координат точок ви знаєте?
10. Перетворіть прямокутні координати точки, яка знаходиться на відстані 50 мм по осі X і 40 мм по осі Y, в полярні координати. Запишіть координати точки в різних системах координат.
11. Чим відрізняються абсолютні і відносні координати?
12. Назвіть неправильно задані координати:
27.27,27,27;
27,27.27,27;
27,27,27,27;
27.27.27.27.
13. Назвіть правильно задані координати:
@27.27,27,27;
@27,27<27,27;
@27.27,<27.27;
@27.27@<27.27.
14. Для побудови точки введені координати @100,100. Де буде розташована точка?
15. Побудований відрізок. Далі для побудови нової точки введена відносна координата @100<30. Відносно чого відраховується кут: 1) від лінії продовження відрізка; 2) від напрямку осі X?

16. Чи можуть при введенні координат точки використовуватися «змішані» координати – по осі X абсолютна, по осі Y відносна?
17. Для побудови початку і кінця відрізка введені координати 17.3,17,3 і 34,6,34.6. Чи буде побудований відрізок?

ТЕМА 15

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ОБ'ЄКТІВ (ПРИМІТИВІВ)

Зміст теми:

- 1 Побудова відрізків
- 2 Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь)
- 3 Побудова прямокутників
- 4 Побудова багатокутників
- 5 Побудова криволінійних об'єктів
- 6 Штрихування

Елементарними об'єктами в AutoCAD є примітиви. На їх основі створюються кресленики складних об'єктів. Всі вони представлені на панелі «Рисование». Виклик будь-якого з примітивів здійснюється одним з таких способів:

- натисненням кнопки примітиву на панелі інструментів «Рисование»;
- командою з назвою примітиву в меню «Рисование»;
- введенням у командний рядок команди з назвою примітиву.

Після введення команди у командному рядку з'явиться запрошення з пропозицією вибрати режими побудови об'єктів, ввести координати характерних точок побудови об'єктів тощо. Після підтвердження команди об'єкт буде побудовано автоматично або з'явиться наступне уточнююче запрошення.

Розглянемо особливості побудови деяких з примітивів.

1 Побудова відрізків

Відрізки – це найпростіші об'єкти в AutoCAD. Вони можуть бути поодинокими або об'єднуватися кінцевими точками в ламану лінію. Кожен відрізок є самостійним об'єктом AutoCAD, навіть якщо він входить до складу іншого об'єкта.

На команду «ОТРЕЗОК (_LINE)» у командному рядку з'являється запрошення програми AutoCAD :

Команда: _line Первая точка:

Ввести прямокутні або полярні координати першої точки. Можна вказати першу точку клацанням миші. З'являється друге запрошення:

Следующая точка или [Отменить]:

Ввести прямокутні або полярні координати другої точки.

По суті відрізок вже побудований, але програма знову запросить введення координат чергової точки, бо команда «Отрезок» є однією з тих команд програми AutoCAD, які повторюються автоматично. Команда використовує кінцеву точку одного відрізка як початкову точку для наступного відрізка, продовжуючи виводити підказки для введення кожної подальшої кінцевої точки. Для завершення цієї можливості повторення необхідно натиснути клавішу <Enter> або клацнути правою кнопкою миші і в контекстному меню вибрати команду Enter. І хоча

послідовність відрізків намальована з використанням єдиної команди «Отрезок», кожен відрізок є окремим об'єктом.

Після того, як були намальовані два і більше відрізків прямої за допомогою однієї команди Отрезок, у запрошенні з'являється параметр «Замкнуть (Close)». Вибір цього параметру побудує кінцевий відрізок Г від кінця останнього відрізка до начала першого, і таким чином буде побудована замкнута фігура (Рис. 15.1).

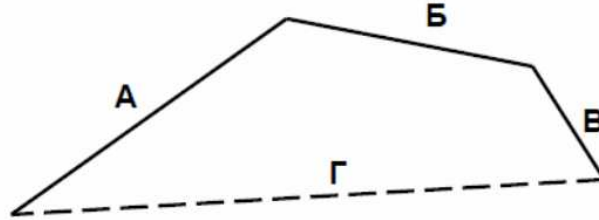


Рисунок 15.1 - Побудова відрізків

Закінчити побудову відрізків можна натисненням клавіші <Esc>.

2 Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь)

Іноді в процесі роботи над креслеником доводиться будувати допоміжні точки та лінії, які можна використати при побудові інших об'єктів.

Точка

Точка вводиться за командою «ТОЧКА (_POINT)» або вказівкою двовимірних (тривимірних) координат, або клацанням миші. За однією командою точки будують вводиться багаторазово до натиснення клавіші <Esc>.

За замовчуванням на екрані точка відображається у вигляді крапки (·), і вона не дуже помітна на кресленику. Можна зробити так, що точка відображатиметься, як +, ○, □ або як будь-який інший символ, доступний за командою «Формат-Отображення точек». У діалоговому вікні (Рис. 15.2) вибрати необхідний стиль відображення точок. Там же можна встановити розмір символу точки.

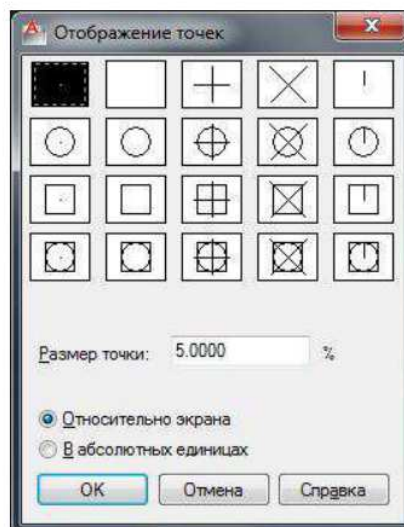


Рисунок 15.2 - Діалогове вікно «Отображение точек»

Допоміжні лінії

До допоміжних ліній відносяться прямі і промені. Вони не мають кі-нця в одному або обох напрямках.

Пряма викликається за командою «ПРЯМАЯ (_XLINE)». Відрізняється від відрізка тим, що нескінченна, тобто автоматично подовжується в обох напрямках. У запрошенні можна вибрати режим її побудови – горизонтально, вертикально, по заданому куту, по бісектрисі, зміщенню.

Промінь аналогічний прямій, але обмежений з одного боку. Викликається за командою «ЛУЧ(_RAY)».

3 Побудова прямокутників

Команда «ПРЯМОУГ(_RECTANGLE)» дозволяє будувати прямокутник за двома протилежними вершинами (Рис. 15.3,а).

Після введення координат першого кута можна визначити параметри побудови прямокутників. З усіх параметрів («Фаска/ Уровень/ Сопряжение/ Высота/ Ширина»), найбільш часто застосовуються параметри «Фаска (Chamfer)» і «Сопряжение (Fillet)».

Параметр «Фаска» встановлює значення фасок (скосів) для прямокутника (Рис. 15.3,б).

Параметр «Сопряжение» задає радіус закруглення кутів мальованого прямокутника (Рис. 15.3,в).

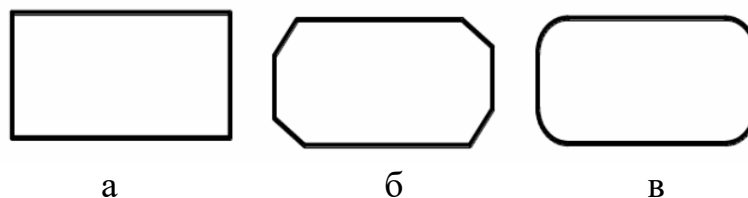


Рисунок 15.3 – Прямокутники

Параметр «Ширина (Width)» дозволяє задати товщину ліній прямокутника.

Параметр «Уровень» використовується для тривимірних побудовань – задає рівень прямокутника над площиною XY по вісі Z.

Параметр «Высота» змінює товщину прямокутника по вісі Z. Застосовується, щоб імітувати 3-вимірний об'єкт – паралелепіпед. Насправді прямокутник залишається плоским об'єктом, він тільки виглядає як паралелепіпед.

Після введення координат першого кута можна вибрати й інші режими побудови прямокутників – за заданими розмірами або площиною, а також повернути прямокутник на заданий кут.

4 Побудова багатокутників

Багатокутник – це примітив, що є замкнутим контуром з ребрами рівної довжини. Допустима кількість сторін може бути від 3 до 1024.

У разі виклику команди «МН-УГОЛ (POLYGON)» потрібно вказати число сторін багатокутника, а потім його центр і способи його побудови:

вписати багатокутник у коло (вершини багатокутника стосуються кола) – режим «Вписаний» (задати радіус кола) (Рис. 15.4,а);

описати багатокутник біля кола (сторони багатокутника стосуються кола) – режим «Описаний» (задати радіус кола) (Рис. 15.4,б).

Багатокутник можна побудувати також за заданою стороною (режим «Сторона» (задати розмір сторони багатокутника).

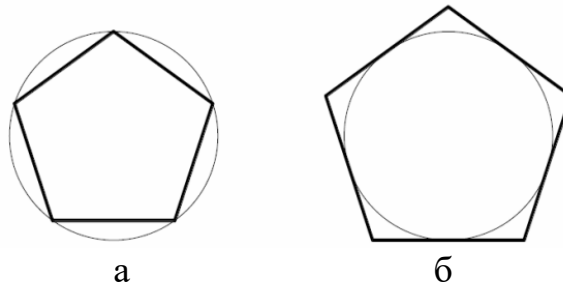


Рисунок 15.4 – Вписаний і описаний багатокутники

5 Побудова криволінійних об'єктів

Коло

Коло – це один з найпоширеніших об'єктів на креслениках. Коло будується командою «КРУГ (_CIRCLE)». У AutoCAD передбачено 6 способів побудови кола:

1. За заданим центром і радіусом кола.
2. За заданим центром і діаметром кола.
3. За двома точками (2Т). Побудова кола за двома заданими точками, які лежать на кінцях діаметру.
4. За заданими трьома точками, які не лежать на одній прямій (3Т).
5. За двома точками – дотичними і заданим радіусом («ККР – кас кас–радиус»). Суть цього способу полягає в тому, що будується коло, дотичне до двох інших об'єктів, наприклад, до відрізка й іншого кола, які вже є на кресленику (Рис. 15.5,а). Спочатку необхідно задати будь-яку точку на першому об'єкті (відрізок) – з'явиться «Укажіть точку на об'єкті, задающую первую касательную», далі послідовно задати будь-яку точку на другому об'єкті (кола) – на ній також з'явиться «Укажіть точку на об'єкті, задающую вторую касательную».

Після запиту команди задати необхідний радіус кола і натиснути <Enter>.

Можна побудувати безліч кіл дотичних до двох об'єктів, і які будуть відрізнятися своїми радіусами (кола 1, 2, 3 (Рис. 15.5,а).

6. За трьома дотичними. Аналогічний способу 3Т, тільки заданими точками є точки дотику до вказаних об'єктів (Рис. 15.5,б). Тут також при вказівці об'єктів з'являється запити «Укажіть точку на об'єкті, задающую первую касательную», потім другу, третю тощо.

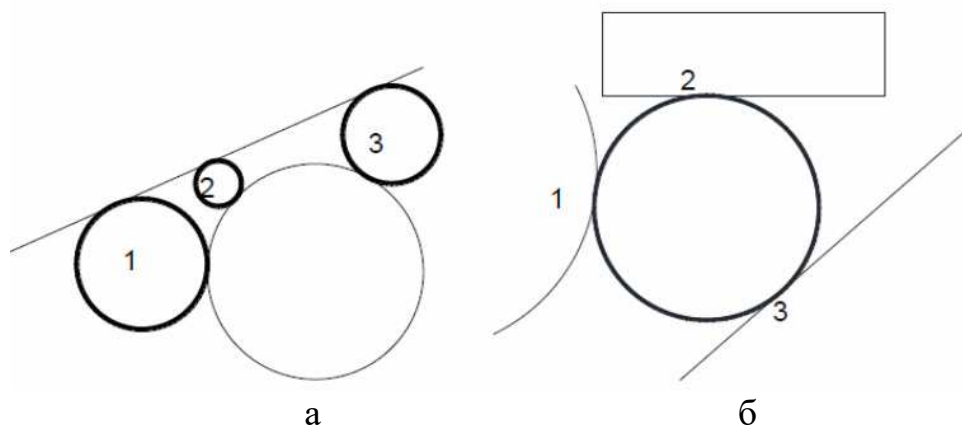


Рисунок 15.5 – Приклади побудови кіл способом ККР та трьома дотичними

Дуга

Дуга будується командою «ДУГА (_ARC)». Оскільки дуга є частиною кола, то для креслення дуги необхідно використовувати параметри як кола, так і дуги (Рис. 15.6). AutoCAD має в своєму розпорядженні широкий набір методів побудови дуги (Рис. 15.7).

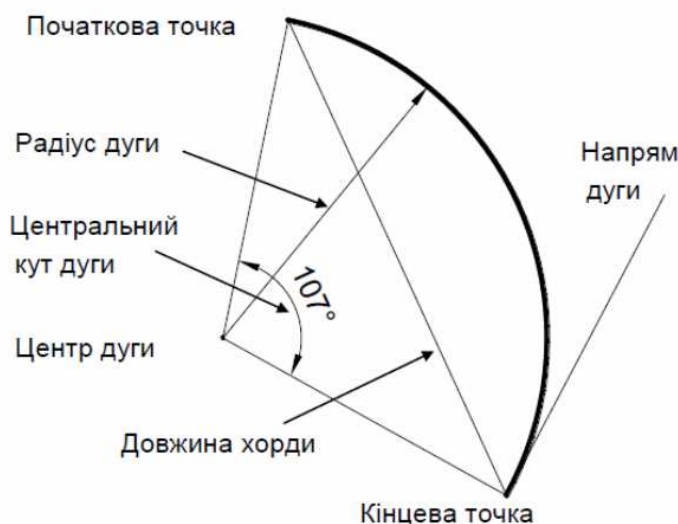


Рисунок 15.6 - Параметри дуги

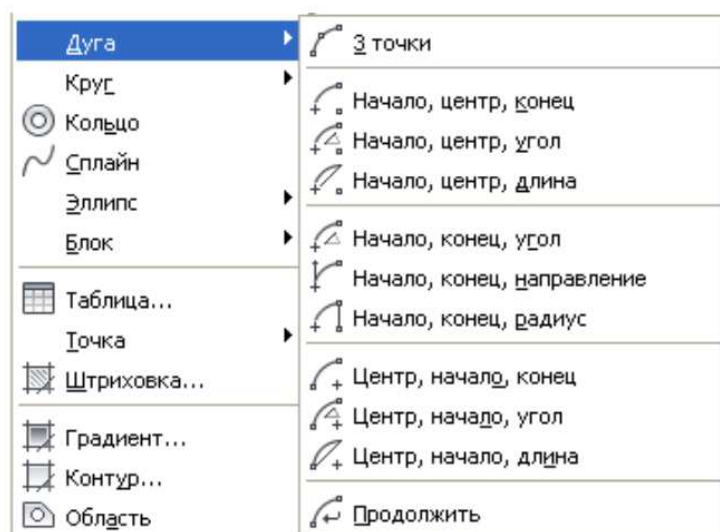


Рисунок 15.7 - Способи побудови дуг

Еліпс

Еліпс будується за командою «ЕЛИПС (_ELLIPSE)».

За замовчуванням побудова еліпсів здійснюється шляхом завдання двох кінцевих точок першої вісі і третьої точки, що визначає відстань від середини першої вісі до краю еліпса, що складає половину другої вісі (Рис. 15.8). Перша вісь може бути проведена під будь-яким кутом до горизонталі.

Інший спосіб побудови еліпсів полягає в задаванні координат його центру і розмірів двох його напіввісей. Параметр Поворот задає відношення довжин осей еліпса шляхом повороту кола відносно першої осі. Чим більше кут повороту A , тим більше відношення малої осі до великої. Кути повороту із значеннями від $89,4$ до $90,6$ градусів є недопустимими, оскільки еліпс у цьому випадку виглядатиме як пряма лінія. Значення, кратні цим значенням кута повороту, приводять до дзеркального ефекту через кожних 90 градусів.

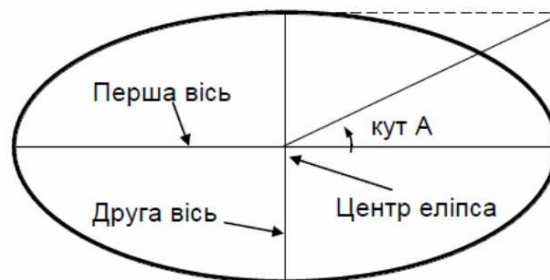


Рисунок 15.8 - Параметри побудови еліпса

Еліптична дуга

Будується за тією ж командою і такими ж правилами, як і еліпс. Додаткові параметри «Начальный угол» і «Конечный угол» завдають початкову та кінцеву точки еліптичної дуги.

Сплайн

Сплайн – гладка крива, що проходить через вказані точки. Може застосовуватися для апроксимації кривих, точна побудова яких вимагає великих трудовитрат. Наприклад, за допомогою сплайнів можуть бути побудовані складні лінії перетину тіл. У традиційному (паперовому) кресленнику декілька вузлових точок (від 3 до 7) будуються точними методами (наприклад, методами нарисної геометрії), а для побудови усієї кривої використовуються шаблони. На рисунках 15.9,а і 15.9,б за заданими 5 точками за допомогою сплайна будується гіпербола і парабола. Сплайни також застосовуються для креслення кривих довільної форми, наприклад при проектуванні автомобілів.

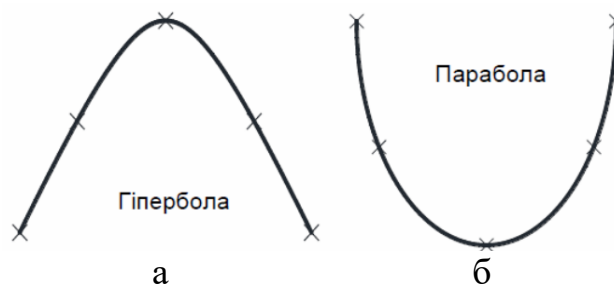


Рисунок 15.9 - Сплайни

Сплайн формується за командою «СПЛАЙН (_SPLINE)» вказівкою всіх точок, які необхідно згладити. Сплайн може бути замкнутим.

Полілінія

Полілінія є єдиним об'єктом, в якому комбінуються лінійні сегменти і дуги (Рис. 15.10,а). Полілінія може бути замкнутою і розімкнутою. Полілініями зручно користуватися для створення тривимірних об'єктів. Креслення полілінії здійснюється командою «ПЛИНИЯ (_PLINE)». Перемикання між дуговими і лінійними сегментами полілінії задаються відповідними параметрами (Д і Л).

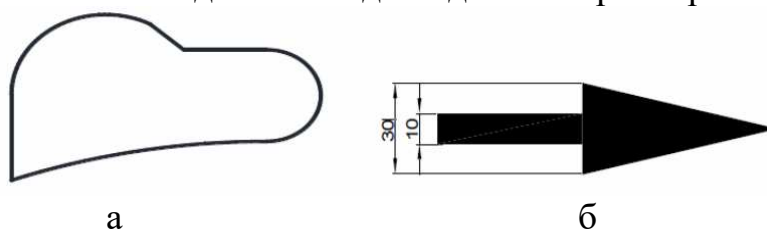


Рисунок 15.10 - Полілінії

З інших параметрів можна виділити «Полуширина (Halfwidth)». Задає напівширину полілінії, тобто відстань між центром полілінії і її кромкою. За допомогою цієї опції можна задавати незвичайні лінії (Рис. 15.10,б).

6 Штрихування

У AutoCAD є можливість завдання різних типів штрихувань (Рис. 15.11). Штрихування характеризуються двома властивостями. По-перше, вони є блоками, тобто всі лінії, які знаходяться усередині області, є частинами єдиного об'єкта. По-друге, вони асоціативні, тобто при зміні форми об'єкта штрихування оновлюється і підганяється під нову форму даного об'єкта. Для нанесення штрихування необхідно виконати команду «ШТРИХОВКА (_HATCH)». У діалоговому вікні «Штриховка и градиент» вибрати один з типів штрихування: «Стандартный, Из линий, Пользовательский». При виборі типу штрихування в режимі «Стандартный вид» штрихування вибирається з палітри штрихування в полі «Образец». При бажанні можна встановити кут нахилу штрихування і масштаб. Після завдання типу штрихування необхідно перейти до виділення областей, які потрібно заштрихувати. Існує два способи виділення: вказати точки області штрихування, що знаходиться всередині, і вибрати об'єкт. Після вибору типу і параметрів штрихування і виділення областей для штрихування підтвердити команду натисненням кнопки <ОК>.

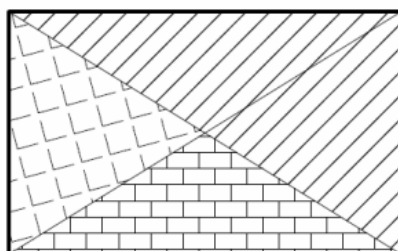


Рисунок 15.11 - Види штрихування

Контрольні питання

1. Що є примітивом у системі AutoCAD?
2. Яку максимальну довжину відрізка можна встановити в AutoCADi?
3. Що визначає параметр Фаска для прямокутників? Чи може фаска бути різною для різних сторін прямокутника?
4. Для чого застосовуються полілінії?
5. Наведіть приклади застосування сплайнів.
6. Чи можна описати коло біля довільного чотирикутника, використовуючи тільки одну команду?
7. Чи можна вписати коло в нерівносторонній трикутник, використовуючи тільки одну команду?
8. Чи можна побудувати коло, що проходить через кінці відрізка?
9. Скільки кіл можна побудувати, які проходять а) через 2 точки; б) через 3 точки?
10. Скільки існує всього засобів побудови дуг?
11. Назвіть складові дуги, за якими вона може бути побудована.
12. Як зміниться форма дуги, якщо ввести від'ємне значення довжини хорди?
13. Як зробити дугу з кола?
14. Накресліть еліпс під кутом 60.
15. Які типи штрихувань ви знаєте?
16. Чи можна штрихувати відразу декілька контурів за одну команду Штриховка?

