

інформатика

В. В. Ванін, В. В. Перевертун, Т. М. Надкернична, Г. Г. Власюк

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

ПІДРУЧНИК

ДЛЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ



76(075)
1-62

В. В. ВАНІН, В. В. ПЕРЕВЕРТУН,
Т. М. НАДКЕРНИЧНА, Г. Г. ВЛАСЮК

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів
вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямми
«Комп'ютерні науки», «Комп'ютерна інженерія»,
«Системна інженерія»

Серія «ІНФОРМАТИКА»
За загальною редакцією академіка НАН України
М. З. Згуровського



Київ
Видавнича група ВНУ
2009

ББК 30.11я73
В17
УДК 744.41(075.8)

Рецензенти: Ю.М. Ковальов, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної геометрії та комп'ютерної графіки Національного авіаційного університету;
С.Ф. Пилипака, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну Національного аграрного університету.

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України,
лист № 14/18-Г-2168 від 23.10.2008 р.*

Ванін В. В., Перевертун В. В., Надкернична Т. М., Власюк Г. Г.

В17 Інженерна графіка. — К.: Видавнича група BHV, 2009. — 400 с.: іл.
ISBN 966-552-168-3

Розглядаються основні питання нарисної геометрії як бази геометричного комп'ютерного моделювання об'єктів. Подаються відомості щодо оформлення конструкторської та програмної документації. Наведено приклади оформлення креслеників деталей, складальних креслеників, схем та інших конструкторських документів. Після кожного розділу подаються запитання та вправи для самоперевірки.

Призначений для студентів технічних спеціальностей, навчання яких пов'язано з вивченням радіоелектронної апаратури, зокрема студентів, що навчаються за напрямками «Комп'ютерні науки», «Комп'ютерна інженерія», «Системна інженерія», а також для студентів електротехнічних, радіотехнічних та приладобудівних спеціальностей.

448 171

ББК 30.11я73



Усі права захищені. Жодна частина цієї книжки не може бути відтворена в будь-якій формі без письмового дозволу власника авторських прав.

Інформація, що міститься в цьому виданні, отримана з джерел, які видавництво вважає надійними. Проте, маючи на увазі людські та технічні помилки, видавництво не може гарантувати абсолютну точність та повноту відомостей, викладених у цій книжці, і не несе відповідальності за можливі помилки, пов'язані з їх використанням.

Стислий зміст

Передмова 9

Частина 1

Основи нарисної геометрії

Розділ 1. Предмет і метод нарисної геометрії.
Геометричне моделювання у прямокутних проекціях 12

Розділ 2. Алгоритми розв'язання позиційних та метричних задач геометрії..... 31

Розділ 3. Моделювання кривих ліній та поверхонь..... 60

Розділ 4. Алгоритми розв'язання задач перетину поверхонь площинами, прямими та між собою 85

Розділ 5. Аксонометричні проекції..... 112

Частина 2

Технічне креслення

Розділ 6. Загальні положення розроблення та оформлення конструкторської документації..... 120

Розділ 7. Загальні вимоги до оформлення конструкторських документів 136

Розділ 8. Виконання креслеників деталей 188

Розділ 9. Зображення з'єднань деталей 241

Розділ 10. Специфікація та кресленики складаних одиниць 270

Розділ 11. Виконання креслеників деяких виробів радіоелектронної апаратури..... 293

Розділ 12. Схеми..... 317

Розділ 13. Правила виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки 349

Розділ 14. Оформлення програмної документації 367

Перелік нормативних документів..... 387

Алфавітний покажчик 396

Зміст

Передмова.....	9
----------------	---

Частина 1

Основи нарисної геометрії

Розділ 1. Предмет і метод нарисної геометрії.