ТЕМА 16 ВІДСТЕЖЕННЯ І ОБ'ЄКТНА ПРИВ'ЯЗКА

Зміст теми:

- 1 Крокова прив'язка й сітка
- 2 Полярне відстеження
- 3 Прив'язка до характерних точок об'єктів
- 4 Об'єктне відстеження

Щоб швидко і, головне, точно задавати і перевіряти координати точок на кресленнику в AutoCAD застосовуються засоби прив'язки поточних координат до координат опорних точок. AutoCAD пропонує декілька способів виконання цієї операції:

- прив'язка до прямокутної координатної сітки (крокова прив'язка);
- полярне відстеження;
- прив'язка до ортогональних або заданих полярних кутів;
- об'єктна прив'язка;
- прив'язка координат до різних точок вже створених об'єктів кресленника;
- об'єктне відстеження;
- розширює і доповнює можливості об'єктної прив'язки. У цьому режимі автоматично будуються лінії відстеження щодо характерних точок інших об'єктів, що дозволяє більш простими способами будувати об'єкти, що мають певну геометричну залежність від інших об'єктів.

1 Крокова прив'язка й сітка

При побудові різних об'єктів кресленника часто застосовується прив'язка до прямокутної координатної сітки.

Регулювати параметри сітки можна на вкладці «Шаг» і «Сетка» діалогового вікна «Режимы рисования» (Рис. 16.1), яке відкривається командою «Настройка» в контекстному меню кнопок управління режимами у рядку стану вікна AutoCAD – «Шаговая привязка, Отображение сетки, Полярное отслеживание, Объектная привязка, Объектное отслеживание».

Послідовність установки параметрів крокової прив'язки така.

У зоні «Тип привязки» вибрати режими «Шаговая привязка» і «Ортогональная привязка». Далі слід ввести крок переміщення курсора по осях X і Y в полях «Шаг привязки» по X і Шаг привязки по Y. Наприклад, при завданні значення 30 буде створена невидима сітка, в якій графічний курсор може переміщатися по вузлах сітки, які відстоять по вертикалі і горизонталі на відстані 30.

Включити або вимкнути режим крокової прив'язки можна декількома способами:

- встановивши або знявши прапорець в «Шаг» «Вкл» на вкладці «Шаг и сетка» діалогового вікна «Режимы рисования»;
- натисненням клавіші <F9>;

кляцанням на кнопці «Шаговая привязка» в рядку стану.

Приклад 1. Використовуючи режим крокової прив'язки (прив'язку до сітки), побудуємо прямокутник 100 x 75.

У вікні «Режимы рисования» на вкладці «Шаг и сетка» встановити крок прив'язки по X рівний 20, а по Y рівний 25.

Включити крокову прив'язку і відображення сітки. Для контролю побудови доцільно включити режим «Динамический ввод».

Викликати команду «Отрезок». Тепер при побудові прямокутника курсор як би прилипає до вузлів сітки (крокує) через 20 одиниць по X і 25 по Y, що дозволяє швидко і точно накреслити прямокутник.

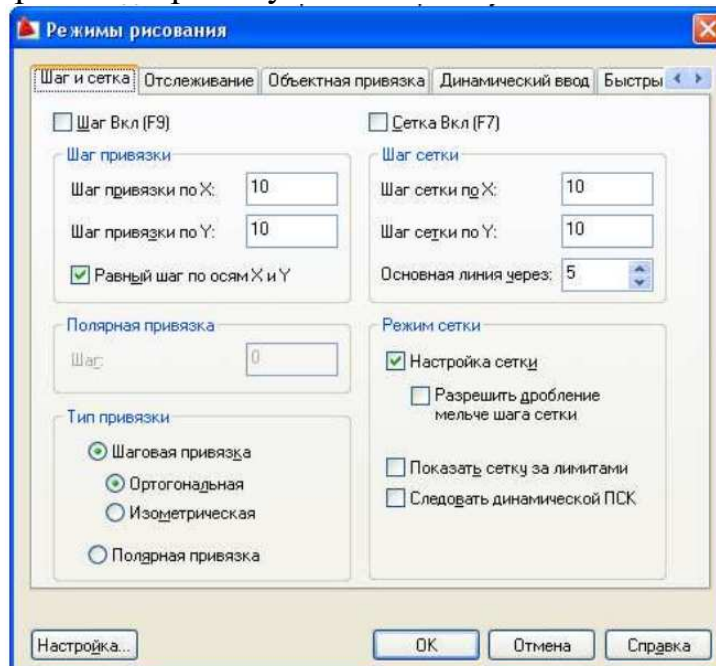


Рисунок 16.1 - Параметры сітки і прив'язки

2 Полярне відстеження

Задавання точок методом «напря́м – відста́нь»

Одним з простих і зручних методів визначення положення точки на кресленні є безпосереднє введення довжини відрізка. Цей метод називається методом «Напря́м – відста́нь». Координати вводяться комбінованим способом, при якому з клавіатури задається лише відстань від деякої точки відліку до створеної точки, а кут AutoCAD визначає автоматично за напрямом, вказаним курсором. Переваги цього методу вигідно виявляються в режимі <ОРТО> і режимі відстеження полярних кутів. Лінії, спрямовані уздовж осі ординат, тобто під кутом 0, 90, 180, 270 градусів, називаються ортогональними. У AutoCAD є можливість встановити ортогональний режим, при якому система примусово проводить тільки ортогональні лінії побудови. Цей режим також впливає на переміщення елементів креслення по вертикалі або горизонталі. Включення режиму <ОРТО> здійснюється при натисненні кнопки <ОРТО> у рядку стану. Якщо при включеному режимі <ОРТО> здійснюється введення координат у командному рядку з клавіатури, то таке вве-

дення має вищий пріоритет і сприймається системою AutoCAD незалежно від режиму <ОРТО>. Хід дій для побудови раніше побудованого прямокутника зі сторонами 100×70 при використанні методу «Напря́м – відста́нь» виглядатиме приблизно так.

Увімкнути режим <ОРТО>.

Вибрати піктограму Відрізок на панелі інструментів.

Ввести з клавіатури координати першої точки 0,50. Натиснути <Enter> (і надалі не забувати натискати її).

Для візуального стеження за зміною відносних полярних координат потрібно встановити режим відображення динамічних полярних координат (відста́нь від точки <кут>), клацнувши на лічильнику координат.

Помістити курсор праворуч від цієї точки і ввести довжину сторони 100.

Помістити курсор вгору від отриманої точки і ввести довжину сторони 70.

Помістити курсор ліворуч від точки і ввести довжину сторони 100.

Помістити курсор вниз від точки і ввести довжину сторони 70.

Відносні координати також використовуються при включеному Активному введенні (режим <ДИН>). Той же прямокутник у режимі <ОРТО> і <ДИН> можна накреслити набагато швидше, клацаючи мишею, досягаючи потрібних величин.

За необхідності в режимі <ДИН> можна використати і абсолютні координати, ввівши перед 1 значенням префікс #.

Режим відстеження опорних полярних кутів

У режимі відстеження опорних полярних кутів користувач може прив'язатися в ході побудови елементів креслення до певних кутів, які називаються опорними. За замовчуванням системою опорними встановлені кути 0, 90, 180, 270 градусів.

Користувач за бажання може встановити інші значення кутів прив'язки. Для цього необхідно вибрати вкладку «Отслеживание» у вікні «Режимы рисования» (Рис. 16.2), яке відкривається командою «Сервис-Режимы рисования» або ж командою «Настройка» в контекстному меню кнопки <ОТС-ПОЛЯР> рядку стану. У зоні «Полярные углы» можна розкрити список пропонованих значень кроку зміни кута (5,10,15,18,22.5,30, 45, 90) у градусах і вибрати зі списку або задати довільне значення кроку.

Окрім цього, є можливість задавати для прив'язки інші значення кутів. З цією метою встановити прапорець «Дополнительные углы» і натиснути кнопку «Новый». Після цього можна задати в полі додаткових кутів значення кута (наприклад, 12) і натиснути кнопку <ОК>. Якщо додаткових кутів багато, то їх необхідно ввести по черзі.

Тепер полярні кути відзначатимуться на екрані лінією напряму з інтервалом, рівним вибраному кроку, а, крім того, лінією відзначатиметься і кут 12 градусів та інші, якщо вони введені.

У області «Объектное отслеживание» перемикач Тільки ортогонально здійснює прив'язку тільки до кутів 0, 90, 180, 270 градусів. Перемикач По всем полярным углам здійснює прив'язку до усіх кутів, заданих в параметрах полярного кута.

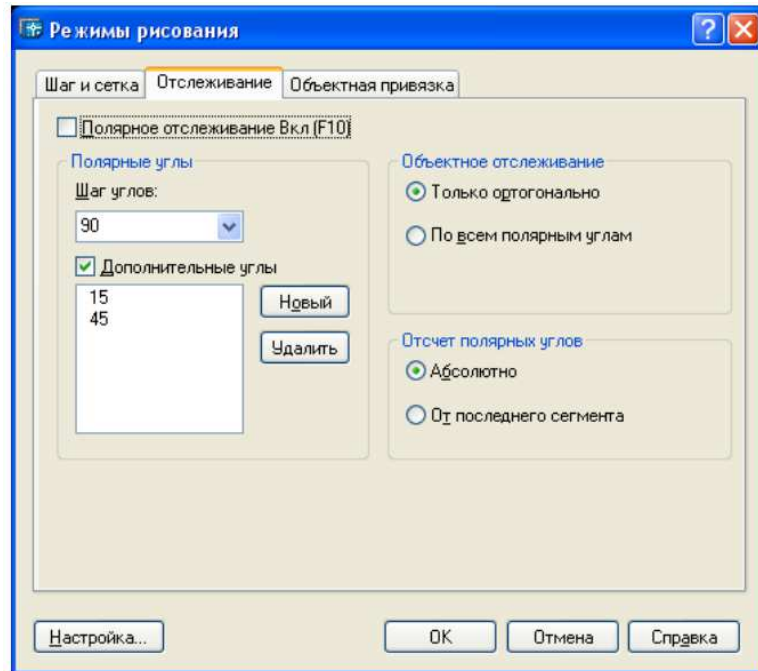


Рисунок 16.2 - Окно «Режимы рисования»

3 Прив'язка до характерних точок об'єктів

Часто нові об'єкти на кресленнику повинні бути прив'язані до раніше викреслених об'єктів. Наприклад, новий відрізок повинен починатися з крайньої точки або з середини раніше викресленого відрізка. У AutoCAD є режим об'єктної прив'язки, яка дозволяє задавати нові точки щодо точок вже існуючих об'єктів. Це полегшує і прискорює процес графічних побудов. Об'єктна прив'язка відстежується в AutoCAD у будь-який момент, коли та або інша команда запрошує в рядку введення команд, введення координат точки. Для вибору точки об'єктної прив'язки необхідно наблизити покажчик миші до передбачуваної точки прив'язки і клацнути у момент підсвічування відповідного маркера на об'єкті, який креслиться. Для кожної об'єктної прив'язки визначений свій вид маркера, що дозволяє візуально визначити, яка з прив'язок може бути використана.

Увімкнути або вимкнути режим постійної об'єктної прив'язки можна кнопкою «Объектная привязка» в рядку стану або натисненням клавіші <F3>.

Тип об'єктної прив'язки можна вибрати по-різному:

1. Підключити панель інструментів Объектная привязка і на ній вибрати потрібний тип прив'язки (Рис. 16.3).



Рисунок 16.3 - Панель інструментів об'єктної прив'язки

2. Вибрати потрібну об'єктну прив'язку з контекстного меню, що викликається при сумісному натисненні правою кнопкою миші і <SHIFT>.

Встановлювати необхідні режими прив'язки можна на вкладці «Объектная привязка» діалогового вікна «Режимы рисования», яке відкривається командою «Настройка» в контекстному меню кнопок «Шаговая привязка, Отображение сетки, Полярное отслеживание, Объектная привязка, Объектное отслеживание».

При включеному режимі прив'язки, AutoCAD під час наближення прицілу до точки прив'язки відображає в ній відповідний маркер і спливаючу підказку. Вибрати потрібну точку серед близько нанесених точок прив'язки різних об'єктів допоможе послідовне натиснення на клавішу <Tab>.

Розглянемо деякі режими об'єктної прив'язки програми AutoCAD.

Точка відстеження. створюється тимчасова точка, пов'язана з іншими точками кресленика. Після вказівки тимчасової точки для неї включається режим відстеження (відстежуються всі кути, вказані в налаштуванні *Полярного відстеження*), і, вибравши потрібний напрям, можна вказати відстань від тимчасової точки і тим самим визначити потрібну точку. Можна також після вибору першої тимчасової точки і визначення опорного напрямку, вказати другу тимчасову точку, вибрати інший опорний напрям, і тоді точка ставиться на перетині двох опорних напрямів. Найчастіше використовуються ортогональні опорні напрямки.

Зсув. дозволяє встановити тимчасову базову точку для побудови наступних точок. Зазвичай режим зсуву використовується у поєднанні з іншими режимами об'єктної прив'язки і відносними координатами, оскільки досить часто потрібно визначити точку, у якої відомі координати щодо деякої точки вже намальованого об'єкта.

Кінцева точка. Прив'язка вмикається, коли приціл вибору підводиться до об'єкта (відрізку, дузі), ближче до того кінця, до якого необхідно виконати прив'язку.

Середина. Прив'язка до середини об'єкта.

Центр. Прив'язка до центру об'єкта (круг, еліпс і дуга). Для цього необхідно зловити прицілом межу відповідного об'єкта. У центрі об'єкта з'явиться хрестик, це і буде мітка центру.

Вузол. Прив'язка до об'єкта *Точка*.

КвADRANT. Прив'язка проводиться до точки на об'єкті (кругу, еліпсі й дузі), яка утворюється при перетині об'єкта з найближчою лінією, паралельної осі координат.

Перетин. Прив'язка включається у тому випадку, коли під будь-яким кутом стикаються два об'єкти.

Продовження лінії. Встановити приціл у кінцеву точку об'єкта. Потім, переміщаючи курсор уздовж пунктиру, що виходить з вибраної точки, клацанням миші вказати необхідну точку.

Нормаль. Прив'язка до точки об'єкта, яка лежить на нормалі, до іншого об'єкта або до його уявного продовження. Точка, яка знаходиться на об'єкті, є точкою, до якої можна побудувати перпендикуляр від попередньої точки.

Паралельно. Режим прив'язки, який дозволяє побудувати відрізок з указаної точки паралельно існуючому відрізку. Для цього необхідно після вибору команди

«Отрезок» вказати початок відрізка, потім викликати режим Параллельно, захопити прицілом відрізок і після появи підтвердження «Параллельно», відвести покажчик миші у напрямі майбутнього відрізка до появи пунктирної лінії. Клацнути на пунктирній лінії в тому місці, де повинен знаходитися другий кінець відрізка.

Дотична. Прив'язка до точки на дузі, колі, еліпсі або сплайні, в якій пряма стосується вказаних об'єктів.

Нічого. Відміна всіх режимів об'єктної прив'язки.

Приклад 1. Задано коло. Використовуючи режим об'єктної прив'язки, побудувати відрізки 1, 2, 3, 4, як показано на рисунку 16.4,а.

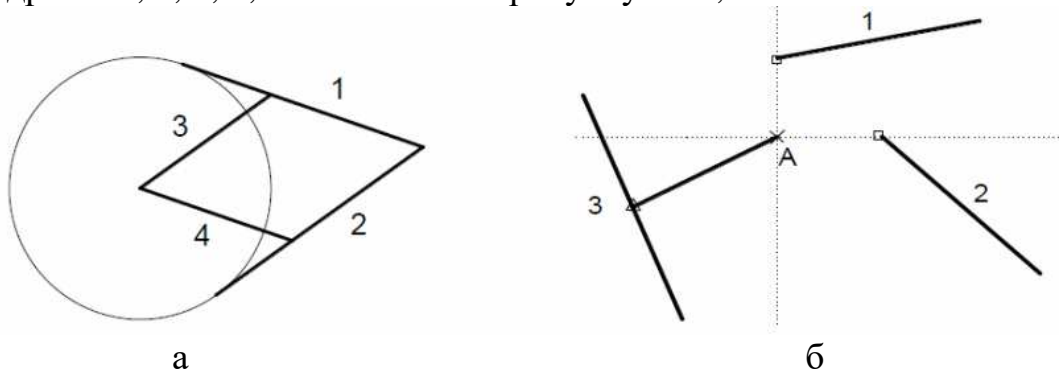


Рисунок 16.4 - Об'єкти, побудовані за допомогою об'єктної прив'язки

Порядок побудови такий.

Увімкнути режим *Об'єктна прив'язка*.

Побудувати об'єктну прив'язку – підключити режими *Конточка*, *Центр*, *Перетин*, *Дотична*.

Вибрати команду «ОТРЕЗОК», підвести курсор до кола, дочекатися маркера прив'язки «Задержанная касательная» і встановити початок відрізка 1 в будь-якому місці на колі. Кінець відрізка встановити в будь-якому місці поза колом. Відрізок 2 почати з точки, що вийшла. Курсор підвести до кола, дочекатися маркера прив'язки *Дотична* і встановити кінець відрізка. Початок відрізка 3 встановити в центр кола (прив'язка «Центр»), підвести курсор до відрізка 2, дочекатися появи маркера *Параллельно*, «зловити» мишачу пунктирну паралельну лінію прив'язки і встановити кінець відрізка 3 на відрізку 2 (маркер прив'язки *Перетин*). Відрізок 4 будується паралельно відрізку 1 аналогічно відрізку 3.

Приклад 2. Використовуючи режими об'єктної прив'язки, побудувати відрізок від точки А, утвореною за допомогою координат кінців відрізків 1 і 2, до точки на середині відрізка 3 (Рис. 16.4,б).

Порядок побудови такий.

Увімкнути режим *Об'єктна прив'язка*.

Побудувати об'єктну прив'язку – підключити режими *Конточка*, *Середина*.

Вибрати команду «Отрезок», вибрати об'єктну прив'язку *Точка* отслеживания підвести мишу по черзі до лівих кінців відрізків 1 і 2, дочекатися маркерів *Конточка* і відзначити їх. Потім підвести мишу в область точки А (Рис. 16.4,а) і на перетині горизонтальною і вертикальною опорних ліній (воно буде відмічено хрестиком) встановити початок відрізка. Далі другий кінець відрізка встановити на середині відрізка 3.

Приклад 3. (Рис. 16.5) Використовуючи режими об'єктної прив'язки, побудувати відрізок 2, кінець **A** якого відстоїть від кінця відрізка 1 на 50 мм під кутом 60 градусів, а кінець **B** відстоїть від середини відрізка на 50 мм під кутом (-60) градусів.

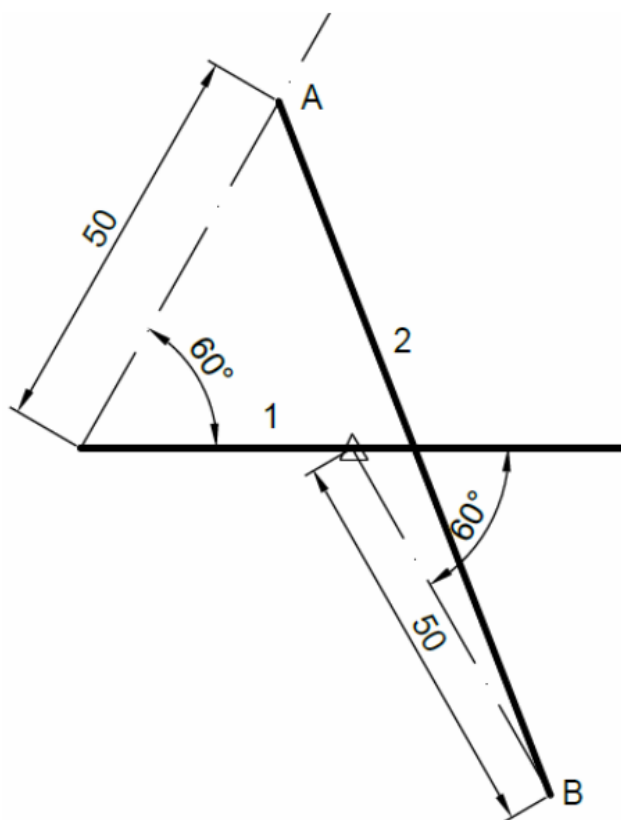


Рисунок 16.5 - Побудова відрізків за допомогою об'єктної прив'язки

Включити і встановити режими об'єктної прив'язки *Конечная точка* і *Середина*.

Для побудови точки **A** викликати команду «Отрезок».

Вибрати прив'язку *Сдвиг*. Вказати як базової ліву кінцеву точку відрізка 1 і ввести @50<60.

Для побудови точки **B** вибрати прив'язку *Сдвиг*, вказати середину відрізка 1 і ввести @50<60.

4 Об'єктне відстеження

Режим об'єктного відстеження дозволяє створювати нові об'єкти, розташовані в заданій позиції відносно вже наявних об'єктів. При використанні відстеження об'єктної прив'язки практично відпадає необхідність у допоміжних побудовах, оскільки нові точки задаються в інтерактивному режимі, виходячи з розташування вибраних об'єктів.

Щоб включити режим відстеження об'єктної прив'язки, необхідно натиснути кнопки «Объектная привязка» і «Объектное отслеживание» в рядку стану. Налаштування відстеження об'єктної прив'язки виконується в діалоговому вікні «Режимы рисования» на вкладці «Отслеживание».

На рисунку 16.6,а показано, як за допомогою режиму об'єктного відстеження об'єктної прив'язки поставити точку в середині прямокутника. Для цього необхідно по черзі підвести покажчик миші до середин відрізків і при появі маркерів прив'язки до середини відрізка, злегка зрушити мишу вниз з горизонтального відрізка і вліво з вертикального. На кресленнику з'являться дві опорні лінії з точкою перетину.