Геометричне моделювання у прямокутних проекціях	12
1.1. Предмет і метод нарисної геометрії	12
1.2. Геометричні моделі у прямокутних проекціях основних геометричних образів	14
1.2.1. Моделювання точки. Комплексний рисунок точки	14
1.2.2. Моделювання прямої	18
1.2.3. Моделювання площини	24
Запитання для самоперевірки	30

Розділ 2. Алгоритми розв'язання позиційних та метричних задач геометрії

2.1. Позиційні та метричні задачі геометричного моделювання в ортогональних проекціях прямих і площин	31
2.1.1. Перетин площин, перетин прямої та площини	31
2.1.2. Паралельність прямої та площини, паралельність площин	37
2.1.3. Перпендикулярність геометричних елементів	37
2.2. Способи перетворення комплексного рисунка	45
2.2.1. Спосіб заміни площин проекцій	45
2.2.2. Спосіб плоскопаралельного переміщення	50
2.2.3. Обертання навколо осей, перпендикулярних або паралельних до площин проекцій	52
2.2.4. Спосіб доповняльних кутів	57
Запитання для самоперевірки	59

Розділ 3. Моделювання кривих ліній та поверхонь

3.1. Криві лінії	60
3.1.1. Загальні відомості	60
3.1.2. Проекціювання кола	64

3.2. Поверхні	66
3.2.1. Лінійчаті поверхні	68
3.2.2. Поверхні обертання	73
3.3. Розгортки поверхонь	76
3.3.1. Розгортки багатогранників.....	76
3.3.2. Розгортки кривих поверхонь	79
Запитання для самоперевірки	84

Розділ 4. Алгоритми розв'язання задач перетину поверхонь площинами, прямими та між собою	85
4.1. Перетин поверхні з площиною	85
4.2. Перетин прямої та поверхні	90
4.3. Взаємний перетин поверхонь	96
4.3.1. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою посередників-площин окремого положення.....	97
4.3.2. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою посередників-площин загального положення	99
4.3.3. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою сферичних посередників.....	102
4.3.4. Особливі випадки перетину поверхонь другого порядку	106
Запитання для самоперевірки	111

Розділ 5. Аксонометричні проєкції	112
5.1. Прямокутна аксонометрія	114
5.2. Косокутна аксонометрія.....	118
Запитання для самоперевірки	118

Частина 2

Технічне креслення

Розділ 6. Загальні положення розроблення та оформлення конструкторської документації.....	120
6.1. Стандартизація в оформленні конструкторської документації	120
6.2. Визначення, призначеність, сфера застосування та правила позначання стандартів ЄСКД	122
6.3. Види виробів.....	124
6.4. Основні види конструкторських документів	125
6.5. Стадії розроблення конструкторської документації	128
6.6. Комплектність конструкторської документації.....	131
6.7. Позначання виробів і конструкторських документів.....	133
Запитання для самоперевірки	135

Розділ 7. Загальні вимоги до оформлення конструкторських документів	136
7.1. Формати і основний напис	136
7.2. Масштаби	140
7.3. Лінії на креслениках	140
7.3.1. Основні вимоги ЄСКД щодо зображення та застосування ліній на технічних креслениках	140
7.3.2. Виконання ліній відповідно до ДСТУ ISO 128-20:2003	143
7.4. Шрифти креслярські	146
7.5. Стандартні зображення — види, розрізи, перерізи.....	149
7.5.1. Загальні відомості.....	149
7.5.2. Види	151
7.5.3. Розрізи	154
7.5.4. Перерізи	158
7.5.5. Виносні елементи	160
7.5.6. Умовності та спрощення	161
7.5.7. Побудова зображень відповідно до стандартів ДСТУ ISO серії 128	164
7.6. Графічні позначки матеріалів та правила їх нанесення на креслениках.....	167
7.7. Розміри на креслениках	169
7.8. Правила нанесення на креслениках написів, технічних вимог і таблиць	177
7.9. Оформлення текстової документації	180
7.9.1. Загальні положення	180
7.9.2. Вимоги до текстових документів, що містять в основному суцільний текст	181
7.9.3. Вимоги до текстових документів, що містять текст, розбитий на графи.....	186
Запитання для самоперевірки	186
Розділ 8. Виконання креслеників деталей	188
8.1. Загальні вимоги	188
8.2. Зображення деталей.....	189
8.3. Нанесення розмірів.....	192
8.4. Граничні відхилення розмірів	199
8.5. Допуски форми та розташування поверхонь	202
8.6. Нанесення позначок шорсткості поверхонь	205
8.7. Позначання матеріалів	212
8.8. Нанесення на креслениках позначок покривів, термічного та інших видів оброблення поверхонь.....	215
8.9. Нарізь та елементи деталей з нарізью	219

8.10. Приклади типових креслеників деталей	232
8.10.1. Деталі, що їх виготовляють на базі литих заготованок	232
8.10.2. Штамповані деталі	235
8.10.3. Деталі, що їх отримують механічним оброблянням	236
Запитання для самоперевірки	240
Розділ 9. Зображення з'єднань деталей	241
9.1. Нарізові з'єднання	241
9.2. Шпонкові та шліцьові з'єднання	251
9.3. Зубчасті зачеплення	257
9.4. Зварні з'єднання	262
9.5. Паяні та клеєні з'єднання	267
Запитання для самоперевірки	269
Розділ 10. Специфікація та кресленики складаних одиниць	270
10.1. Специфікація складаної одиниці	270
10.2. Складальний кресленик	274
10.3. Габаритний кресленик	284
10.4. Монтажний кресленик	284
10.5. Кресленик загального виду	286
10.6. Деталювання кресленика загального виду	292
Запитання для самоперевірки	292
Розділ 11. Виконання креслеників деяких виробів радіоелектронної апаратури	293
11.1. Кресленики виробів з обмотками та магнітопроводами	293
11.2. Кресленики друкованих плат	298
11.3. Виконання кресленика та специфікації друкованого вузла	311
Запитання для самоперевірки	316
Розділ 12. Схеми	317
12.1. Загальні положення. Види та типи схем	317
12.2. Загальні вимоги до виконання схем	319
12.3. Правила виконання електричних схем різних типів	329
12.3.1. Схеми структурні	329
12.3.2. Схеми функційні	329
12.3.3. Схеми принципів	332
12.4. Умовні графічні позначки в електричних схемах	341
Запитання для самоперевірки	348

Розділ 13. Правила виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки	349
13.1. Загальні положення	349
13.2. Правила виконання структурних схем	353
13.3. Правила виконання функційних схем.....	354
13.4. Правила виконання принципів схем	356
Запитання для самоперевірки	366
Розділ 14. Оформлення програмної документації	367
14.1. Загальні положення	367
14.2. Види та правила позначання програм і програмних документів	369
14.3. Загальні вимоги до оформлення програмних документів	371
14.4. Вимоги до змісту та оформлення окремих видів програмних документів.....	376
14.4.1. Технічне завдання	376
14.4.2. Текст програми	377
14.4.3. Опис програми.....	377
14.4.4. Специфікація.....	377
14.4.5. Пояснювальна записка	379
14.5. Правила виконання схем алгоритмів, програм, даних і систем	380
Запитання для самоперевірки	386
Перелік нормативних документів	387
Алфавітний покажчик	396

Передмова

Створення будь-яких промислових виробів розпочинається з розроблення конструкторської документації. Від рівня її виконання значною мірою залежить можливість скорочення строків виробництва й освоєння виробів, зниження трудомісткості їх виготовлення, підвищення надійності та якості.

Інженерна графіка належить до загальноінженерних дисциплін підготовки бакалаврів і магістрів у вищих технічних закладах освіти.

Мета курсу інженерної графіки — дати студентам знання, уміння та навички з підготовки конструкторської документації на будь-які вироби, яка б охоплювала всі стадії їх розроблення, від появи ідеї до технічної реалізації й експлуатації, а також із використання апарата геометричного моделювання виробів та процесів як бази їх комп'ютерної візуалізації.

Нарисна геометрія — розділ геометрії, у якому просторові об'єкти й методи дослідження та розв'язання просторових задач вивчають за допомогою їх геометричного моделювання (зображення) на площині.

Технічне креслення базується на методі проєкційних зображень. Воно вивчає запроваджені державними стандартами умовні позначення, спрощення й особливості створення конструкторської документації.

Розвиток обчислювальної техніки, винахід персональних комп'ютерів і графічних дисплеїв як технічних засобів відображення графічної інформації зумовили створення засобів генерації графічних зображень і автоматизованого виконання креслеників — комп'ютерної графіки.

Комп'ютерна графіка — це сукупність методів і способів перетворення за допомогою комп'ютера даних у графічне зображення, а графічного зображення — у дані (ДСТУ 2939–94 «Системи оброблення інформації. Комп'ютерна графіка. Терміни та визначення»).