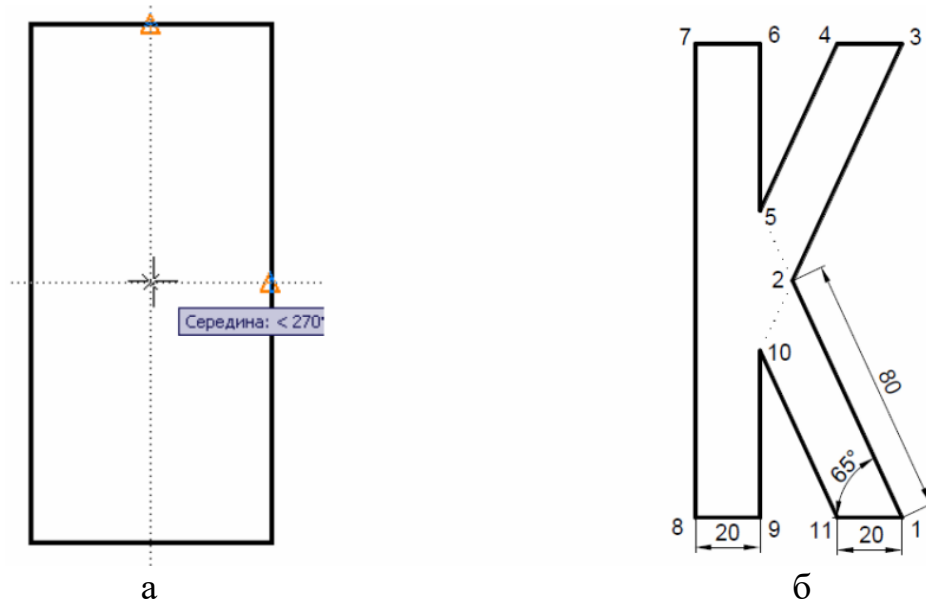


Рисунок 16.6 - Об'єкти, побудовані за допомогою об'єктного відстеження

Приклад 4. Використовуючи режими відстеження і об'єктної прив'язки, вирішити завдання, що і в *прикладі 3*. Спочатку потрібно увімкнути режими «Об'єктная привязка» і «Об'єктное отслеживание».

Для визначення точки початку відрізка (точка А) необхідно по черзі підвести покажчик миші до кінцевих точок відрізків 1 і 2 і при появі маркерів прив'язки до кінцевих точок, злегка зрушити мишу вниз (для відрізка 1) і вліво (для відрізка 2). На кресленнику з'являться дві опорні лінії, з точкою перетину. Кінець відрізка «зловити» на середині відрізка 3.

Приклад 5. Використовуючи режими відстеження і об'єктної прив'язки, накреслити букву К, як вказано на рисунку 16.6,б. При кресленні використовувати тільки одну полілінію і не застосовувати ніяких додаткових побудов.

Встановити режими «Об'єктная привязка» і «Об'єктное Отслеживание». На вкладці «Отслеживание» вікна «Режимы рисования» встановити необхідні додаткові кути відстеження (65, 115, 245, 295).

Побудова об'єкта починається, наприклад, з точки 1 (т. 1).

Вибрати команду ПЛІНІЯ і встановити почало полілінії в т. 1.

1. «Зловити» опорний кут 115 і ввести 80 (т. 2).

2. «Зловити» кут 65 і ввести 80 (т. 3).

3. «Зловити» кут 180 і ввести 20 (т. 4).

4. «Зловити» кут 245, встановити курсор в т. 1 і «зловити» кут 115. На перетині опорних ліній 245 і 115 ввести т. 5.

5. «Зловити» кут 90, встановити курсор в т. 4 і «зловити» кут 180. На

- перетині опорних ліній 90 і 180 ввести т. 6.
 6. «Зловити» кут 180 і ввести 20 (т. 7).
 7. «Зловити» кут 270, встановити курсор в т. 1 і «зловити» кут 180. На перетині опорних ліній 270 і 180 ввести т. 8.
 8. «Зловити» кут 0 і ввести 20 (т. 9).
 9. «Зловити» кут 90, встановити курсор в т. 2 і «зловити» кут 245. На перетині опорних ліній 90 і 245 ввести т. 10.
 10. «Зловити» кут 295, встановити курсор в т. 1 і «зловити» кут 180. На перетині опорних ліній 295 і 180 ввести т. 11.
 11. З'єднати з т. 1. Фігура побудована.

Контрольні питання

1. Чи буде працювати крокова прив'язка без увімкнення сітки?
2. Як ви гадаєте, крокова прив'язки і крок сітки повинні співпадати?
3. Чи правильне твердження «Точка відстеження» дозволяє відстежувати відносні координати точки?
4. Назвіть всі способи включення режиму об'єктної прив'язки.
5. Чи правильне твердження «Прив'язка Зсув» дозволяє прив'язатися до точки, яка відстоює від існуючої точки на деякій відстані в заданому напрямі?
6. Чи можна використовувати прив'язку *Перпендикуляр* до дугових об'єктів?
7. Як правильно будувати перпендикуляр – від точки до прямої або від прямої до точки?
8. Чи можна використовувати прив'язку *Паралельно* до дугових об'єктів?
9. Назвіть способи вибору типу об'єктної прив'язки.
10. Від якого напрямку відлічується кут при *Абсолютному полярному відстеженні*?
11. Як встановити дробові кути при полярному відстеженні?
12. Від якого напрямку відлічується кут при *Відносному полярному відстеженні*?
13. Для чого застосовується об'єктне відстеження?
14. Накресліть коло з центром, який співпадає з центом прямокутника без додаткових побудовань.
15. Наведіть свій приклад використання об'єктного відстеження.

ТЕМА 17

МЕТОДИ РЕДАГУВАННЯ ПРОСТИХ ТА СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Зміст теми:

- 1 Методи вибору та виділення об'єктів
- 2 Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів
- 3 Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів
- 4 Редагування форми та розмірів об'єктів
- 5 Редагування за допомогою ручок

Програма AUTOCAD дозволяє не тільки креслити об'єкти, але і редагувати вже накреслені об'єкти.

У AutoCAD є дуже багато засобів редагування креслеників, представлене командами меню «Правка», «Редактировать» і кнопками спеціальної панелі інструментів «Редактирование». Панель містить такі кнопки: «Стереть, Копировать, Зеркальное отражение, Подобие, Массив, Переместить, Повернуть, Масштаб, Растянуть, Обрезать, Удлинить, Разорвать в точке, Разорвать, Фаска, Сопряжение, Расчленить» (кнопки перераховані у тому порядку, як на рисунку 17.1)



Рисунок 17.1 - Панель інструментів «Редактирование»

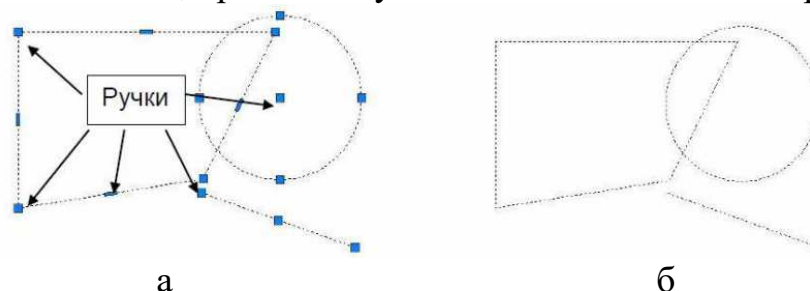
1 Методи вибору та виділення об'єктів

Усі операції редагування починаються з вибору об'єктів. Об'єкти можна виділити мишею або вибрати за запитом «Выберите объекты» після початку редагування.

Вибрати об'єкти можна також по команді «ВЫБРАТЬ (_SELECT)».

Виділені і вибрані об'єкти відображаються пунктирними лініями, у виділених об'єктів, крім того, в характерних точках з'являються ручки – невеликі сині квадратики і прямокутники (Рис. 17.2,а). За допомогою ручок можна також проводити основні операції редагування.

Іноді буває складно вибрати об'єкти, що знаходяться близько один біля одного або які лежать зверху іншого об'єкта. Щоб циклічно перемикатися між об'єктами для вибору, потрібно підвести мишу на це місце, натиснути і утримувати клавішу <Shift>. Послідовним натисненням клавіші <Пробел> висвітити потрібний об'єкт і підтвердити клацанням миші. Для вибору можна також використовувати послідовні клацання миші, при натиснутих клавішах <Shift> і <Пробел>.



а

б

Рисунок 17.2 - Виділені (а) і вибрані (б) об'єкти

Відмінити виділення окремих об'єктів можна клацанням миші з натиснутою клавішею < Shift>.

Вибирати і виділяти об'єкти мишею поодиночі або відразу декілька об'єктів можна за допомогою різних методів вибору.

Існує декілька різних способів вибору об'єктів для роботи. Варіанти вибору об'єктів включають «Рамка (Window)», «Секущая рамка (Crossing)», «Многоугольная рамка (Window Polygon)», «Секущий многоугольник (Crossing Polygon) (CP)», «Линия выбора (Fence)», «Предыдущий (Previous)», «Последний (Last)», «Единственный (Single)» і «Все (All)». Модифікатори режимів вибору включають «Добавить (Add)», «Удалить (Remove)» и «Отменить (Undo)».

Розглянемо найбільш часто використовувані методи вибору об'єктів.

Режим «Рамка (Window)» для вибору об'єктів дозволяє вибирати всі об'єкти, що повністю знаходяться в прямокутній рамці. Охоплююча суцільна рамка формується переміщенням покажчика зліва-направо від першої точки. Поле рамки залите напівпрозорим синім кольором (Рис. 17.3).

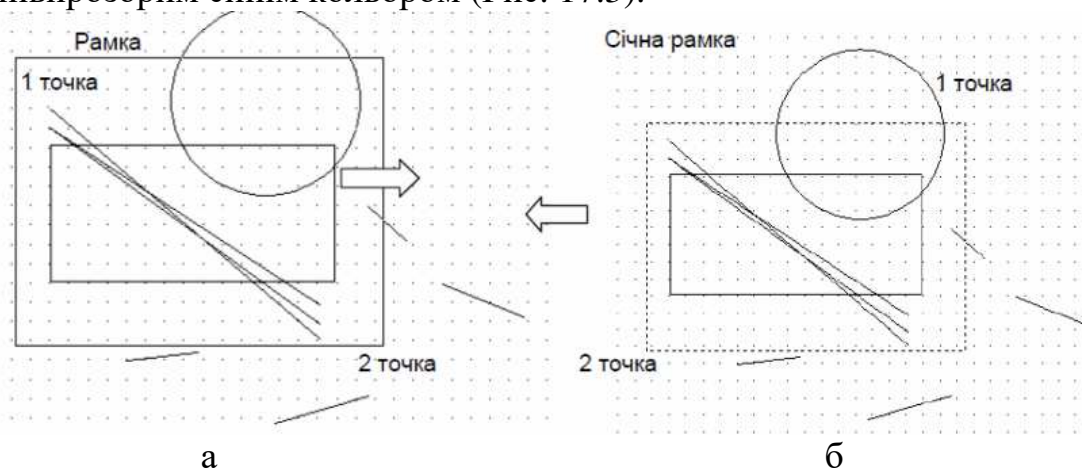


Рисунок 17.3 - Вибір рамкою (а) і січною рамкою (б)

Якщо об'єкт не повністю знаходиться усередині прямокутної області, то цей об'єкт не включається в набір вибору. На рисунку 17.3,а в набір вибору будуть включені тільки 3 довгих відрізка і прямокутник. Коло і короткий відрізок будуть не вибрані, оскільки частина кола і короткого відрізка знаходяться за межами прямокутної області з суцільними межами.

Режим «Секущая» (січна) рамка (Crossing) дозволяє вибирати всі об'єкти, які перетинаються рамкою, і об'єкти, які повністю знаходяться усередині рамки. Перетинаючий прямокутник з пунктирними межами формується переміщенням покажчика ліворуч від першої точки (Рис. 17.3,б). Поле рамки залите напівпрозорим зеленим кольором.

Режим «Многоугольная Рамка (Window Polygon)» схожий на режим «Рамка», проте він дозволяє формувати область у вигляді багатокутника послідовною вказівкою точок біля об'єктів, які необхідно вибрати. Багатокутник може мати будь-яку форму, але його сторони не можуть перетинатися між собою. Будуть вибрані тільки ті об'єкти, які повністю знаходяться усередині заданого багатокутника.

Щоб вибрати режим цей, у відповідь на запрошення «Выберите объекты» ввести команду РМн-кут (_WP).

«Секущий (Січний) многоугольник (Crossing Polygon)» схожий на режим «Многоугольная Рамка», проте вибираються всі об'єкти, що знаходяться усередині багатокутника або перетинаються ним.

Щоб вибрати режим цей, у відповідь на запрошення «Выберите объекты» ввести команду СМн-кут (_CP).

Інші способи вибору об'єктів розгляньте самостійно.

2 Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів

Копіювання і переміщення

Ці операції (команди «КОПИРОВАТЬ», «ПЕРЕНЕСТИ») відрізняються лише тим, що при переміщенні об'єкт переміщується на нове місце, а при копіюванні залишається і новий, і старий об'єкт, крім того, можна створити декілька копій, оскільки операція копіювання триває до її відміни.

Після вибору об'єктів при копіюванні і переміщенні потрібно вказати базову точку (що не обов'язково належить об'єкту), відносно якої відбуватиметься копіювання (переміщення).

Розмноження об'єктів у вигляді масиву

Команда «МАССИВ (_ARRAY)» рівномірно розмножує вибрані об'єкти і розташовує все у формі прямокутного масиву, кругового масиву або масиву за заданою траєкторією на площині або 3D просторі (Рис. 17.4).

Вибір типу масиву і параметрів взаємного розташування об'єктів визначаються у вікні «Масив».

Для прямокутного масиву (команда _ARRAYRECT) можна задати число рядків, стовпців, а також рівнів масиву, відстань між рядками і стовпцями, а також кут повороту масиву об'єктів відносно траєкторії.

Для кругового масиву (команда _ARRAYPOLAR) визначається кількість об'єктів, центр, навколо якого вони розташовуватимуться, кут заповнення, спосіб заповнення масиву – з поворотом об'єктів або без повороту.

Для масиву за траєкторією (команда _ARRAYPATH) обирається довільна (2D або 3D траєкторія), визначається кількість об'єктів, відстань між ними, а також орієнтацію об'єктів.

Важливо! Слід пам'ятати, що всі елементи масиву сприймаються як єдиний об'єкт – масив. Щоб можна було діяти з кожним елементом масиву окремо, слід розділити масив на окремі елементи за командою РАСЧЛЕНИТЬ. За даною командою можна також розділити й інші об'єкти, включаючи блоки, полілінії та області.

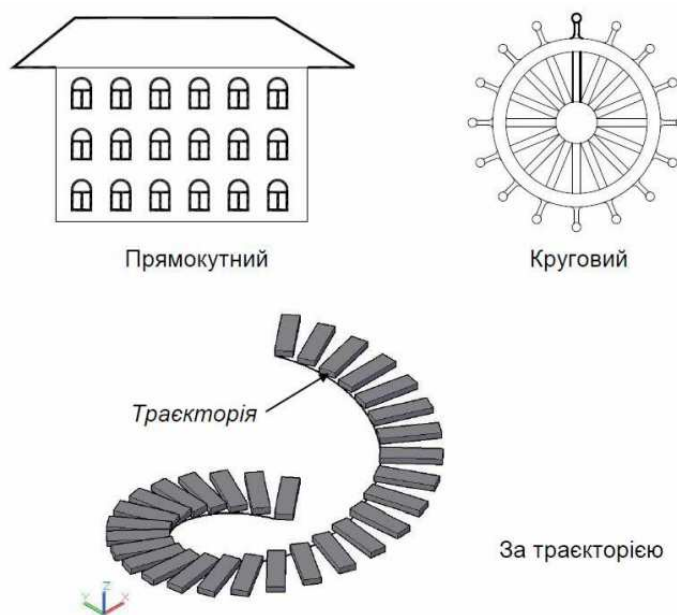


Рисунок 17.4 - Масиви

3 Дзеркальне відображення об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів

Дзеркальне відбиття об'єктів

У багатьох креслениках присутні симетричні об'єкти. Часто буває зручно створювати половину або навіть чверть кресленика об'єкта, а частину, якої бракує, формувати шляхом дзеркального відображення викресленого фрагмента (Рис. 17.5).

Після вибору об'єктів за командою «ЗЕРКАЛО» необхідно вказати координати точок осі віддзеркалення і чи потрібно видаляти старі об'єкти після віддзеркалення.

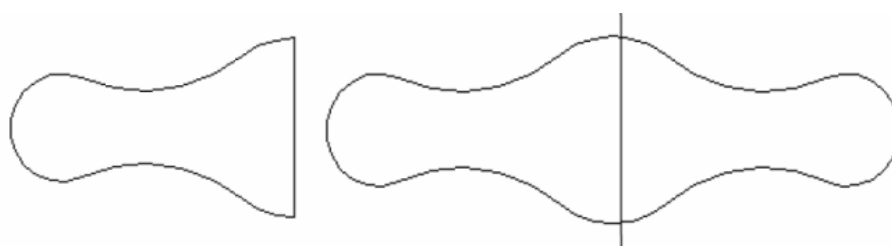


Рисунок 17.5 - Використання команди «Зеркало»

Створення подібних об'єктів

Команда «ПОДОБИЕ» призначена для викреслювання прямолінійних і криволінійних відрізків, зміщених по нормалі на фіксовану відстань від заданих. Це дозволяє проектувати еквідистантні об'єкти. При застосуванні такої команди потрібно вказати відстань, через яку буде побудований подібний об'єкт, вибрати об'єкт, з якого будуватиметься подібний до нього об'єкт і вказати сторону, де він будуватиметься (Рис. 17.6).

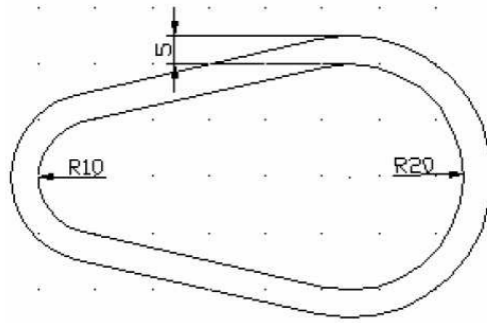


Рисунок 17.6 - Подібність

Обертання об'єктів

Команда «ПОВЕРНУТЬ (_ROTATE)» змінює орієнтацію існуючих об'єктів, повертаючи їх навколо вказаної точки, що називається базовою точкою. За замовчуванням позитивне значення кута повертає об'єкт у напрямі проти годинникової стрілки, а негативне значення кута повертає об'єкт у напрямі за годинниковою стрілкою.

Базова точка може знаходитися у будь-якому місці рисунка. Кут повороту визначає, на скільки градусів об'єкт буде повернений навколо базової точки. На рисунку 17.7 наведений приклад повороту вибраних прямокутників на кут 270° відносно базової точки.

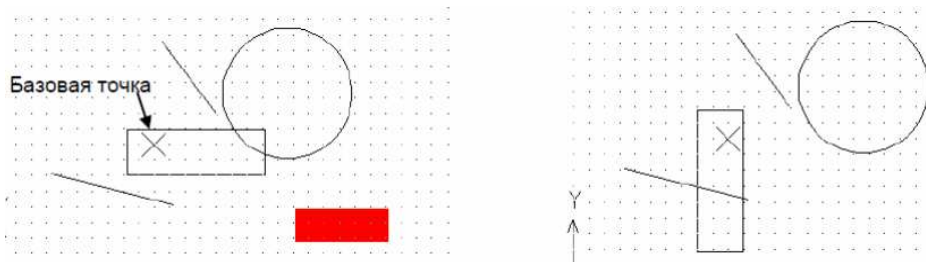


Рисунок 17.7 - Використання команди ПОВЕРНУТЬ

Обертання з використанням відносного кута

Часто необхідно випрямити об'єкт або вирівняти його з іншими елементами креслення, наприклад, прямокутник на рисунку 17.8 необхідно повернути так, щоб нижня його сторона стала паралельно відрізку.

Для цього при виконанні команди «ПОВЕРНУТЬ» після вказівки базової точки необхідно вибрати параметр «Опорный угол». Опорний кут визначається початковою орієнтацією (кутом повороту) прямокутника вказівкою двох точок, наприклад, перша точка – це базова точка, а друга – права нижня вершина прямокутника. Потім визначається новий кут, що визначає кінцеву орієнтацію прямокутника, – вибирається параметр 2Т і вказується початкова точка відрізка і його кінцева точка. Програма AutoCAD автоматично обчислить кут повороту і відповідним чином поверне об'єкт. Якщо новий кут встановити рівний нулю, то початковий об'єкт займе горизонтальне положення.

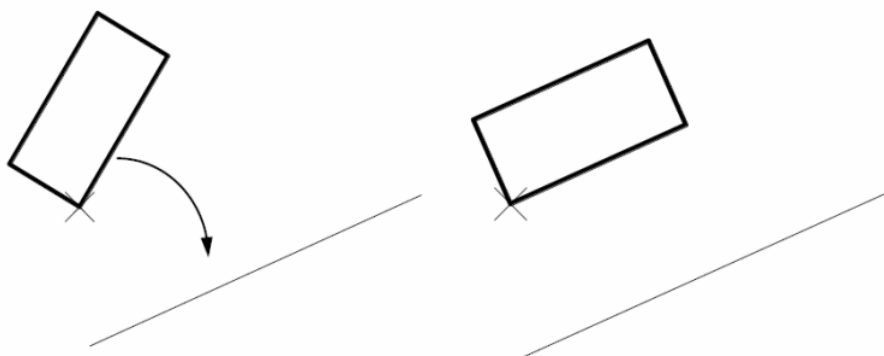


Рисунок 17.8 - Використання опорного кута

4 Редагування форми та розмірів об'єктів

Обрізання і подовження ліній

Команди «ОБРЕЗАТЬ» і «ПРОДОЛЖИТЬ» дуже схожі. Вони дозволяють обрізати об'єкт (об'єкти) за допомогою інших об'єктів, що перетинають його або подовжити його до потрібного об'єкта (Рис. 17.9).