Базою для створення геометричних моделей (зображень) об'єктів, що відповідають вимогам конструкторсько-технічної та технологічної документації, у графічних системах є інженерна графіка та її складові — нарисна геометрія й технічне креслення.

Від видавництва

Свої зауваження, пропозиції та запитання надсилайте за адресою електронної пошти **pg@bhv.kiev.ua**, а також залишайте на сайті **http://www.osvita.info**. На цьому ж сайті можна отримати докладні відомості про видання серії «Інформатика» для вищих навчальних закладів.

Інформацію про інші книжки Видавничої групи BHV ви знайдете на сайті **http://www.bhv.kiev.ua**.

Частина 1

Основи нарисної геометрії

Розділ 1

Предмет і метод нарисної геометрії. Геометричне моделювання у прямокутних проекціях

- ◆ Предмет і метод нарисної геометрії
- ◆ Геометричні моделі у прямокутних проекціях основних геометричних образів

1.1. Предмет і метод нарисної геометрії

Нарисна геометрія — розділ геометрії, в якому просторові об'єкти та методи розв'язання і дослідження просторових задач вивчають за допомогою їх геометричного моделювання (зображення) на площині.

Предметом нарисної геометрії є розроблення алгоритмів графічних операцій побудови геометричних моделей (зображень) об'єктів та процесів для розв'язання *позиційних* і *метричних* задач.

Метою розв'язання *позиційних задач* є вивчення взаємного розміщення геометричних об'єктів у просторі або на площині, *метричних* — метричні характеристики як самих об'єктів, так і їх взаємного положення.

Основним елементом тривимірного простору вважають точку. Довільну сукупність (множину) точок називають геометричною фігурою. Будь-який геометричний об'єкт (пряму чи криву лінію, площину, поверхню) можна задати сукупністю (множиною) точок.

Зображення об'єкта на площині вважають *повним*, якщо воно дає змогу визначити позиційний взаємозв'язок його елементів. Зображення, за якими можна визначити розміри об'єкта, називають *метрично визначеними*. Такі зображення можна побудувати лише за певними геометричними правилами, що вможливають зворотний перехід — від плоского зображення до натуральних форм об'єкта.

Основним методом побудови плоских зображень просторових об'єктів у нарисній геометрії є *метод проєкціювання*. Зображення, побудовані за його допомогою, на-

зивають *проекціями*. Для отримання проекцій точки — основного елемента тривимірного простору — слід задати *площину проєкцій* та *проєкціювальний промінь*.

Через кожен точку простору A можна провести єдиний проєкціювальний промінь. Його перетин із площиною проєкцій Π_1 являє собою проєкцію цієї точки.

Такий промінь може бути заданий:

- центром S (центральне проєкціювання);
- напрямом s (паралельне проєкціювання).

На рис. 1.1, *а* показано центральне проєкціювання, а на рис. 1.1, *б* — паралельне.

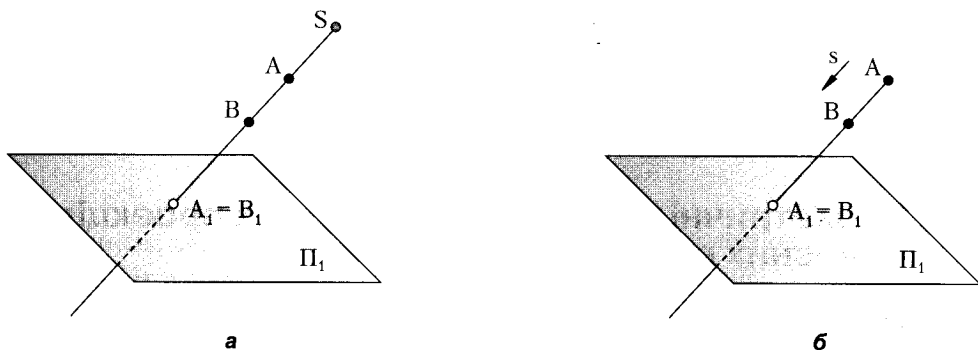


Рис. 1.1

Отримана проєкція точки визначається однозначно, а от обернена задача визначення точки у просторі за її проєкцією не однозначна. В одну й ту саму точку на площині проєкцій проєкціюються всі точки, що належать проєкціювальному променю (наприклад, точка B). Одержане зображення не є оборотним. Для того, щоб зображення було *оборотним*, потрібно мати два зображення точки на одну або дві площини проєкцій (рис. 1.2, *а, б*).

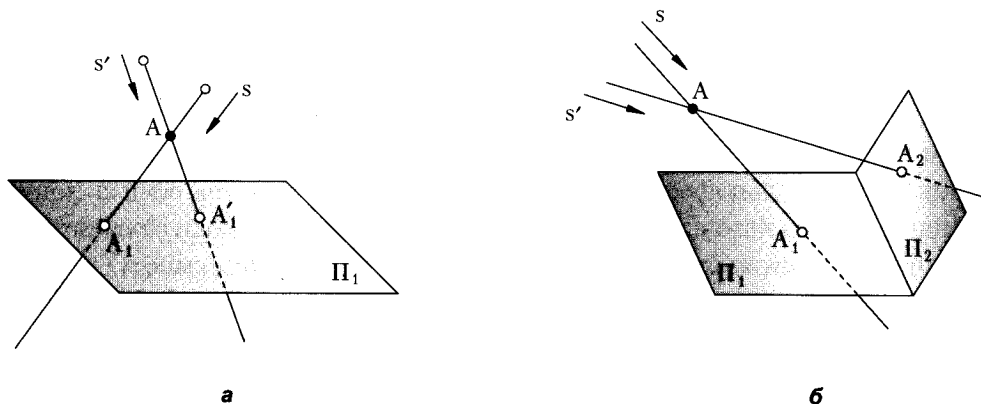


Рис. 1.2

Наведені схеми отримання зображень об'єктів досить складні для розв'язування позиційних та метричних задач. В інженерній практиці, як правило, використовують прямокутне проєкціювання, коли проєкціювальний промінь перпендикулярний до площини проєкцій (рис. 1.3).

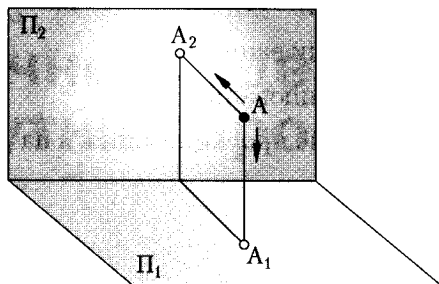


Рис. 1.3

1.2. Геометричні моделі у прямокутних проєкціях основних геометричних образів

1.2.1. Моделювання точки. Комплексний рисунок точки

Моделями геометричних образів називають їх відображення на якусь упорядковану систему. Будь-яку точку простору в прямокутній системі координат можна задати трьома координатами (на рис. 1.4 точка A має координати x_A, y_A, z_A). Пари координатних осей формують три площини xOy, xOz, zOy , кожну з яких можна взяти як площину проєкцій. Координатну площину xOy , розташовану горизонтально, називають *горизонтальною площиною проєкцій* Π_1 , перпендикулярну до неї площину xOz — *фронтальною площиною проєкцій* Π_2 .

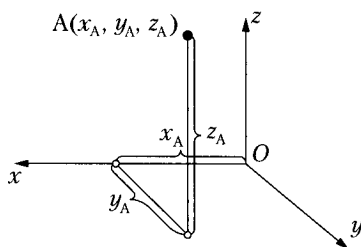


Рис. 1.4

Як правило, вважають, що фронтальна площина Π_2 розташована перед спостерігачем. Праворуч від спостерігача розташована профільна площина проєкцій Π_3 (zOy) (рис. 1.5). Таку систему площин називають *прямокутною системою площин проєкцій*.

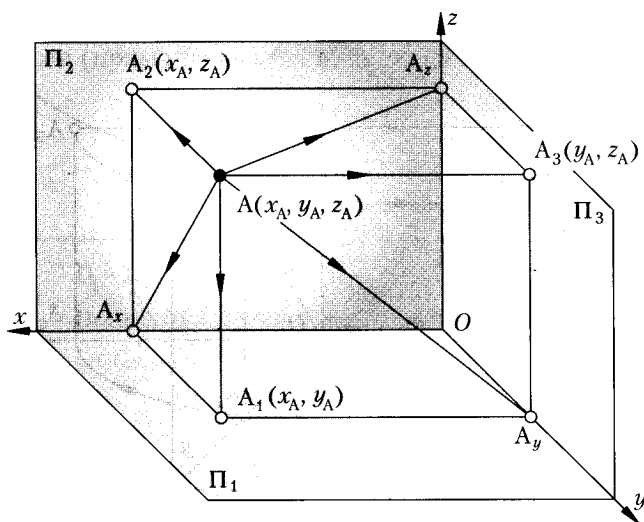


Рис. 1.5

Осі координат, які є лініями перетину площин проекцій, називають *осями проекцій* Ox , Oy , Oz , а початок координат O — *початком проекцій*.