Спочатку потрібно вказати ріжучі кромки (об'єкт, за яким потрібно обрізати або подовжити об'єкт, що редагується), а потім вказати сам об'єкт, що обрізається (продовжується), з тих боків, де його необхідно обрізати.

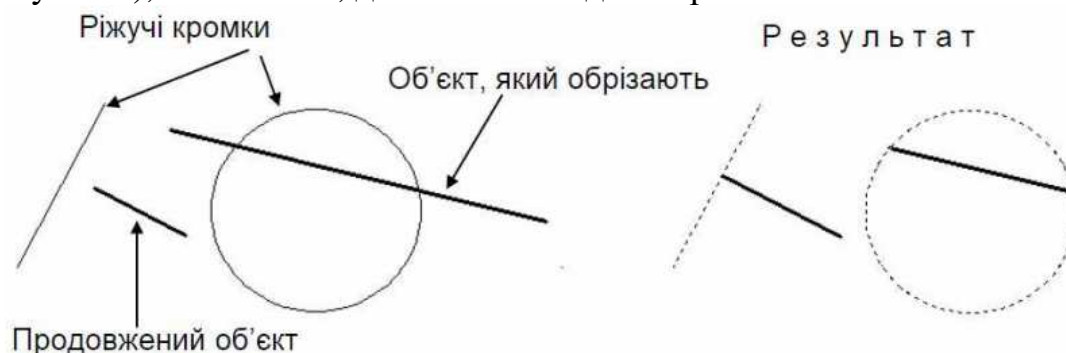


Рисунок 17.9 - Обрізання та подовження об'єктів

Створення фасок і сполучень

Команда «ФАСКА (_CHAMFER)» виконує операцію підрізування двох непаралельних прямолінійних об'єктів на заданих відстанях від точки їх перетину (зняття фаски), будуючи при цьому новий відрізок, що сполучає точки підрізування. Команда виконується як над пересічними, так і над непересічними, відрізками (при цьому відрізки спочатку подовжуються до перетину).

Команда «СОПРЯЖЕНИЕ (_FILLET)» використовується для створення сполучень об'єктів (наприклад, відрізків, дуг і кіл) дугою заданого радіусу. Команда за своїми режимами аналогічна команді «ФАСКА (_CHAMFER)».

Важливо! При використанні сполучення не забудьте задати радіус сполучення. Прийом «Сопряжение» дуже часто використовується під час креслення різних деталей.

Масштабування об'єктів

Команда «МАСШТАБ(_SCALE)» дозволяє змінити розмір вибраних об'єктів одночасно по осях X, Y, Z відповідно до коефіцієнта масштабування. Коефіцієнт масштабування множить розміри вибраних об'єктів на вказаний масштаб. Значення коефіцієнта масштабування більше 1 збільшує об'єкти, значення менше 1 – зменшує.

Базова точка може знаходитися у будь-якому місці рисунка. Якщо вибрана базова точка знаходиться на вибраному об'єкті, вона стає точкою прив'язки для масштабування.

Розтягування об'єктів

Команда «РАСТЯНУТЬ (_STRETCH)» призначена для зміни форми об'єкта методом розтягування.

Команда зазвичай виконується над полілінією (хоча вона може розтягувати і дуги, еліптичні дуги, сплайни й інші лінійні примітиви), коли потрібно перемістити декілька її вершин паралельно вектору, що задається двома точками, а інші вершини полілінії потрібно залишити на місці і таким чином перетворити геометрію об'єкта.

Важливо! Вершини, які необхідно переміщати, вибираються січною рамкою або січним багатокутником.

Після вибору вершин вказується базова точка і кінцева точка розтягування (визначається вектор переміщення вершин).

У результаті виконання команди вершини полілінії, що не потрапили в рамку, залишаються на старих місцях, а вершини, вибрані січною рамкою, переміщуються паралельно заданому вектору.

5 Редагування за допомогою ручок

Вибрані об'єкти можна швидко відредагувати за допомогою ручок – маленьких квадратиків, які висвічуються у визначальних точках вибраних об'єктів (Рис. 17.10). Параметри ручок встановлюються на вкладці «Выбор» діалогового вікна «Настройка».

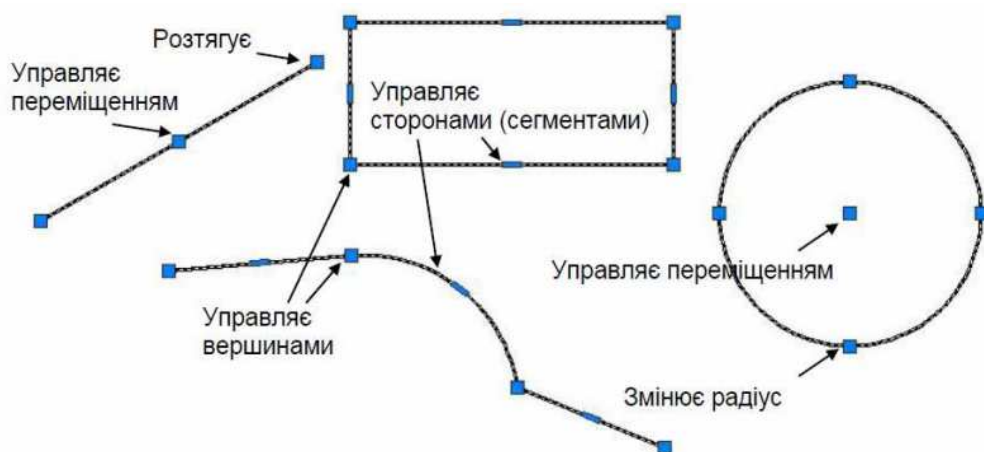


Рисунок 17.10 - Приклади примітивів з ручками

При роботі з ручками вибір об'єктів здійснюється до редагування, а маніпуляції з ними виконуються за допомогою покажчика миші або ключових слів. Деякі ручки (показані на рисунку 17.10) дозволяють безпосередньо впливати на об'єкт. При наведенні миші на ручку її колір змінюється на ненасичений червоний, і біля неї з'являється список можливих операцій редагування. При виборі ручки колір ручки міняється на насичений червоний, вона стає базовою, і тепер можна вибрати один з режимів редагування:

- «МАСШТАБ»
- «ЗЕРКАЛО»
- «РАСТЯГИВАНИЕ»
- «ПЕРЕНЕСТИ»
- «ПОВОРОТ»

Перемикання режимів здійснюється циклічно, послідовним натисненням клавіші <Пробел> чи <Enter>. Операцію копіювання можна вибрати в списках режимів будь-якої з цих команд. Щоб вийти з режиму роботи з ручками, необхідно натиснути клавішу <Esc>.

Найбільш зручний спосіб вибору режиму редагування за допомогою ручок – використання контекстного меню ручки (Рис. 17.11). Режим копіювання можна вибрати з контекстного меню – пункт «Копировать». Режим багатократного копіювання залишається активним до того часу, поки не буде вибраний інший поточний режим ручок або натиснута клавіша <Enter> для завершення операції.

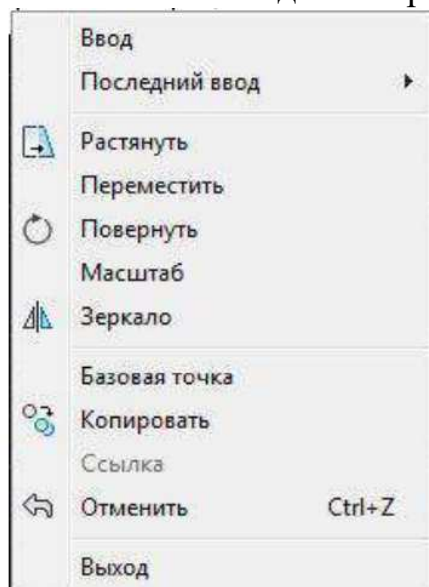


Рисунок 17.11 - Контекстне меню ручки

Блоки теж мають ручки. За бажанням користувача можна підключати одну ручку для блоку в цілому у точці вставки блоку, або ручки для кожного окремого об'єкта блоку. Ці параметри для ручок блоку також встановлюються на вкладці «Выбор» діалогового вікна «Настройка» прапорцем «Ручки внутри блока».

Контрольні питання

1. Перелічіть команди редагування.
2. Які способи вибору об'єктів ви знаєте?
3. У яких випадках доцільно використовувати масиви об'єктів?
4. Чи може прямокутник використовуватися як січна кромка?
5. Чи може прямокутник використовуватися як об'єкт, що продовжується?
6. Як можна видалити частину примітиву?
7. Чи можуть сполучатися два кола?
8. Як поєднати декілька окремих сполучених об'єктів (відрізків, дуг) у єдиний об'єкт – полілінію?
9. Назвіть відмінності між командами «ПРОДОЛЖИТЬ, УВЕЛИЧИТЬ І МАСШТАБ».
10. Поясніть, в чому полягає обрізання непересічних відрізків (команда «ФАСКА»).
11. Якими елементами визначається сполучення?
12. Чи можна сполучити два кола?
13. Як редагуються об'єкти за допомогою ручок?

ТЕМА 18

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ШАРАМИ Й ТЕКСТОВИМИ СТИЛЯМИ

Зміст теми:

- 1 Установка властивостей об'єктів
- 2 Шари та їх властивості
- 3 Нанесення на кресленик розмірів
- 4 Текстові стилі та їх модифікація

1 Установка властивостей об'єктів

Кожен створений об'єкт визначається своїми властивостями. Це геометричні властивості – координати характерних точок об'єкта, довжина, площа, об'єм, положення в просторі; загальні властивості – колір, тип і товщина ліній; способи візуалізації та інші.

Геометричні властивості

Періодичний контроль властивостей об'єктів зменшує кількість помилок при побудові і скорочує загальний час створення і редагування креслеників.

Для перегляду геометричних властивостей об'єктів можна використати панель інструментів «Сведения» (кнопки «Геометрия» і «Маса», «Список» і «Координаты») або команду «Сервис-Сведения». Дані видаються у вигляді текстового вікна. Ці дані можна зберегти, але не можна змінити.

Зручний спосіб контролю і редагування властивостей надає палітра «Свойства» (Рис. 18.1,а).

Вікно палітри розділене на групи властивостей «Общие», «Геометрические» та інші. Великою перевагою є те, що при необхідності можна змінити ті або інші властивості об'єктів безпосередньо у вікні палітри.

До загальних властивостей об'єктів належать кольори, типи і товщина ліній.

Стандартна практика призначення кольорів, типів і товщини ліній об'єктів здійснюється за шарами, тобто за замовчуванням властивості об'єктів встановлюються відповідно до властивостей шарів.

За необхідності властивості об'єктів можна змінити за командою «Формат» або за допомогою палітри «Свойства» (Рис. 18.1,а) або панелі інструментів «Свойства» (Рис. 18.1,б). Панель має списки властивостей «Цвета, Типы линий, Вес линий», з яких і вибираються необхідні значення. На рисунку всі списки показані розкритими. Зміни властивостей об'єктів здійснюється аналогічно зміні властивостей шарів. Змінені властивості стають поточними для всіх знов створюваних об'єктів до їх зміни.

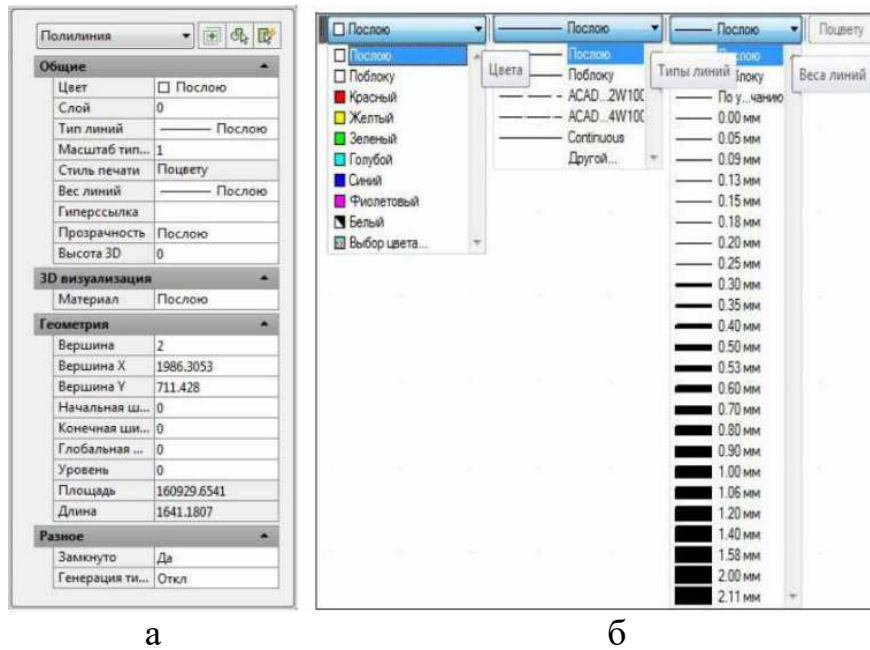


Рисунок 18.1 - Палітра «Свойства» і панель інструментів «Свойства»

Зі списку «Цвета» можна вибрати сім (за замовчуванням) стандартних кольорів. Пункт «Выбор цвета» дозволяє вибрати будь-який колір за номером кольору індексної палітри системи AutoCAD, альбомів кольорів для поліграфії, або зі всієї палітри кольорів. Кольори всієї палітри представлені моделями RGB і HSL. У міру вибору нових кольорів палітра стандартних кольорів розширюється.

Список «Типы линий». За замовчуванням AutoCAD встановлює тип ліній – суцільна. Список дозволяє вибрати інший необхідний згідно з ЄСКД тип лінії, наприклад, пунктирна лінія і штрих-пунктирна лінія. Якщо потрібний тип ліній відсутній, необхідно його встановити. З цією метою слід клацнути на кнопці «Другой» і вибрати потрібний тип лінії у диспетчері типів лінії (кнопка «Загрузить»).

Список «Вес линий» дозволяє вибрати товщину ліній, з якою вона буде виводитись на пристрій друку. За замовчуванням товщина ліній дорівнює 0,25 мм. У списку можна вибрати товщину ліній від 0 до 2,11 мм.

Важливо! Щоб побачити на екрані реальну товщину ліній, необхідно натиснути кнопку «Отображение линий в соответствии с весами» у рядку режимів.

У просторі моделі в режимі відображення ваг ліній товщина зображення будь-якого об'єкта не залежить від коефіцієнта масштабування і при зумуванні не змінюється. У просторі листа і в режимі попереднього перегляду видима на екрані товщина зображення окремого об'єкта пропорційна значенню ваги ліній і поточному коефіцієнту масштабування. Тому при зумуванні видима товщина об'єктів змінюється.

2 Шари та їх властивості

Шари – це засоби AutoCAD, направлені на спрощення організації представлення складних креслеників на екрані і поліпшення їх сприйняття. Шари визнача-

ються, виходячи з вимог до кресленника. Кожен об'єкт на кресленнику повинен належати певному шару, а кожен шар повинен мати свій колір, тип і товщину ліній. Колір, тип і товщина ліній називаються властивостями об'єкта кресленника.

У більшості випадків установка властивостей проводиться за шарами. Існує можливість легко змінювати властивості об'єктів, а також управляти видимістю шарів. Так, наприклад, зробивши той або інший шар невидимим, можна зосередити увагу саме на тих об'єктах, які необхідно відкоригувати або накреслити.

Створення нового шару і типів ліній

Щоб створити новий шар, треба натиснути кнопку «Диспетчер свойств слоев» на панелі інструментів «Слои». У вікні «Диспетчера» перераховані елементи управління шарами, існуючі шари і їх властивості (Рис. 18.2). При створенні нового кресленника створюється спеціальний шар з ім'ям 0, який не може бути ні видалений, ні перейменованій. Нові шари доцільно перейменувати відповідно до їх призначення.

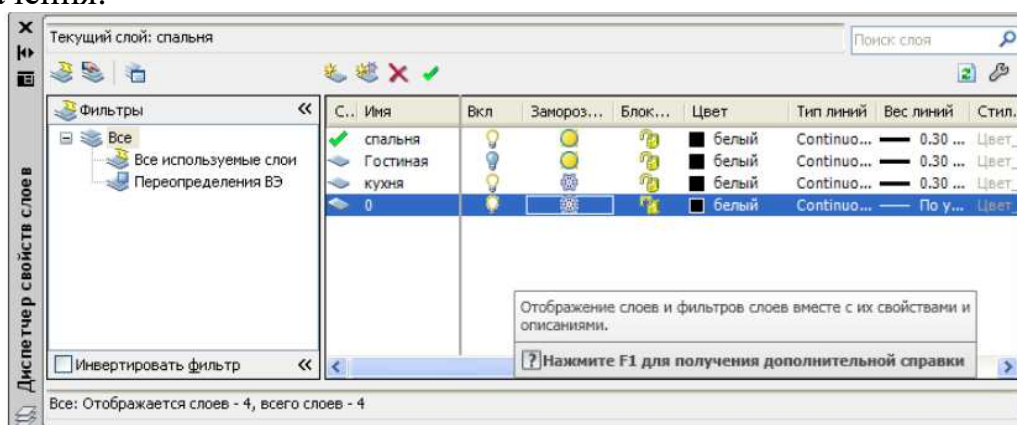


Рисунок 18.2 - Властивості шарів у вікні «Диспетчер свойств слоев»

Один із шарів може бути поточним шаром, на якому проводяться побудови необхідних для даного шару елементів.

При створенні нового шару необхідно задати колір, тип і товщину лінії клацанням у відповідних стовпчиках («Цвет, Типы линий, Вес линий») того або іншого шару вікна диспетчера. У діалоговому вікні встановити потрібну властивість. Властивості шару налаштовуються точно так же, як і властивості об'єктів.

Управління видимістю шарів

Для всіх шарів передбачено декілька режимів стану, які управляють видимістю шарів, можливістю їх регенерації і внесення зміни. Вибір режиму здійснюється у відповідних стовпцях шару вікна диспетчера (Рис. 18.2) послідовним клацанням миші на відповідному значку.

«**Включить/Отключить**». Включені шари за замовчуванням є видимими. Відключені шари (навіть поточний) невидимі, тобто не виводяться на екран і друк, проте беруть участь у регенерації кресленника.

«Размороженный/Замороженный». Розморожений шар за замовчуванням є видимим. Заморожений шар невидимий. Поточний шар не може бути заморожений.

«Блокированный/Разблокированный». Розблоковані шари за замовчуванням є видимими і можуть коректуватися. Блоковані шари також видимі, але редагувати на них не можна. Блокування використовується для захисту об'єктів шару від неумисної зміни деяких об'єктів. На блокованих шарах можна створювати нові об'єкти і навіть користуватися об'єктною прив'язкою.

«Печать/Не печатать». Шари, що не виводяться на друк, заморожені або вимкнені, виводитися на друк не будуть.

3 Нанесення на кресленнику розмірів

Розміри виражають геометричні величини об'єктів, відстані і кути між ними, координати окремих точок. В AutoCAD розміри бувають трьох основних типів: лінійні, радіальні і кутові.

Лінійні розміри поділяються на горизонтальні, вертикальні, рівнобіжні, нахилені, ординатні, базові і розмірні ланцюги.

Зображення розмірів містять наступні складові елементи:

- *розмірну лінію* – лінію зі стрілками на кінцях, виконану паралельно відповідному виміру. Для кутових розмірів розмірною лінією є дуга;
- *стрілки* – стрілки, зарубки або довільний маркер, обумовлений як блок, для позначення кінців розмірної лінії;
- *виносну лінію* – тільки для лінійних і кутових розмірів;
- *розмірний текст* – текстовий рядок, що містить розмір. Можна прийняти розмір, автоматично обчислений AutoCAD, або замінити його на свій текст.
- *допуски* – текст, що відповідає величинам припустимих відхилень від номіналу;
- *межі* – при необхідності допуски можуть бути додані до розмірів. У цьому випадку розмірний текст буде являти собою верхнє і нижнє значення, тобто гранично допустимі розміри, а не номінальний розмір з допусками;
- *альтернативні одиниці* – розмір можна задавати одночасно в двох системах виміру;
- *винесення* – використовуються, якщо розмірний текст неможливо розмістити поруч з об'єктом;
- *маркер центра й осьові лінії* – маркер – невеликий хрестик, що відзначає центр кола або дуги. Осьові лінії – лінії з розривом, що перетинаються в центрі кола або дуги і поділяють її на квадранти.

Зображення розміру – усі лінії, стрілки, дуги й елементи тексту, що складають розмір, будуть розглядатися як один розмірний примітив, якщо встановлено режим асоціативного оброзмірювання. Асоціативні розміри змінюються відповідно до зміни елементів, що оброзмірюються.

Для встановлення параметрів розмірів служить розмірний стиль.

Розмірний стиль - це поійменована сукупність значень усіх розмірних перемінних, визначальний вид розміру на кресленику. Усі розміри створюються з використанням поточного розмірного стилю. За замовчуванням використовується стиль STANDARD.

Роботу з розмірними стилями забезпечує команда DDIM (ДИАЛПРАЗМ) за допомогою діалогового вікна Dimension Styles («Диспетчер размерных стилей»), пункт Style... («Стиль...») падаючого меню Dimension («Размеры»).

4 Текстові стилі та їх модифікація

В AutoCAD можна задавати різні типи (стилі) тексту.

З падаючого меню «Формат» викликається вікно «Текстовые стили», або вводиться в командному рядку команда Style («Стиль»).