Проекціювальні промені AA_1 , AA_2 , AA_3 , проведені з точки A перпендикулярно до площин Π_1 , Π_2 , Π_3 , задають на перетині з ними відповідно A_1 — горизонтальну проекцію точки A , A_2 — фронтальну проекцію точки A , A_3 — профільну проекцію точки A .

Будь-які дві проекції точки A на площини проекцій задають три її координати та, відповідно, повністю визначають її положення у просторі. Наприклад, $A(A_1, A_2)$, $A(A_2, A_3)$, $A(A_1, A_3)$. Такий запис називають *визначником точки*. Точку A можна спроекціювати на осі проекцій. Отримані точки A_x , A_y , A_z називають проекціями точки A на відповідні осі проекцій.

Як було показано, дві проекції точки повністю визначають її положення у просторі. Проте для розв'язання деяких задач потрібна додаткова площина проекцій. Наприклад, відстань d від точки A до осі Ox можна визначити лише на профільній площині проекцій Π_3 .

Для спрощення наведеної системи площин проекцій перетворимо її на плоский рисунок. Із цією метою сумістимо горизонтальну та профільну площини проекцій з фронтальною площиною проекцій обертанням навколо осей Ox та Oz відповідно (рис. 1.6). Отриманий рисунок (рис. 1.7) називають *комплексним рисунком точки*, або *епюром Монжа точки*. Позначка осі Oy , яка належить водночас площинам Π_1 та Π_3 , на комплексному рисунку на площинах проекцій Π_1 та Π_3 відрізняється позначкою відповідної площини. Лінії, що з'єднують проекції, називають *лініями зв'язку*; A_2A_1 — *вертикальна лінія зв'язку*, A_2A_3 — *горизонтальна лінія зв'язку*.