Text (Текст) - виклик команди

Запити:

Text style name(or?) («Имя текстового стиля»)

Specify full...(«Укажите полное имя шрифта или имя файла»)

Height(«Высота») – задає висоту області, що включає букву

Width factor(«Степень сжатия-растягивания») – масштабний коефіцієнт

Obliquing angle («Угол наклона») – нахил тексту стосовно норм: додатній – праворуч, від'ємний – ліворуч.

Back wards? («Справа налево?») – задання тексту у зворотному порядку

Upside-down?(y/n) («Перевернутый?») – задання переверненого тексту

Vertical?(y/n) («Вертикальный?») – задання написання букв одна над іншою.

Однорядковий текст

Команда «Текст» створює однорядковий текстовий об'єкт. Після виклику команди відкривається спрощений варіант редактора входжень блока, що представляє собою обмежуючу рамку з висотою тексту, розмір якої збільшується в процесі введення.

Команду «Текст» можна викликати із меню «Черчение» → «Текст» → «Однострочный».

Запити:

Justify/Style/<Start point> («Вирівнювання/Стиль/<Початкова точка>»)

<Enter> або Пробіл – для перекладу каретки безпосередньо під попередній символ

Height(«Висота») – визначає висоту прописних букв

Rotation angle («Кут повороту»)

Text («Текст») – введення тексту.

Задання текстового стилю при створенні однорядкового тексту:

1. Натиснути «Черчение» → «Текст» → «Однострочный».

2. Ввести с (стиль).

3. У відповідь на запит «Имя стиля» ввести ім'я наявного текстового стилю.

Для одержання списку текстових стилів можна ввести знак питання (?), після чого варто двічі натиснути <ENTER>.

4. Продовжити створення тексту.

Задання режиму вирівнювання однорядкового тексту:

5. Натиснути «Черчение» → «Текст» → « Однострочный ».

6. Ввести с (Стиль).

7. Задати режим вирівнювання. Наприклад, ввести **вв** для вирівнювання тексту вгору і вліво.

8. Продовжити нанесення тексту.

Створення однорядкового тексту

9. Натиснути «Черчение» → «Текст» → « Однострочный ».

10. Вказати точку вставки першого символу. При натисканні клавіші <ENTER> програма помістить новий текст безпосередньо під текстовим об'єктом, створеним останнім (якщо такий є).

11. Задати висоту тексту. Запит висоти з'являється в тому випадку, якщо поточний текстовий стиль має нульову висоту. Точка вставки тексту і курсор з'єднуються лінією.

12. Задати кут повороту тексту.

13. Кут можна задати шляхом введення числового значення або за допомогою пристрою зазначення.

14. Ввести рядок тексту. Наприкінці рядка натиснути <ENTER>. Якщо необхідно, ввести наступні рядки.

15. Якщо вказати іншу точку вставки, курсор переміщається до зазначеної позиції, після чого можна продовжувати введення тексту. Після кожного натискання <ENTER> або зазначення точки створюється новий текстовий об'єкт.

16. Для завершення команди натиснути <ENTER> на порожньому рядку.

Багаторядковий текст

Багаторядковий текст «МТЕКСТ» складається з одного або декількох абзаців, які при маніпуляціях поведуться як єдиний об'єкт.

Один і більше абзаців багаторядкового тексту можна ввести в текстовому редакторі, який використовується в місці редагування, в альтернативному текстовому редакторі або в командному рядку. Можна також вставляти текст із файлів формату TXT і RTF.

Перш ніж набрати або імпортувати текст, необхідно задати рамкою ширину абзаців багаторядкового тексту. На відміну від ширини, довжина тексту не визначається рамкою, а залежить тільки від розміру текстових даних об'єкта. За допомогою ручок багаторядкові текстові об'єкти можна переміщати і повертати.

Текстовий редактор, який використовується у місці редагування, є вікно з лінійкою у верхній частині і панеллю форматування тексту. Вікно редактора є прозорим, що дозволяє контролювати розташування тексту, який набирається, щодо інших об'єктів.

Для багаторядкового тексту можна застосовувати неоднорідне форматування, змінюючи заданий текстовий стиль. Форматування впливає тільки на обраний текст; поточний текстовий стиль не змінюється.

Можна задавати шрифт і розмір тексту, а також змінювати вид (напівжирний, курсив, підкреслений) і колір. Також можна задавати кут нахилу, змінювати міжсимвольний інтервал і розширювати або звужувати символи.

Команду «МТЕКСТ» можна викликати із меню «Черчение» → «Текст» → «Многострочный».

Ключі:

Height(«Высота»)

Justify(«Выравнивание»)

Rotation(«Поворот»)

Style(«Стиль»)

Width(«Ширина») – ширина параграфу

Після визначення параметрів виводиться вікно «Редактор многострочного текста», де і вводиться текст.

Створення багаторядкового тексту

1. Натиснути «Черчение» → «Текст» → «Многострочный».
2. Задати рамкою ширину області багаторядкового тексту.
3. Відобразиться текстовий редактор, який використовується у місці редагування.
4. Для задання відступу першого рядка абзацу на горизонтальній лінійці перемістити маркер «Первая строка» у положення, з якого повинен починатися текст. Для задання відступу інших рядків абзацу на горизонтальній лінійці перемістити маркер «Абзац».
5. Для задання позицій табуляції натиснути кнопку миші в потрібних місцях на горизонтальній лінійці.
6. Для задання текстового стилю, відмінного від встановленого за замовчуванням, розкрити список «Стиль» на панелі редактора й вибрати необхідний стиль.
7. Увести текст.
8. Натиснути «ОК» на панелі «Формат текста».

Контрольні питання

1. Які властивості об'єктів ви знаєте?
2. Перелічіть засоби редагування властивостей об'єктів.
3. Що означає властивість За шаром, За блоком?
4. Як змінити колір блоку?
5. У чому відмінність моделі RGB від моделі HSL?
6. Скільки різних кольорів можна описати моделлю RGB і моделлю HSL?
7. Як перенести об'єкти з одного шару на другий?
8. Наведіть елементи розмірів.
9. Розмір об'єкта 100, а потрібно, щоб стояв розмір 187. Чи можна це зробити, не змінюючи розмір об'єкта?

10. Для чого використовуються стилі розмірів?
11. Що означає символ \emptyset і коли він ставиться?
12. Як повернути виносні лінії розміру?
13. Що означає символ \square і як його вставити до значення розміру.
14. Як створити текст? Які види тексту існують?

ТЕМА 19

ПОНЯТТЯ ГРАФІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ СХЕМ

Зміст теми:

- 1 Оформлення графічної частини інженерного проєкту
- 2 Основні правила виконання схем
- 3 Структурна електрична схема
- 4 Функціональна схема автоматизації
- 5 Принципова електрична схема
- 6 Схема з'єднань
- 7 Схема підключення
- 8 Гідравлічні та пневматичні схеми

1 Оформлення графічної частини інженерного проєкту

При оформленні інженерного проєкту виконується текстова та графічна частини. Текстова частина, як правило, доповнюється також додатками.

Пояснювальна записка містить опис і аналіз об'єкта проєктування, опис технічних рішень, що розробляються, і т. п. відповідно до проєкту з наведенням необхідних розрахунків, алгоритмів, програм, даних експерименту, прийнятих технічних і техніко-економічних рішень.

Графічна частина – це комплект конструкторських креслеників, що відбивають прийняті й розроблені в ході проєктування інженерні рішення, а також зміст теоретичних і експериментальних робіт, виконаних під час розробки проєкту.

Графічний матеріал проєкту виконується на папері стандартного формату за допомогою спеціалізованих пакетів прикладних програм та засобів оргтехніки (принтерів, плотерів та ін.). Розташування декількох креслеників на аркуші формату А1 показано на рисунку 19.1.

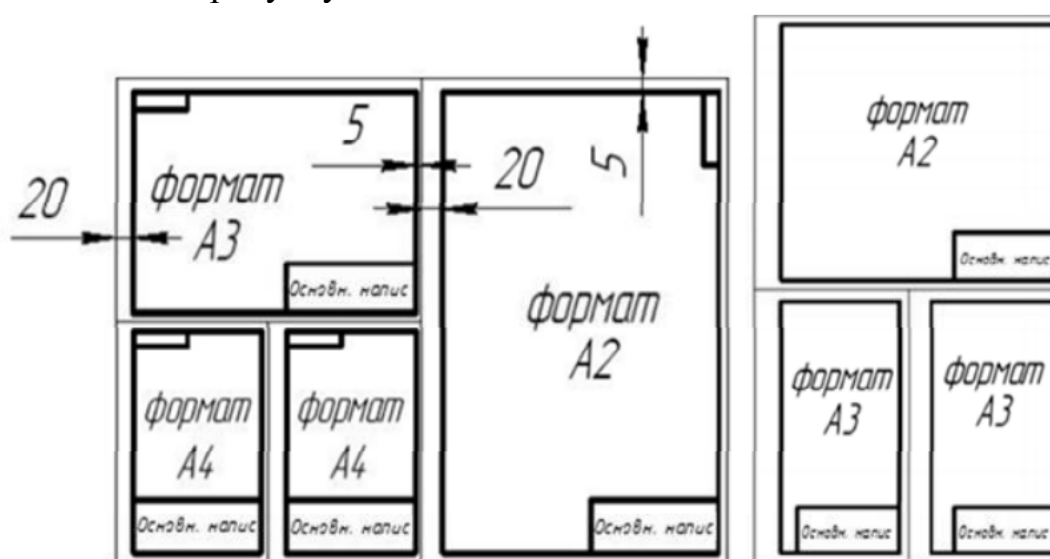


Рисунок 19.1 - Розташування декількох креслеників на аркуші формату А1

Перелік елементів у вигляді самостійного документа роблять на аркуші формату А4. При цьому основний напис виконують відповідно до ГОСТу 2.104-68 (за формою 2 для першого і формою 2а для подальших аркушів).

Приклад заповнення переліку елементів наведено на рис. 19.3.

<i>Познач</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
<i>Конденсатори</i>			
<i>C1, C2</i>	<i>КМ-5а-Н90-0,5мкФ ОЖО.460.043.ТУ</i>	<i>2</i>	
<i>C3..C5</i>	<i>КМ50-12а-103-200мкФ ОЖО.464.079.ТУ</i>	<i>3</i>	
<i>DD1</i>	<i>Блок кремн. КЦ407А ТТЗ.362.146.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>EL1</i>	<i>Лампа ТН-02</i>		
<i>Резистори</i>			
<i>R1</i>	<i>МЛТ-2,0-4,3кОм+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>R2</i>	<i>МЛТ-0,5-430кОм+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>R3</i>	<i>МЛТ-2,0-5,6кОм+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>R5</i>	<i>МЛТ-0.25-1,8кОм+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>R5</i>	<i>МЛТ-0.25-430Ом+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>R6..R8</i>	<i>МЛТ-0,125-0,2кОм+10%B ОЖО.467.180.ТУ</i>	<i>3</i>	
<i>SA</i>	<i>Мікротумблер МТ -1 ОЮО 360.016</i>	<i>1</i>	

Рисунок 19.3 - Приклад оформлення переліку елементів

Аркуші формату А4 розміром 210x297 мм розташовуються лише вертикально, а основні написи – внизу аркуша.

Рамки наносять суцільною основною лінією на відстані 5 мм від кордону формату зверху, справа і знизу. Зліва залишають поле шириною 20 мм.

На аркушах форматів А1, А2 і А3 основний напис розташовують у правому нижньому кутку конструкторських документів.

Графічні умовні позначення елементів електричних схем та їх розміри встановлені відповідними стандартами ЄСКД].

Лінії зв'язку повинні складатися, як правило, з горизонтальних і вертикальних відрізків з відстанню між ними не менше ніж 3 мм. При цьому кількість зламів і взаємних перетинів повинна бути найменшою.

Якщо лінії зв'язку ускладнюють читання схеми в межах одного аркуша, їх можна обірвати, закінчивши стрілкою і роблячи позначення або найменування, присвоєне цій лінії (наприклад, номер проводу, найменування сигналу, умовне позначення літерою або цифрою).

Якщо схему необхідно розділити на два аркуші, то стрілка на місці обриву не ставиться, але робиться позначення лінії і поруч з ним указується в дужках номер аркуша, куди йде з'єднання.

Якщо в схемі є пристрій, що має самостійну принципову схему, то він виділяється прямокутником із суцільною лінією, що вдвічі товстіше за лінію зв'язку, з вказівкою найменування і (або) типу, і (або) позначення документа, на основі якого цей пристрій застосовано. На схемі пристрою можуть бути виділені функціональні групи, що не мають самостійних схем, – у вигляді прямокутників, виконаних штрих-пунктирними лініями, товщина яких дорівнює товщині ліній зв'язку, із зазначенням найменування функціональної групи.

При графічних позначеннях (праворуч або зверху) на вільному полі схеми або над основним написом (якщо є змога) допускається розміщувати різні технічні дані (наприклад, номінальні значення параметрів елементів, діаграми, таблиці, текстові вказівки).

2 Основні правила виконання схем

Схемою називають конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних позначень складові частини виробу і зв'язки між ними. Схемами користуються в багатьох галузях промисловості як робочою конструкторською документацією при монтажі виробів радіотехніки і радіоелектроніки, електричних мереж, в інструкціях з експлуатації та ремонту, для пояснення принципу дії різних пристроїв, їх налаштування і регулювання, усунення несправностей, розрахунках виробів і в багатьох інших випадках.

Згідно з ГОСТом 2.701-84 схеми залежно від елементів, що входять до складу виробу, і зв'язків між ними розділяються на такі види, що позначаються прописними літерами: електричні – Е, гідравлічні – Г, пневматичні – П, кінематичні – К, оптичні – Л, комбіновані – С, вакуумні – В, газові – Х, автоматизації – А.

Типи схем залежать від їх основного призначення та позначаються цифрами:
– структурні (1) – визначають основні функціональні частини виробу, їх призначення і взаємозв'язки;

– функціональні схеми автоматизації (2) – роз'яснюють певні процеси, що протікають в окремих функціональних ланцюгах виробу;

– принципові (3) – визначають повний склад елементів і зв'язків між ними і дають детальне уявлення про принципи роботи виробу;

– з'єднань (4) – показують з'єднання складових частин виробу і визначальних типів дротів, кабелів і джгутів;

– підключення (5) – показують зовнішні підключення виробу;

– загальні (6) – визначають складові частини комплексу і з'єднання їх між собою;

- розташування (7) – визначають відносно розташування складових частин виробу;
- об'єднані (8) – виконуються схеми двох або декількох типів, випущених на один виріб.

3 Структурна електрична схема

Структурна електрична схема визначає основні функціональні частини виробу (елементу пристрою, функціональної групи), їх призначення і зв'язки. Всі функціональні частини на схемі зображають у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень відповідно до стандартів із вказівкою типу елемента (пристрою) і (або) позначення документа, на основі якого цей елемент застосований, функціональні частини пов'язані між собою лініями зі стрілками. При цьому графічна побудова схеми повинна давати наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин виробу, яка просліджується за допомогою стрілок, що проставляються на лініях взаємозв'язку.

На схемі допускаються пояснювальні написи, діаграми, таблиці, вказівки параметрів у характерних точках (величини струмів, напруг; форми і величини імпульсів, математична залежність і т. п.).

Приклад структурної електричної схеми наведено на рис. 19.4.

У разі виконання функціональних частин у вигляді прямокутників найменування функціональної частини, типу елемента і позначення документа записують усередині них. При великій кількості функціональних частин допускається замість найменувань, типів і позначень проставляти порядкові номери праворуч від зображення або над ним, як правило, зверху вниз у напрямку зліва направо. У цьому випадку найменування типів і позначення записують у вигляді таблиці, поміщеної на полі схеми.

Приклади структурних схем комплексу технічних засобів та комп'ютерної системи наведено на рис. 19.5 та 19.6.

4 Функціональна схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації (ФСА) є одним з основних проектних документів, що визначають функціональну структуру та об'єм автоматизації технологічних установок і окремих агрегатів промислового об'єкта.

Вона є креслеником, на якому схематично умовними позначеннями показано: технологічне устаткування; комунікації; органи керування і засоби автоматизації (прилади, регулювальники, обчислювальні пристрої) із зазначенням зв'язків між технологічним устаткуванням і елементами автоматики, а також зв'язків між окремими елементами автоматики.

Допоміжні пристрої, такі як редуктори, фільтри для повітря, джерела живлення, сполучні коробки та інші монтажні елементи, на ФСА не показують.

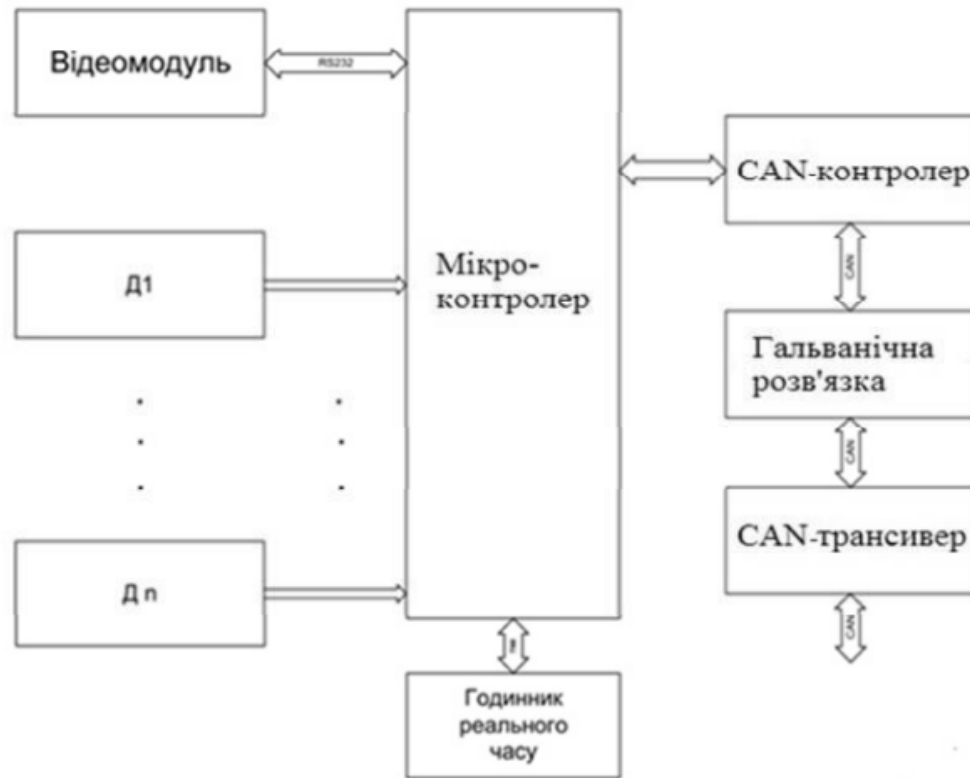


Рисунок 19.4 - Структурна електрична схема

Як правило, ФСА виконують на одному кресленику, на якому показують апаратуру всіх систем контролю, регулювання, керування і сигналізації, що належить до даної технологічної установки. Приклад ФСА наведено на рисунку 19.7.

На підставі ФСА виконують останні кресленики проєкту і складають відомості й замовлені специфікації приладів і засобів автоматизації.

Технологічне устаткування (апарати і машини) та трубопроводи на функціональній схемі змальовують спрощено порівняно з технологічною схемою, але так, щоб були зрозумілі зв'язок і взаємодія технологічного устаткування із засобами автоматизації. Контури графічних зображень апаратів і машин, а також співвідношення їх габаритних розмірів повинні, як правило, відповідати дійсним.

Біля або всередині графічного позначення кожного апарату і машини має бути зазначене найменування або позиційне позначення (арабськими цифрами). Дозволяється використовувати і буквено-цифрове позначення, наприклад, Т-3, Е-5 і т. д., де буква позначає найменування елемента (М – мотор, V – вольтметр), а цифра – порядковий номер елемента серед йому подібних.

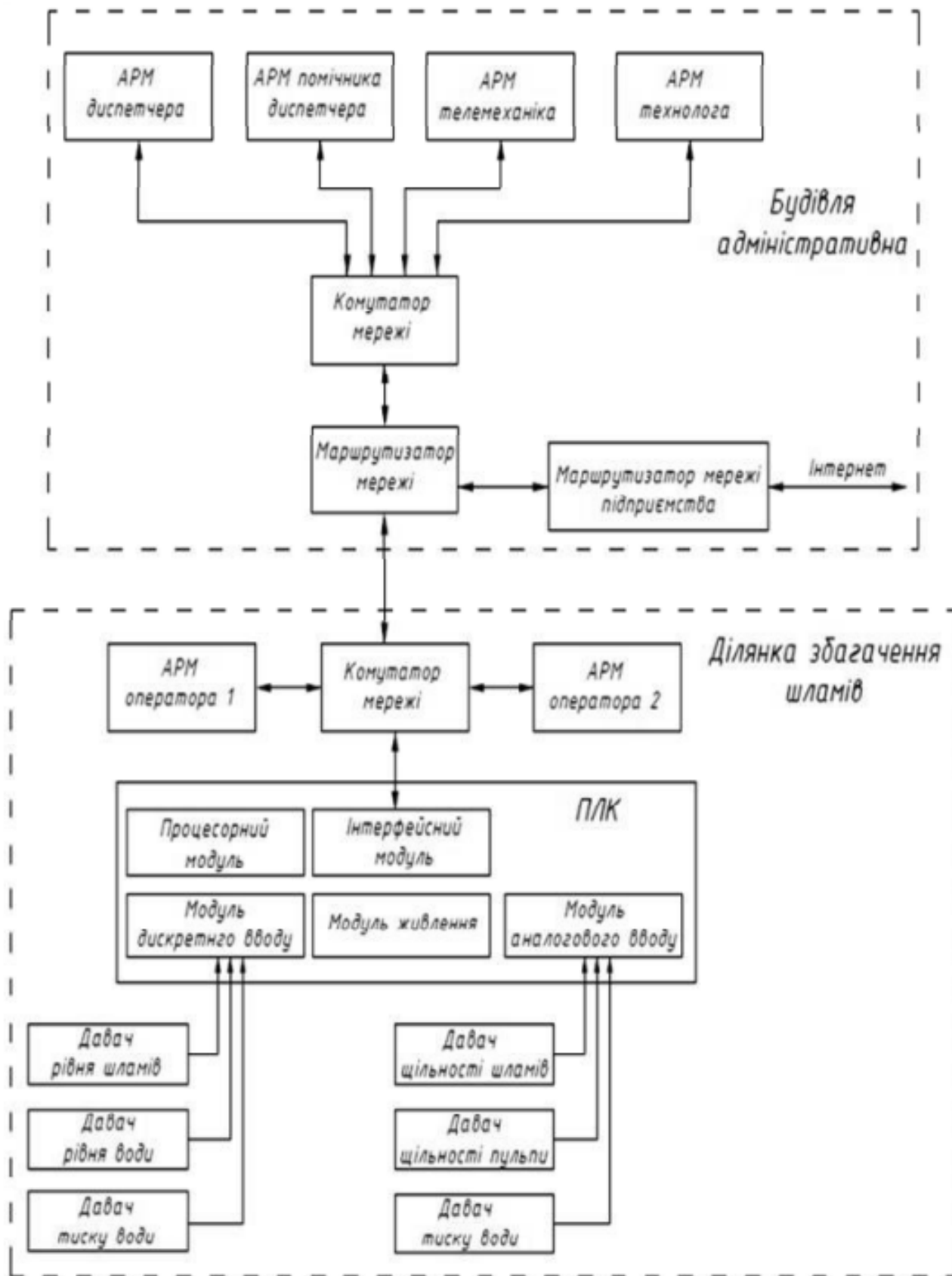


Рисунок 19.5 - Структурна схема комплексу технічних засобів комп'ютерної системи

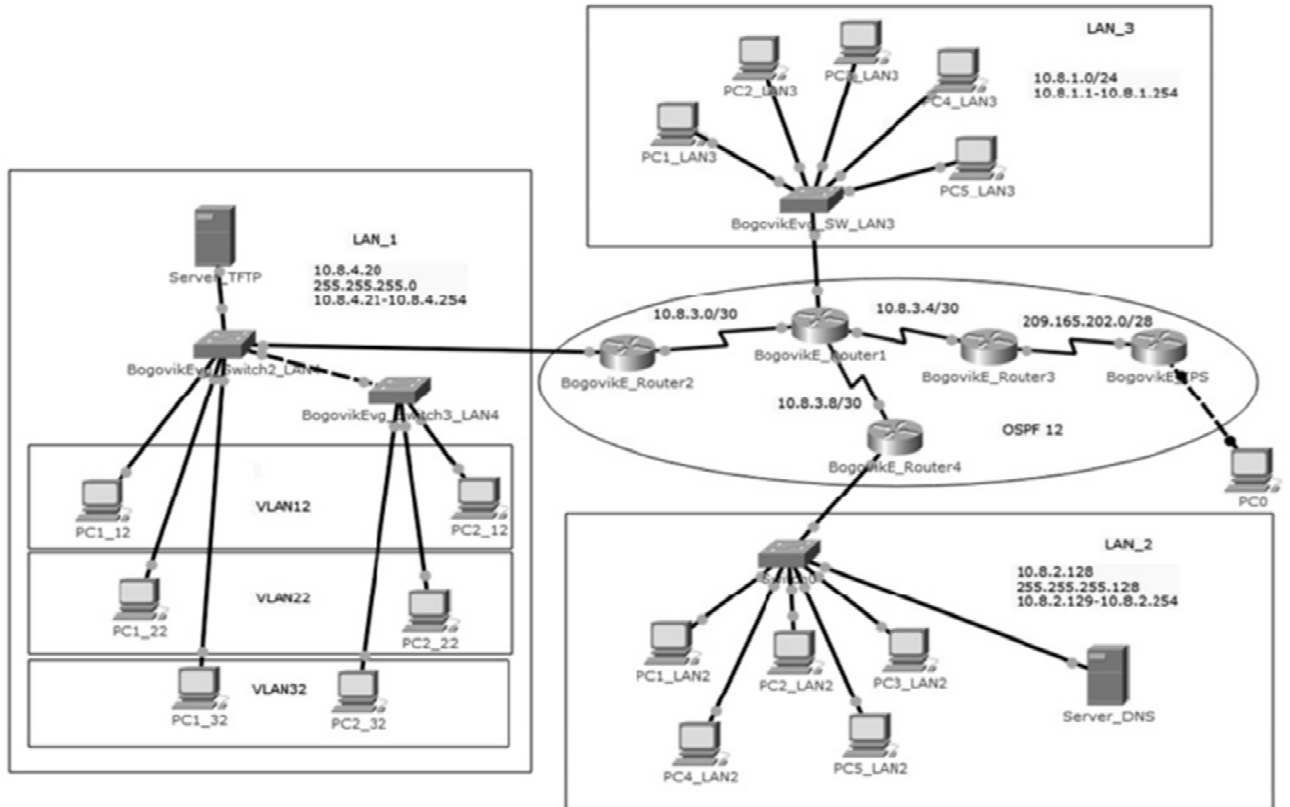


Рисунок 19.6 - Структурна схема комп'ютерної системи

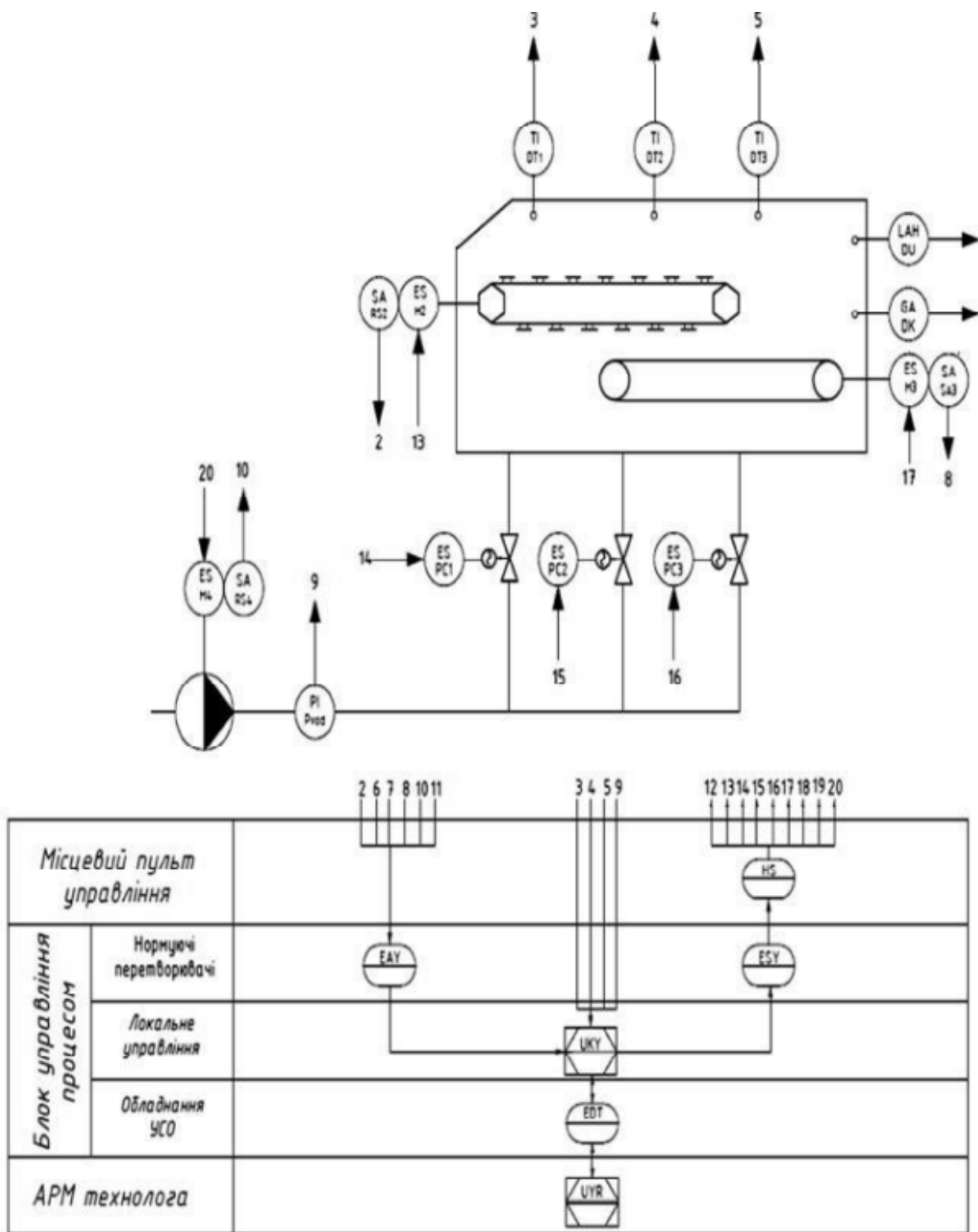


Рисунок 19.7 - Функціональна схема автоматизації

Буквенні позначення приладів на ФСА подані в табл. 19.1.

Таблиця 19.1 - Буквені позначення приладів на ФСА

Позначення	Вимірювальна величина		Функції, що виконує прилад		
	Основне призначення першої літери	Додаткове призначення, уточнення першої літери	Відображення інформації	Формування вихідного сигналу	Додаткове значення
A			Сигналізація		
B	Резервна літера, що потребує пояснень на схемі				
C				Регулювання, керування	
D	Густина	Різниця, перепад тиску			
E	Довільна електрична величина				
F	Витрата	Співвідношен- ня, частка, дріб			
G	Розмір, положен- ня, перемі- щення				
H	Ручна дія				Верхня межа виміру
I	Показання		Показання виміряної величини		
J		Вимір декількох параметрів			
K	Час				
L	Рівень				Нижня межа виміру
M	Вологість				
N, O	Резервна літера, що потребує пояснень на схемі				
P	Тиск				

На вільному полі схеми має бути наведена таблиця з переліком елементів схеми. Прилади і засоби автоматизації на функціональних схемах зображуються у вигляді умовних позначень згідно з ГОСТом 21.404-85.

Запис буквених позначень виконується відповідно до рисунку 19.8.



Рисунок 19.8 - Запис буквених позначень на ФСА

Позначення на ФСА для першої вимірюваної величини подано в табл. 19.2, а для уточнення її – в табл. 19.3.

Таблиця 19.2 - Позначення на ФСА для першої вимірюваної величини


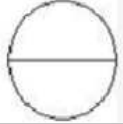
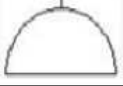
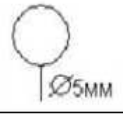

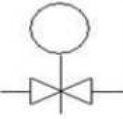
Позначення	Найменування
Е	Первинний вимірювальний перетворювач, чуттєвий елемент
Т	Пристрій дистанційної передачі сигналу на відстані
К	Станція керування
У	Перетворювач сигналів або обчислювальний пристрій

Таблиця 19.3 - Позначення на ФСА для уточнення вимірюваної величини

Позначення	Найменування
За видом сигналу	
Е	Електричний
Р	Пневматичний
Г	Гідравлічний
За формою сигналу	
А	Аналоговий
Д	Дискретний
B_i	Сигнал, що поступає на аналоговий комп'ютер
B_j	Сигнал, що йде з аналогового комп'ютера

Умовні графічні позначення на функціональній схемі автоматизації показані в табл. 19.4.

Таблиця 19.4 - Умовні графічні позначення на функціональній схемі автоматизації

Позначення	Пояснення позначення приладу
	Первинні вимірювальні перетворювачі (чуттєвий елемент) – датчики. Прилади і регулятори встановлені на місці (прилади встановлені на корпусі апаратури)
	Прилади і регулятори встановлені на щиті чи на пульті керування
	Прилади встановлені тимчасово
	Загальне позначення виконувального механізму, на нього подається вихідний сигнал від регулятора
	Регулюючий клапан
	Регулюючий виконавчий пристрій

Засоби автоматизації, що вбудовуються в технологічне устаткування і комунікації або механічно пов'язані з ними, змальовують на функціональній схемі в безпосередній близькості до технологічного устаткування. До таких засобів належать: термометри розширення, термометри термоелектричні, термометри опору, датчики пірометрів, що звужують вимірювальні пристрої, ротаметри, датчики рівнемірів, регулюючі та замикаючі органи.

Прилади і засоби автоматизації, розташовані на щитах, показують у прямокутниках, що змальовують щити і пульти. Прямокутники розташовують у нижній частині поля схеми в одному або декількох горизонтальних рядах і в такій послідовності, при якій досягається найбільша простота та ясність схеми. У кожному прямокутнику з лівого боку вказують відповідне найменування, наприклад: «Щит оператора», «Шафа управління». Засоби автоматизації, розташовані поза щитами і конструктивно не пов'язані з технологічним устаткуванням і комунікаціями, умовно показують у прямокутнику «Прилади місцеві». Цей прямокутник розташовують над прямокутниками щитів.

Якщо до складу технологічного устаткування входять однотипні технологічні апарати, керовані із загального щита або пульта, то на функціональній схемі автоматизації рекомендується змальовувати лише технологічний апарат. Засоби автоматизації, що встановлюються на щиті, показують повністю для всіх апаратів.

Виняток становить випадок, коли прилади, установлені для контролю, є однотипними, а контрольовані параметри мають однакові значення.

Прилади, що в цьому випадку повторюються, показують на щиті один раз, а біля їх позначення зазначають кількість приладів у штуках. При використанні багатоточкового приладу для контролю якого-небудь параметра в декількох однотипних апаратах на схемі показують лише один технологічний апарат і один датчик, а біля приладу позначають лінії зв'язку від інших датчиків.

Лінії зв'язку між засобами автоматизації зображуються однолінійно суцільними тонкими лініями. Підведення ліній зв'язку до умовних позначень приладів допускається робити зверху, знизу, збоку. Лінії зв'язку можуть пересікати умовні позначення технологічних апаратів. Пересікати лініями зв'язку умовні зображення засобів автоматизації забороняється.

У разі взаємного перетину самих ліній зв'язку в цих місцях ставляться точки, якщо існує функціональна взаємодія між перетятими лініями. Точки не ставляться за відсутності функціональної взаємодії.

Для суцільних об'єктів, що містять велику кількість засобів автоматизації і ліній зв'язку, допускається лінії зв'язку розривати. У місцях розриву лінії зв'язку нумеруються однією і тією ж арабською цифрою. Номери ліній зв'язку розміщують в одному горизонтальному ряду в зростаючому (зліва направо) порядку. На ділянках ліній зв'язку з боку приладів, змальованих у прямокутнику «Прилади місцеві», зазначають граничні робочі показники вимірюваних або регульованих параметрів в одиницях шкали вибраного приладу або в міжнародній системі СІ. Для приладів, що вбудовуються безпосередньо в технологічне устаткування, що не мають ліній зв'язку з іншими приладами, граничні значення показників проставляють біля позначень приладів.

Прилади і засоби автоматизації змальовують відповідно до вимог виконання конструкторської документації. До приладів і засобів автоматизації відносять велику групу пристроїв, за допомогою яких виконують вимір, регулювання, керування і сигналізацію технологічних процесів різних виробництв. Прилади і засоби автоматизації підрозділяють на вимірювальні й перетворюючі прилади, регулювальники, допоміжні пристрої, регулюючі органи і виконавчі механізми.

Вимірювальні прилади можуть мати різне функціональне призначення, а саме: бути такими, що показують, реєструють, самописними, друкуючими, інтегруючими і т. п., інколи із вбудованими різними регулюючими, перетворюючими і сигналізуючими пристроями. Зображення приладів і засобів автоматизації ґрунтується на функціональних ознаках, що виконуються приладами відповідно до ГОСТу 21.404-85 (21.408-93).

Незалежно від застосовного стандарту методика побудови графічних умовних позначень на схемах автоматизації є загальною для спрощеного і розгорнутого способів. У верхній частині кола наносять буквені позначення вимірюваної величини і функціональної ознаки приладу. У нижній – проставляють позиційне позначення (цифрове або буквено-цифрове), що служить для нумерації комплекту виміру або регулювання (при спрощеному способі побудови умовних позначень) або окремих елементів комплекту (при розгорнутому способі побудови умовних позначень).

5 Принципова електрична схема

Загальні вимоги і правила виконання схем встановлює ГОСТ 2.702-84 ЄСКД.

Принципова схема є найповнішою електричною схемою виробу, на якій зображають усі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення та контролю електричних процесів, й усі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні ланцюги.

До складу принципової схеми входять:

- умовні графічні позначення електричних елементів та електричні зв'язки між ними;
- позиційні літерно-цифрові позначення електричних елементів;
- написи, що характеризують вхідні та вихідні ланцюги;
- перелік елементів.

Приклад принципової електричної схеми наведено на рисунку 19.9.

Принципові схеми повинні бути максимально наочними, зручними для читання і найкраще відображати логіку розвитку процесу у виробі. Усе це досягається дотриманням таких умов:

- елементи, що спільно виконують які-небудь функції (функціональні групи), слід на схемах групувати поблизу один до одного;
- елементи всередині функціональних груп треба розташовувати так, щоб конфігурація ланцюгів була простою (щоб кількість зломів і перетинів ліній була найменшою);
- функціональні групи елементів слід розташовувати на схемі в послідовності, що відповідає розвитку процесу зліва направо;
- усі додаткові й допоміжні функціональні ланцюги (елементи і зв'язки між ними) треба, як правило, виводити із смуги, зайнятої основними ланцюгами.

Схеми виконуються для виробів, що знаходяться у відключеному стані, тобто в знеструмленому положенні.

Елементи типу реле, трансформатори та інші вироби, що містять велику кількість контактів, можуть бути зображені на схемі двома способами: суміщеними і рознесеними. Схеми рекомендується виконувати рядковим способом. Допускається як однолінійне, так і багатолінійне зображення схем. Дозволяється зливати в одну лінію декілька електрично не пов'язаних ліній зв'язку. При цьому кожну лінію нотують у місці злиття, а при необхідності – на обох кінцях умовними позначеннями (цифрами, літерами або їх поєднанням).

Рекомендується характеристики вхідних і вихідних ланцюгів, а також адреси їх зовнішнього підключення записувати в таблиці й розміщувати їх замість умовних графічних позначень вхідних і вихідних елементів з'єднувачів, плат і т. д.

Усім елементам, пристроям і функціональним групам виробу, зображеним на схемі, присвоюються позиційні позначення, які містять інформацію про вид елемента і його порядковий номер.

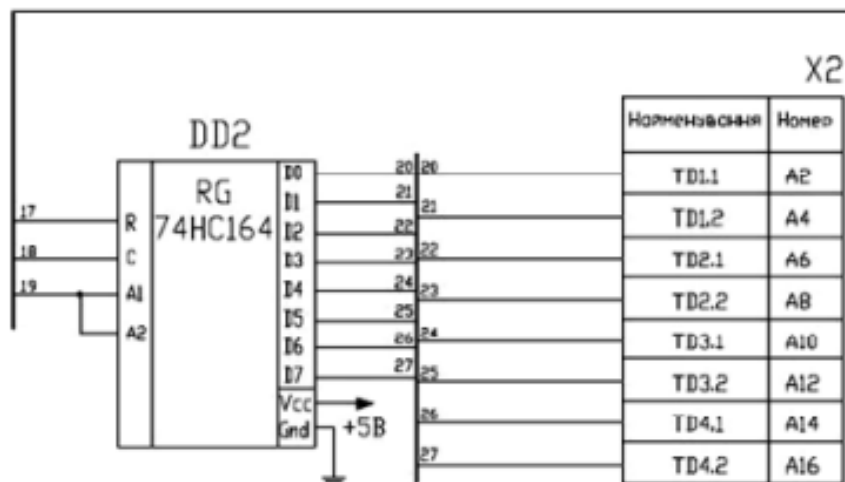
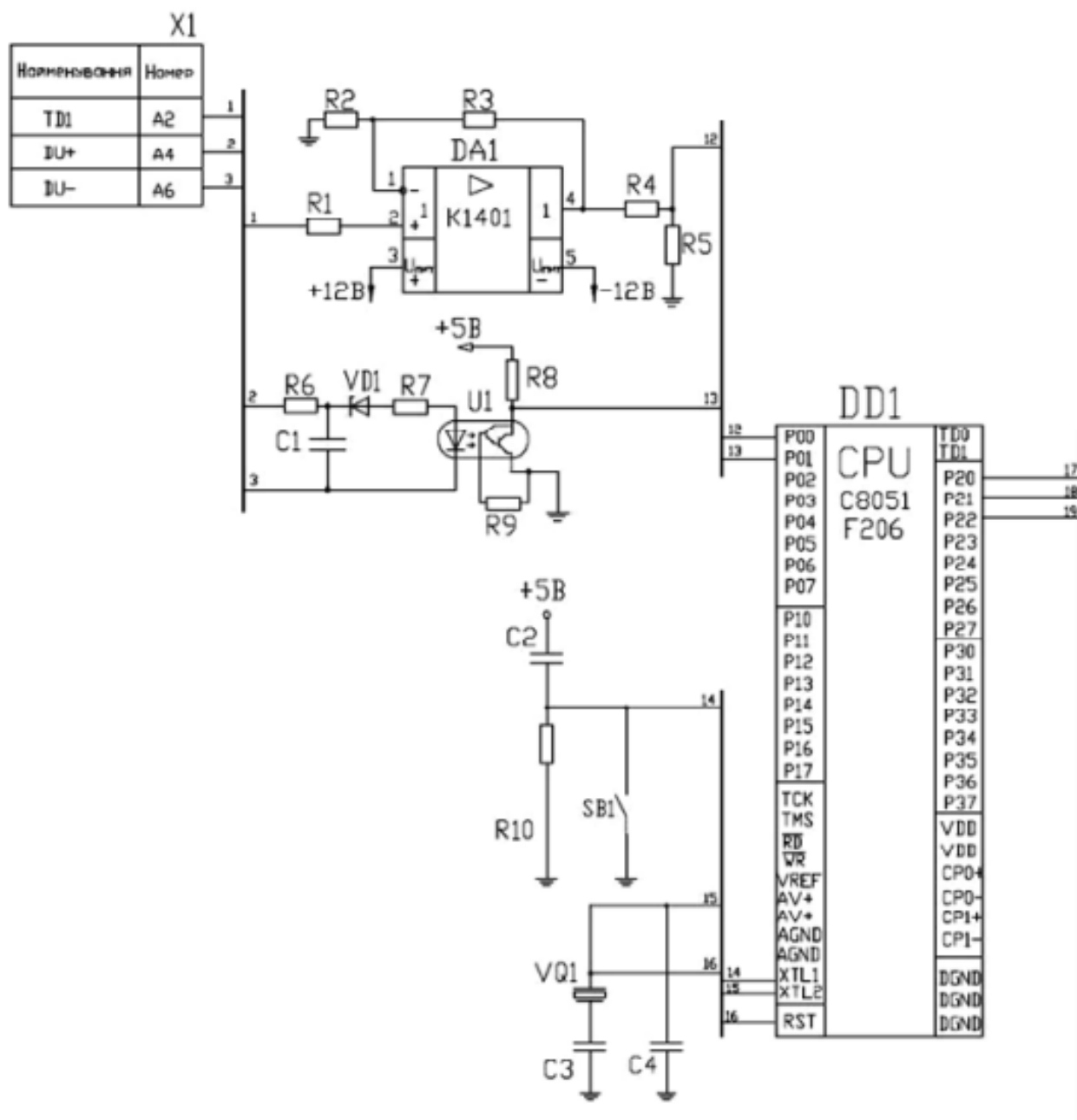


Рисунок 19.9 - Принципова електрична схема

Позиційні позначення складаються з букв латинського алфавіту, що позначають групу однакових елементів, і цифр, що позначають порядковий номер даного елемента в своїй групі; наприклад, резистори R1, R2, R3 і т. д.

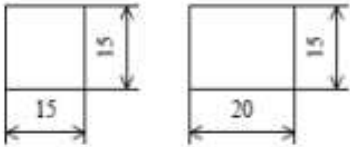
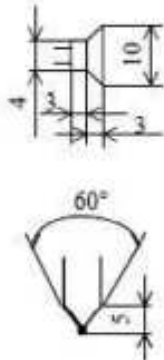

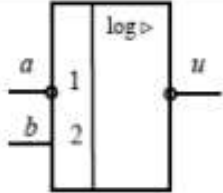
Позиційні позначення проставляють поруч з умовними графічними позначеннями елементів з правого боку або над ними.

Усі відомості про елементи, що входять до складу виробу і зображені на схемі, записують у перелік елементів, який розміщують на першому аркуші схеми у вигляді таблиці або виконують у вигляді самостійного документа на форматі А4.

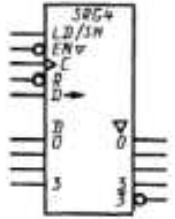
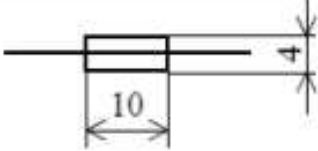
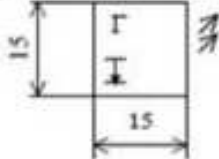
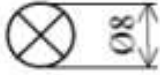
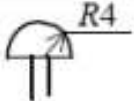
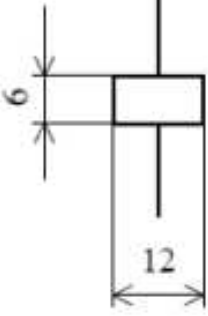

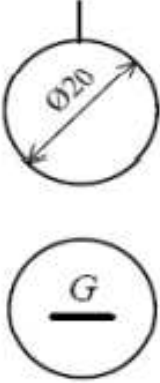
Елементи записують у перелік групами згідно з латинським алфавітом.

Умовні графічні позначення на принциповій схемі показані в табл. 19.5.

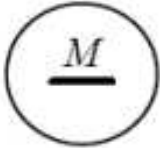






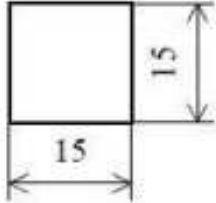
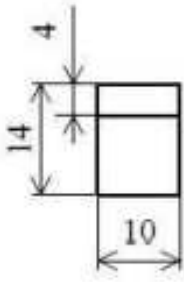
Таблиця 19.5 - Приклади умовних позначень елементів, пристроїв на принципових схемах за ЄСКД

Найменування	Буквене позначення	Графічне позначення
1	2	3
1. Пристрій (загальне позначення)	A	
2. Перетворювачі: – гучномовець – термопара	B BA BK	
3. Конденсатор	C	
4. Схеми інтегральні: аналогова	D DA	

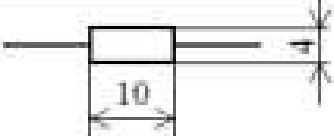
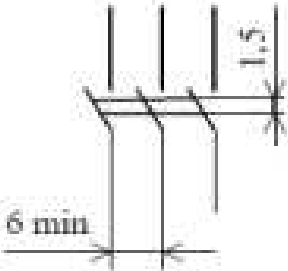
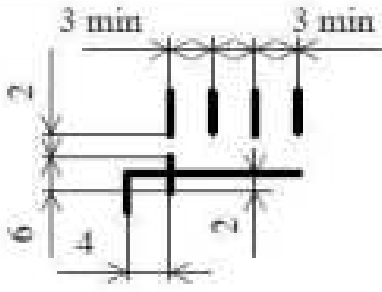
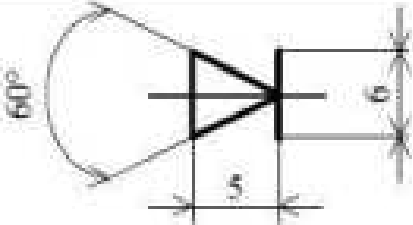
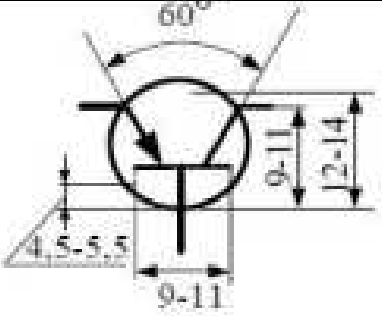
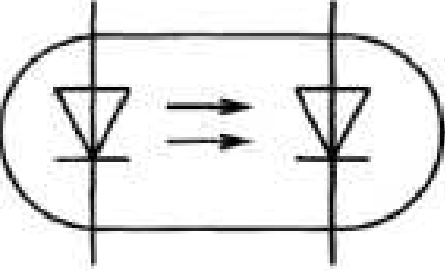
Продовження табл. 19.5

1	2	3
– цифрова	DD	
5. Запобіжник	FU	
6. Лазер	G	
7. Лампа розжарювання	HL	
8. Дзвінок	HA	
9. Реле	KA	
10. Котушка індуктивності	L	
II. Машина електрична: – загальне позначення – генератор постійного струму	M <u>G</u>	

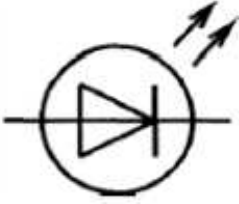

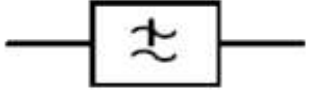
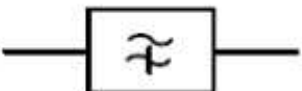
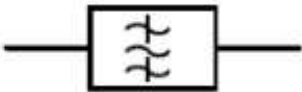
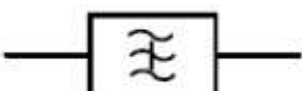

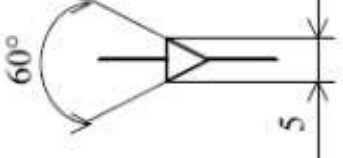
Продовження табл. 19.5

1	2	3
– двигун постійного струму	\underline{M}	
– генератор змінного струму	G 	
– двигун змінного струму	M 	
– синхронний генератор	GS	
– синхронний двигун	MS	
12. Прилад електровимірювальний: – показувальний	PN	
– регулюючий	PP	
– інтегруючий	PI	

Продовження табл. 19.5

1	2	3
13. Резистор	R	
14. Вимикач	SA	
15. Перемикач багатопозиційний	SA	
16. Діод	VD	
17. Транзистор	VT	
18. Оптрон діодний	VD	

Закінчення табл. 19.5

19. Світлодіод	VD	
20. Випрямляч	UZ	
– 21. Фільтр: – нижніх частот – верхніх частот – смугових – режекторний	ФН	
	ФВ	
	ПФ	
	РФ	
Потік рідини		
Потік газу		

6 Схема з'єднань

Схему з'єднань розробляють для виконання монтажних робіт. На схемі показують усі пристрої, елементи, прилади, апарати, їх входні та вихідні елементи з'єднань і провідники, що відходять від них (Рис. 19.10).

Пристрої показують у вигляді прямокутників або спрощених зовнішніх контурів; елементи, прилади, апарати – у вигляді умовних графічних позначень, встановлених стандартом ЄСКД, прямокутників і спрощених зовнішніх контурів.

Біля зображень зазначають позиційні позначення, присвоєні їм на принциповій схемі.

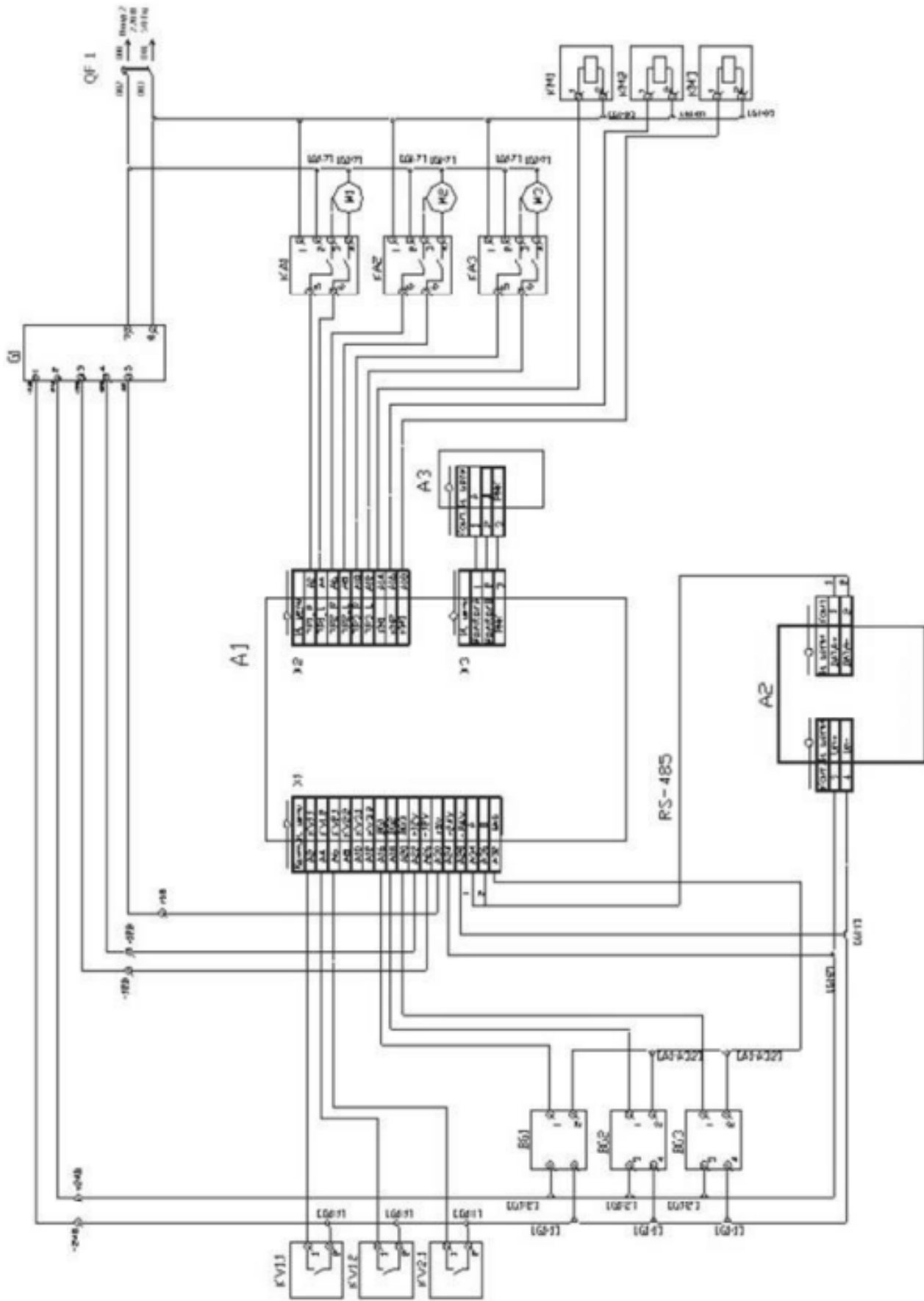


Рисунок 19.10 - Схема з'єднань

Усередині умовних графічних позначень пристроїв, елементів і приладів змальовують вхідні й вихідні елементи з'єднань.

Розташування елементів з'єднань приблизно повинне відповідати їх дійсному розташуванню в пристрої.

На схемі з'єднань зображують усі пристрої та елементи, які входять до складу виробу, їх з'єднання – дроти, джгути, кабелі, вхідні й вихідні елементи (затиски, плати і т. д.).

Правила зображення вхідних і вихідних елементів, встановлені для принципових електричних схем, діють і для схем з'єднань.

Схема повинна також містити відомості про дроти, кабелі (марку, перетин дротів, кількість і перетин жил у кабелі й т. ін.), які розміщують або біля ліній, що зображують проводи і кабелі, або в таблиці з'єднань.

Дроти, джгути, кабелі, жили кабелю нумеруються в межах виробу.

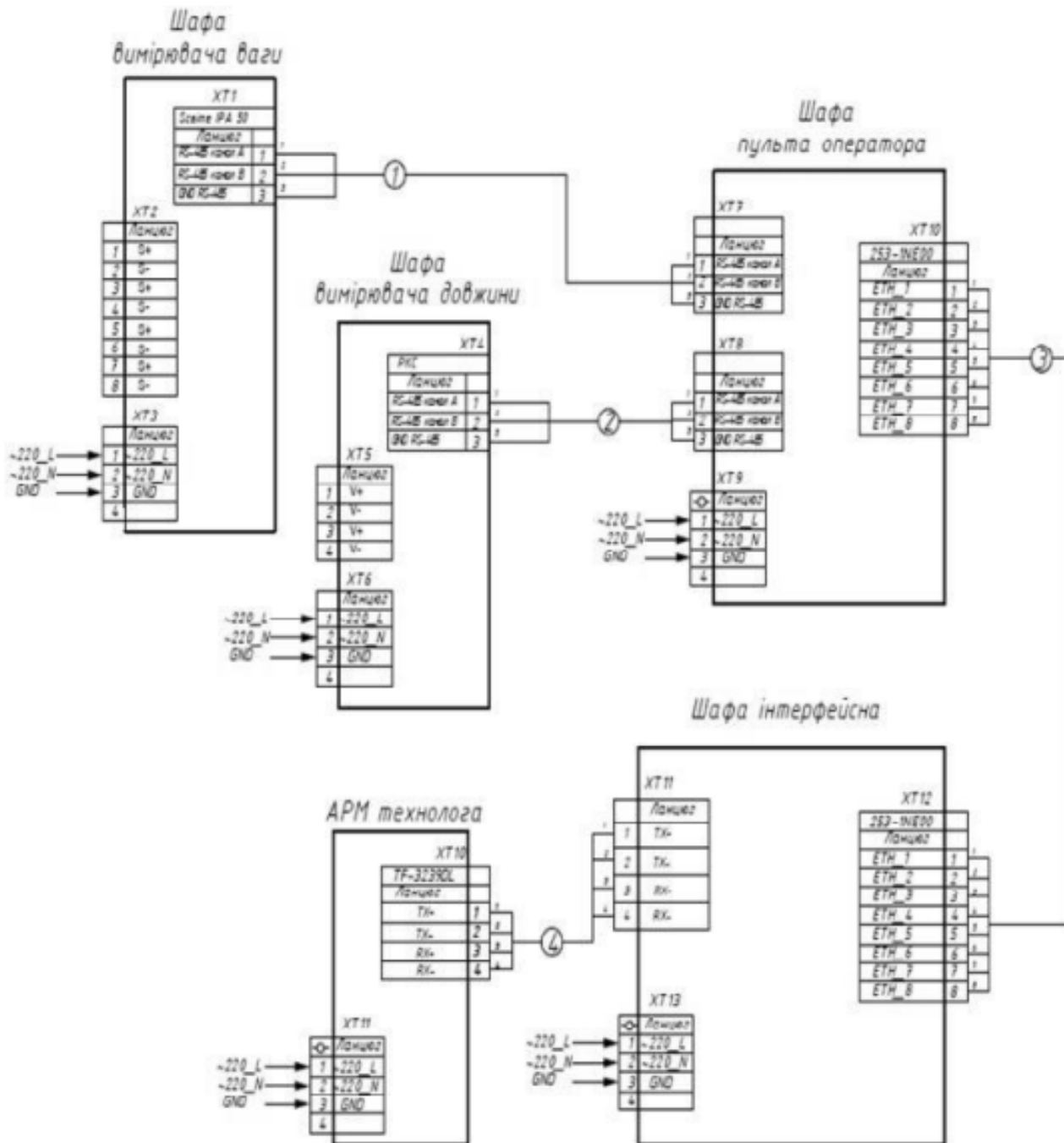
На рисунку 19.11 показана схема з'єднань зовнішніх проводок, яка об'єднує декілька виробів.

7 Схема підключення

На схемі показують зовнішнє підключення виробу і показують сам виріб, його вхідні й вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі й т. п.), а також кінці дротів і кабелів зовнішнього монтажу, що підводяться до них; біля кожного поміщають дані про підключення виробу (характеристики зовнішніх ланцюгів, адреси). З'єднання і їх складові частини на схемі подають у вигляді прямокутників, а вхідні й вихідні елементи (з'єднувачі) – у вигляді умовних графічних позначень. Допускається показувати вироби, а також вхідні й вихідні елементи у вигляді спрощених зовнішніх креслеників.

На схемі необхідно проставляти позиційні позначення вхідних і вихідних елементів, присвоєні їм для використання на принциповій схемі. Біля умовних графічних зображень (УГЗ) роз'ємів допускається зазначати їх найменування. Дроти і кабелі на схемі показують окремими лініями. Дозволяється зазначати у вигляді УГЗ марки, перетини і при необхідності забарвлення дротів, а також марки кабелів, кількість, перетин й т. п. У цьому випадку на полі схеми ці позначення розшифровують.

На рисунку 19.12 показано приклад схеми підключення.



Позначення дрота	Джерело	Отримувач	Данні дрота
1	Шафа вимірювача ваги	Шафа пульта оператора	1786-RG6
2	Шафа вимірювача довжини	Шафа пульта оператора	1786-RG6
3	Шафа пульта оператора	Шафа інтерфейсна	UTP CAT-5
4	Шафа інтерфейсна	АРМ технолога	UTP CAT-5

Рисунок 19.11 - Схема з'єднань зовнішніх проводок

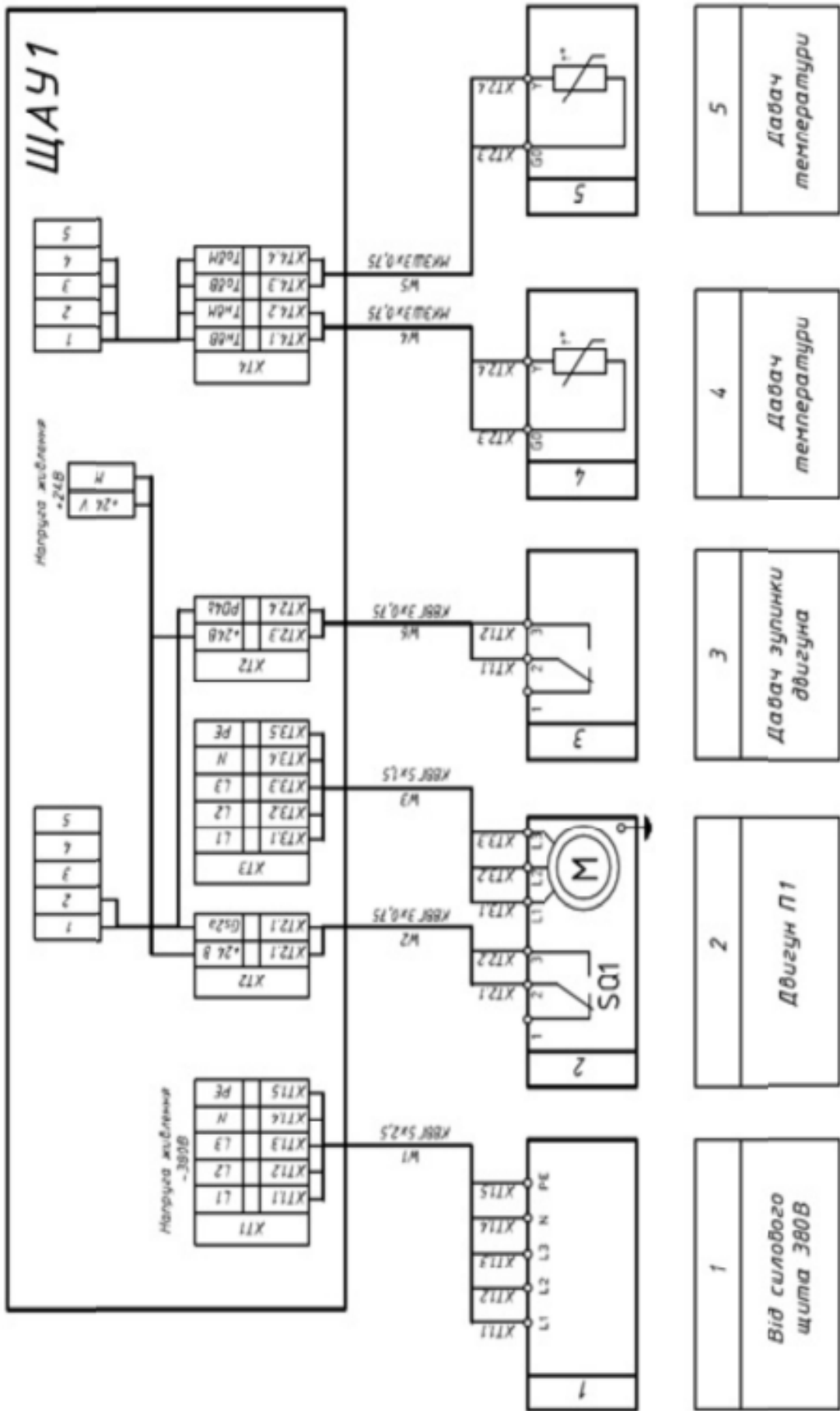
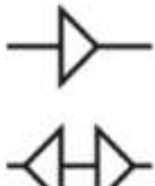
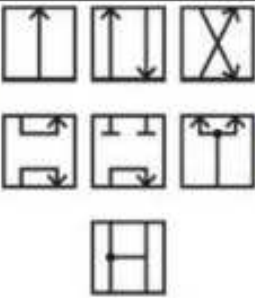


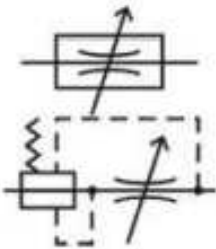
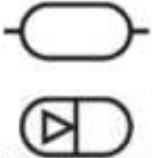
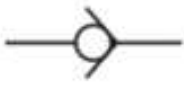



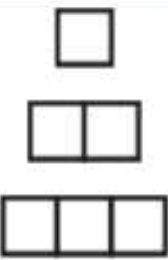


Рисунок 19.12 – Схема підключення

8 Гідравлічні та пневматичні схеми

Гідравлічні й пневматичні схеми залежно від їх основного призначення поділяються на такі типи (ГОСТ 2.704-76): структурні, функціональні, принципові та схеми з'єднання. Найбільш споживані умовні графічні позначення в гідравлічних і пневматичних схемах наведені в табл. 19.6.

Таблиця 19.6 - Умовні графічні позначення в гідравлічних і пневматичних схемах

Позначення	Найменування	Позначення	Найменування
Загальні елементи		Апаратура розподільна	
	Потік газу (повітря): - в одному напрямку (наприклад управо); - в обох напрямках		Проходи (канали), що показують напрямки потоків робочого середовища у розподільнику
	Потік рідини: - в одному напрямку (наприклад управо); - в обох напрямках	Апаратура регулювальна	
	Бак під атмосферним тиском		Регулювальний орган: - нормально закритий; - нормально відкритий
	Акумулятор гідравлічний або пневматичний: - загальне позначення; - пневмогідравлічний		Регулятори потоку: - дросель; - дросель регулятором тиску
	Фільтр для повного потоку		Клапан зворотний
Апаратура розподільна			Насос з одним напрямком потоку: - з постійною подачею; - з регульованою подачею
	Робоча позиція елемента: - одна позиція; - дві позиції; - три позиції		

Приклад принципової пневматичної схеми наведено на рисунку 19.13.

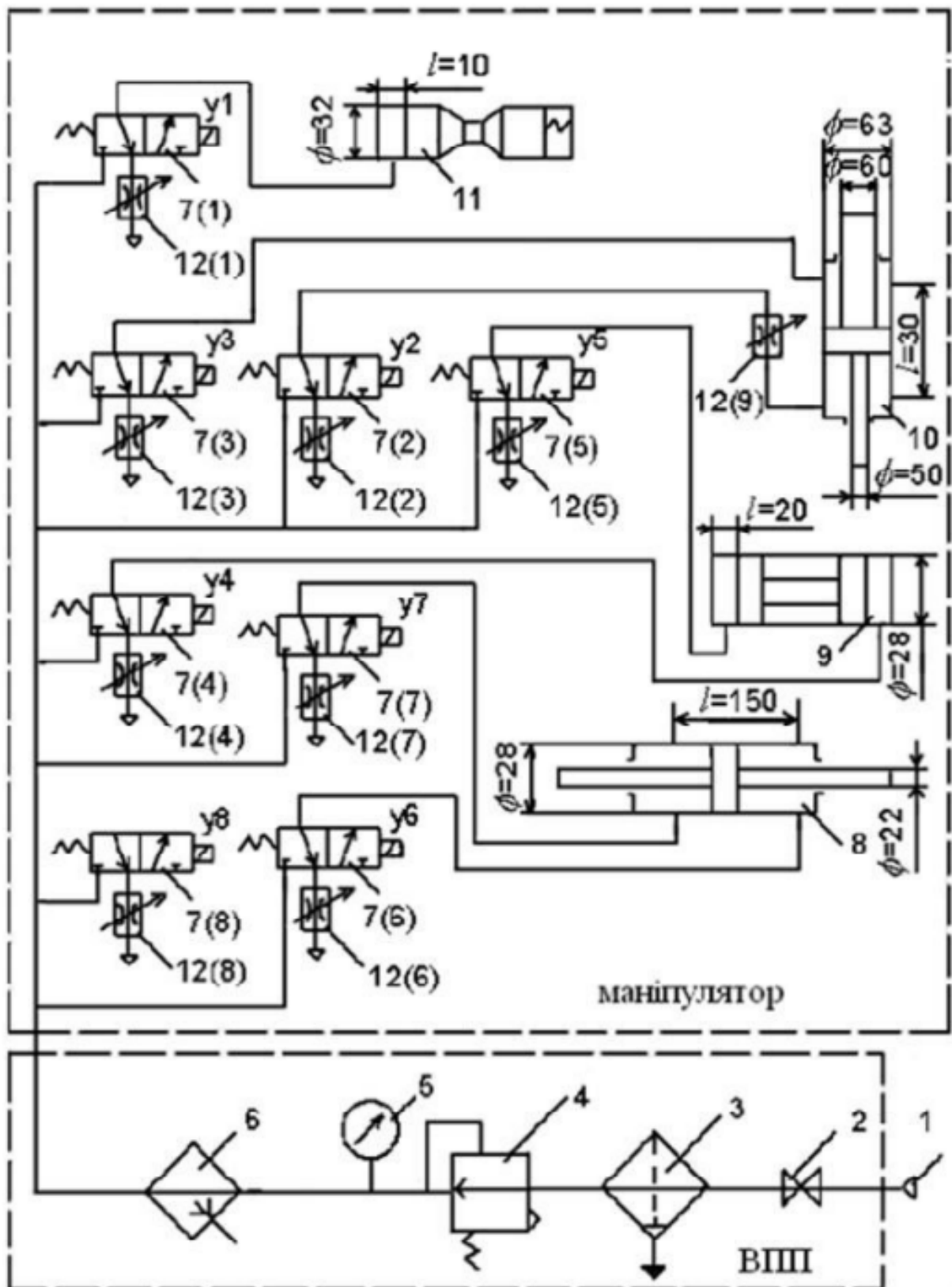


Рисунок 19.13 - Принципова пневматична схема промислового робота

На структурній схемі елементи і пристрої показують у вигляді прямокутників, усередині яких вписують найменування відповідної функціональної частини. Всі елементи зв'язані між собою лініями взаємозв'язків (суцільні основні лінії), на

яких прийнято вказувати напрям потоків робочого середовища згідно з ГОСТом 2.721-68.

На принциповій схемі зазначають усі гідравлічні (пневматичні) елементи або пристрої і зв'язки між ними. При цьому використовуються умовні графічні позначення:

- для акумуляторів, кондиціонерів, баків та інших елементів мереж (ГОСТ 2.780-68);
- для апаратури керування (ГОСТ 2.781-6);
- для насосів і двигунів (ГОСТ 2.782-68).

Елементи та пристрої на схемі зображають у вигляді умовних графічних позначень, накреслюючи їх, як правило, у початковому положенні: пружини – у стані попереднього стиснення, електромагніти – знеструмленими і т. п.

Приклад принципової гідравлічної схеми наведено на рисунку 19.14.

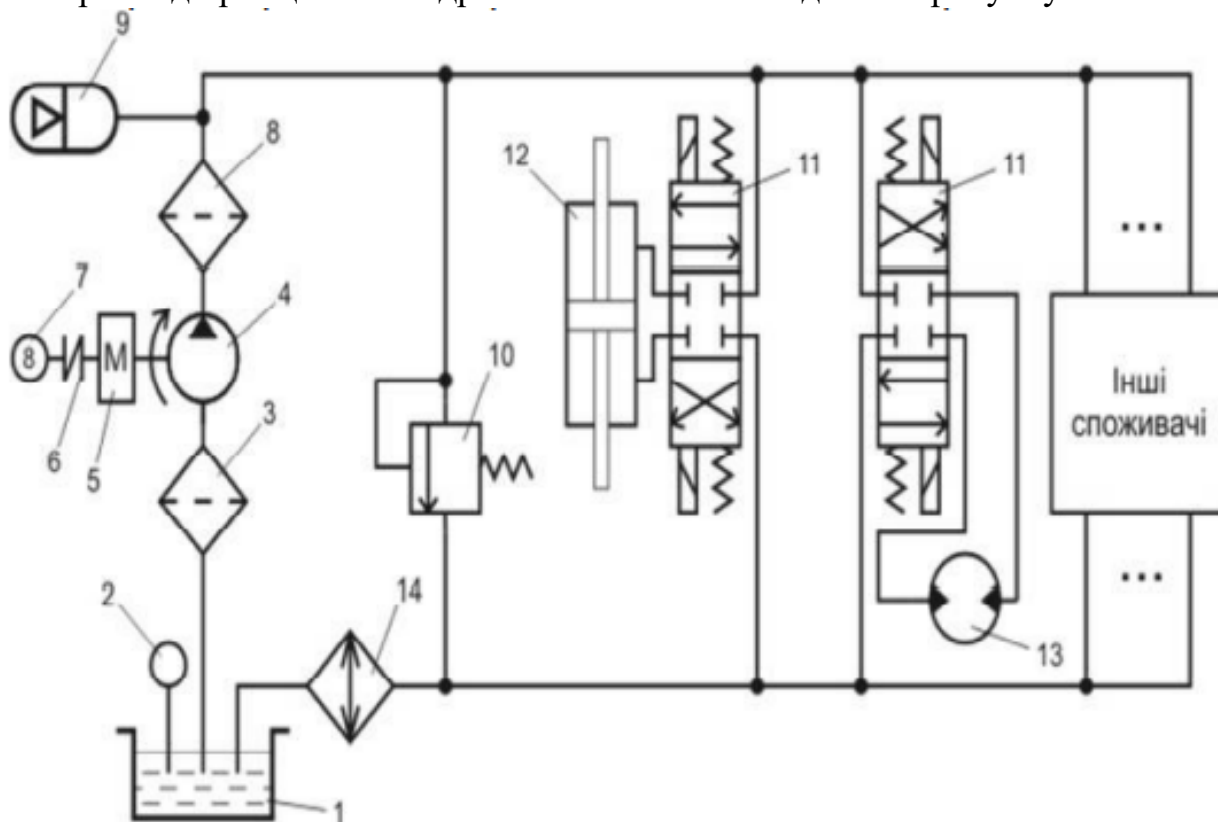


Рисунок 19.14 - Принципова схема гідроприводу дросельного керування з гідронасосом постійної подачі

На схемах з'єднань, окрім усіх гідравлічних і пневматичних елементів, показують також трубопроводи та елементи з'єднань трубопроводів. При цьому з'єднання трубопроводів зображають у вигляді спрощених зовнішніх контурів, а самі трубопроводи – суцільними основними лініями.

Контрольні питання

1. Які є види конструкторської документації?
2. Які основні правила виконання схем?
3. Які є схеми за призначенням?
4. Як позначаються схеми різного призначення?
5. Як оформлюються поля кресленика?
6. Як розташовуються декілька креслеників на аркуші формату А1?
7. Який має вигляд перелік документів?
8. Які є різновиди основного напису для графічних і текстових документів?
9. Які графи для заповнення має основний напис?
10. Як позначаються види схем?
11. Якими цифрами позначаються типи схем?
12. 13. Що таке структурна електрична схема?
13. Що таке структурна схема комплексу технічних засобів?
14. Що таке структурна схема моделі комп'ютерної системи?
15. Що таке функціональна схема автоматизації?
16. Що таке принципова електрична схема?
17. Що таке схема з'єднань?
18. Що таке схема підключення?
19. На які типи поділяються гідравлічні й пневматичні схеми?

Рекомендована література

1. Карпюк Л.В., Гуліда М.І., Ревенко С.А. Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях: навч. посібник. Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2007. 132 с.
2. Ревенко С. А., Карпюк Л. В., Гуліда М. І., Архипов О. Г. Комп'ютерна графіка в хімічному апаратобудуванні: навч. посібник / Укл. С. А. Ревенко, Л. В. Карпюк, М. І. Гуліда, О. Г. Архипов. Навч. посібник. Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2012. -400 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. ил.
4. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. М.: Наука., 1988. 272 с.
5. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. К.: Видавнича група ВНУ, 2009. 400 с.
6. Курс нарисної геометрії: навчальний посібник. / О.М.Джеджула, С.І.Кормановський, А.В.Спірін, М.В.Пятак, А.Й.Островський. Вінниця: ВНАУ, 2011. 200 с.
7. Ткаченко В.П., Тищенко Ю.А., Суховерхов В.К. Нарисна геометрія: навчальний посібник. Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2004. 192 с.
8. Нарисна геометрія та інженерна графіка: навчальний посібник до самостійної роботи для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / С. С. Красовський [та ін.]. – Краматорськ: ДДМА, 2016. 120 с.
9. Буда А. Г., Гречанюк М. С. Креслення. Елементи нарисної геометрії та проєкційне креслення: навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2018. 112 с.
10. Куликов В.П., Кузин А.В. Инженерная графика: учебник. 3-е изд., испр. М.: Форум, 2009. 368 с.
11. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению / под ред. Г.Н. Поповой. 14е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. 416 с.
12. Карпюк Л.В., Гуліда М.І., Ревенко С.А. Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях: навч. посібник. Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2007. 132 с.
13. Брезгин В.И., Брезгин Д.В. Проектирование деталей и сборок турбомашин в среде PTC Creo Parametric / Creo Simulate: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. 232 с.
14. ДСТУ_ISO_5457_2006 Кресленики. Розміри та формати. Вид. офіц. Київ, 2008.
15. ДСТУ_ISO_5455_2005 Масштаби. Вид. офіц. Київ, 2008.
16. ДСТУ_ISO_3098_6_2007 Шрифти. Вид. офіц. Київ, 2009.
17. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації. Загальні положення. Вид. офіц. Київ, 2006.

18. ДСТУ ISO 5456-3:2006 Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні зображення (ISO 5456-3:1996, IDT). Вид. офіц. Київ, 2006.
19. ДСТУ ISO 5456-3:2006 Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні зображення (ISO 5456-3:1996, IDT). Вид. офіц. Київ, 2006.
20. ДСТУ ГОСТ 2.317:2014 ЄСКД. Аксонометричні проєкції (ГОСТ 2.317-2011, IDT). Вид. офіц. Київ, 2014.
21. Проєктування тривимірних об'єктів засобами AutoCAD-2008: Навчальний посібник. – К: ІПДО НУХТ, 2010. – 64 с.
22. Інженерна і комп'ютерна графіка : Навчальний посібник / В. Є. Климнюк. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 92 с.
23. Эллен Финкельштейн. AutoCAD 2009 и AutoCAD LT. Библия пользователя / Эллен Финкельштейн — Диалектика, 2009. — 1376 с.
24. б. Николай Полещук. AutoCAD 2010. Наиболее полное руководство / Николай Полещук — БХВ. Петербург, 2009.- 800 с.
25. Орлов А. А. AutoCAD 2011. Самоучитель (+ CD с видеокурсом) / А. А. Орлов. – СПб. : Питер, 2011. – 384 с.
26. Практикум по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике : учебн. пособ. / Тепляков Ю. А., Зауголков И. А., Шамкин В. Н. – Тамбов : Изд. Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 104 с.
27. Соколова Т. Ю. AutoCAD 2011 : учебный курс (+ CD) / Т. Ю. Соколова. – СПб. : Питер, 2011. – 576 с.
28. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД : справочник / Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 235 с.
29. Иванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. — Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. — 2003. — 250 с.
30. Трегуб В. Г. Проєктування систем автоматизації: Навчальний посібник. — К.: Видавництво Ліра-К, 2016. — 344 с. — ISBN 978-966-2609-58-5
31. Проць Я. І., Ляшук О. Л. Савків В. Б., Шкодзінський О. К. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. — Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2011. — 344с. — ISBN 978-966-305-038-6

Методичне забезпечення

1. Основні поняття графічного редактора. побудова примітивів. Методичні вказівки до практичного заняття №1 з дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів заочної та денної форм навчання за напрямками підготовки 6.051301, 6.050503, 6.050902. Електронне видання / Укл.: Л.В.Карпюк, С.А.Ревенко - Сєверодонецьк: Вид-во ТІ (м.Сєверодонецьк) Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2012.- 35с.

2. Команди редагування графічних елементів креслення. Методичні вказівки до практичного заняття №2 з дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів заочної та денної форм навчання за напрямами підготовки 6.051301, 6.050503, 6.050902. Електронне видання / Укл.: Л.В.Карпюк, С.А.Ревенко - Сєверодонецьк: Вид-во ТІ (м. Сєверодонецьк) Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2013.- 40с.

3. Методичні вказівки по проведенню практичного заняття по темі «Команди оформлення креслень, рисунків» з дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Комп'ютерна графіка в хімічному машинобудуванні», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів спеціальностей 7.092501, 7.090220, 7.091001, 7.091003 /Уклад.: Л.В. Лозова. - Сєверодонецьк: Вид-во СТІ, 2005. – 13 с.

4. Методичні вказівки по проведенню практичного заняття по темі «Властивості примітивів. Блок» з дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Комп'ютерна графіка в хімічному машинобудуванні», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів спеціальностей 7.092501, 7.090220, 7.091001, 7.091003 /Уклад.: Л.В.Лозова.-Сєверодонецьк:Видво СТИ, 2005.–12 с.

5. Методичні вказівки по проведенню практичного заняття по темі «Виконання креслення деталі відповідно до вимог ЄСКД» з дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Комп'ютерна графіка в хімічному машинобудуванні», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна та комп'ютерна графіка» для студентів спеціальностей 7.092501, 7.090220, 7.091001, 7.091003 /Уклад.: Л.В.Лозова.- Сєверодонецьк: Вид-во СТІ, 2005. – 12 с.

6. Методичні вказівки для практичних занять до теми «ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ» (Для студентів денної та заочної форм навчання всіх спеціальностей) Укл. Совкова А.Ф. Видавництво Сєверодонецького технологічного інституту СНУ ім. Володимира Даля 2004. – с.47.

7. Методичні вказівки до виконання завдання з інженерної графіки «Різи та нарізні з'єднання» (для студентів спеціальностей: 7.092501, 7.090220, 7.091602, 7.091612, 7.09604, 7.091601, 7.070801, 7.091502, 7.091501) Укл. Л.Г.Холіна, І.І. Артамонова – Сєверодонецьк: вид-во Сєверодонецький технологічний інститут, 2005 - 40 с.

8. Методичні вказівки до виконання графічного завдання з інженерної графіки «Складальне креслення виробу виготовленого за допомогою зварювання» (для студентів спеціальностей 7.092501, 7.090220 денної та заочної форм навчання/ Уклад.: М.І.Гуліда, Л.Г.Холіна. – Сєверодонецьк, СТІ, 2004.–59 с.)

9. Методичні вказівки до виконання графічного завдання з інженерної графіки «Принципова схема хіміко-технологічного виробництва» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальностей: 7.050107; 7.091601; 7.091602; 7.091604; 7.091612). /Укл. Гуліда М.І. – Сєверодонецьк: Вид-во Сєверодонецький технологічний інститут, 2006.- 27 с.

10. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт та індивідуальних завдань з дисципліни чи розділу «Інженерна графіка» за темою **ВИКОНАННЯ ЕСКІЗІВ, РОБОЧИХ ТА ЗБІРНИХ КРЕСЛЕНЬ** для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 7.092501, 7.090220. Укл. М.І. Гуліда, Я.Я. Мічківський .- Сєверодонецьк: вид-во СТІ 2005. 42 –с.

11. Методичні вказівки «Виконання ескізів, робочих та складальних креслень» з дисциплін «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Інженерна графіка» і «Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямками підготовки 6.050502(03) «Машинобудування» (Інженерна механіка), 6.051301 «Хімічна технологія», 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» **ДОДАТОК** до завдання «Деталювання» / Укл.: С.А.Ревенко, Л.В.Карпюк, М.І. Гуліда. - Сєверодонецьк: Вид-во ТІ (м.Сєверодонецьк) Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2008.- 64с.

Електронне видання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Назва дисципліни: **ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА**

Галузь знань: **17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації**

Спеціальність: **174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка**

Укладач:

Людмила Вікторівна Карпюк

Редактор Л. В. Карпюк

Комп'ютерна верстка Л. В. Карпюк

Підписано до друку _____

Формат _____ . Папір типограф. Гарнітура Times

Печатка офсетна. Ум.друк.аркушів _____ Навч.вид.л.

Наклад_____прим. Вид.№_____Зам._____Безкоштовно

Видавництво: СНУ ім.Володимира Даля

Адреса видавництва: 01042, м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

адреса електронної пошти uni@snu.edu.ua ,

офіційний web-сайт <https://snu.edu.ua/>

E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com