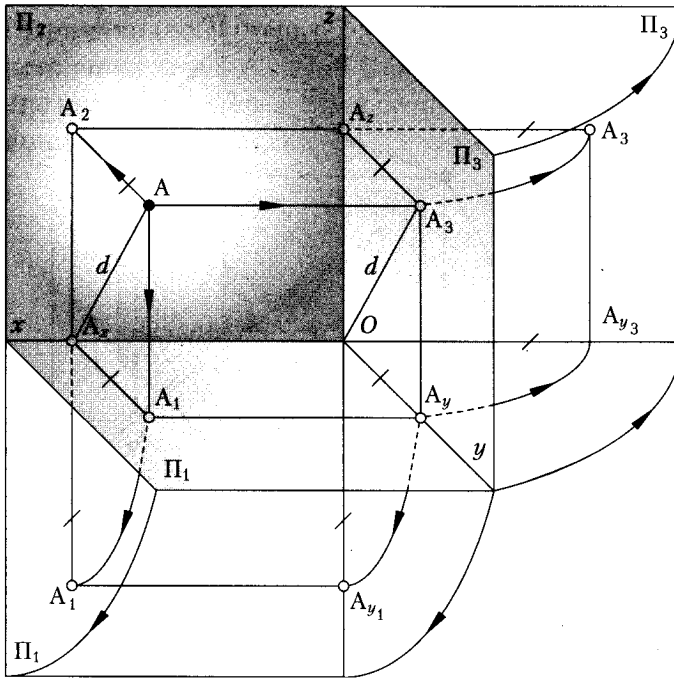


Рис. 1.6

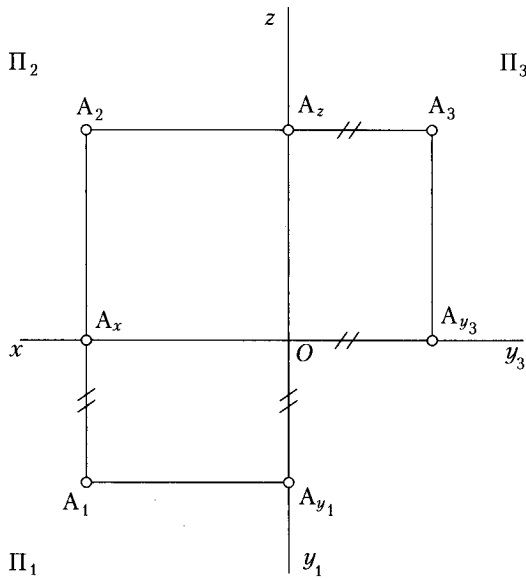


Рис. 1.7

На комплексному рисунку можна зобразити будь-яку точку простору за її прямокутними координатами (пряма задача). Наприклад, на рис. 1.8 точка $B(20, 30, 10)$.

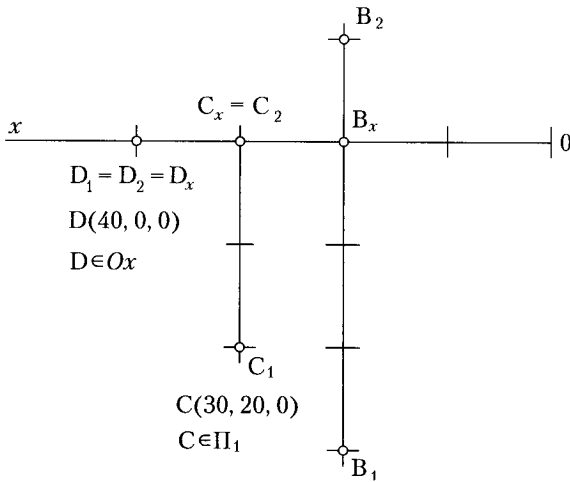


Рис. 1.8

За зображенням точки на комплексному рисунку можна визначити її координати й положення відносно заданої системи площин проєкцій (обернена задача). Як приклад можна розглянути точки C, D на рис. 1.8.

За двома заданими проєкціями точки можна побудувати її третю профільну проєкцію. Для такої побудови використовують три конструктивні прийоми: координатний (рис. 1.9, а), проєкційний (рис. 1.9, б), за допомогою сталої прямої k (рис. 1.9, в).

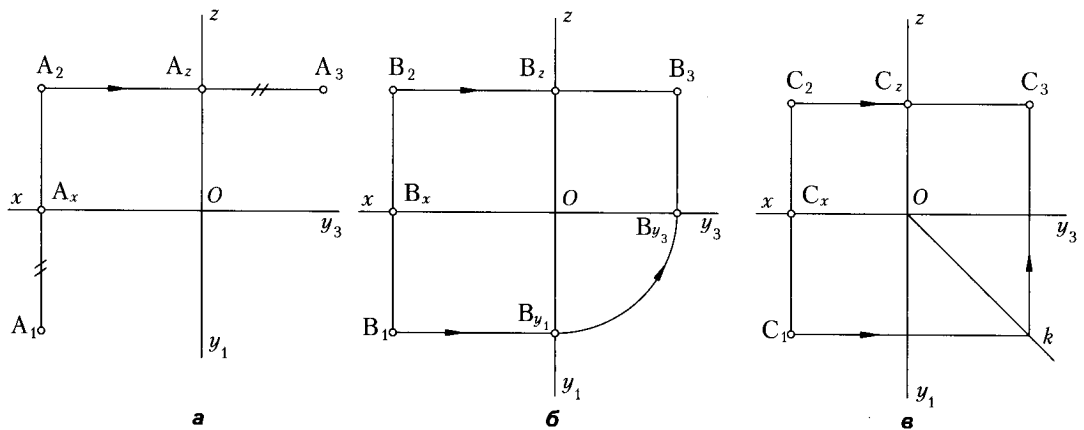


Рис. 1.9

Нами розглянуто лише одну чверть простору, яку обмежено площинами проєкцій Π_1 та Π_2 . Якщо продовжити площини Π_1 та Π_2 за вісь Ox (рис. 1.10), то вони поділять простір на чотири чверті. Після побудови комплексного рисунка точки, розташовані в іншій чверті простору, мають інше положення проєкцій, ніж точки першої чверті (рис. 1.11).

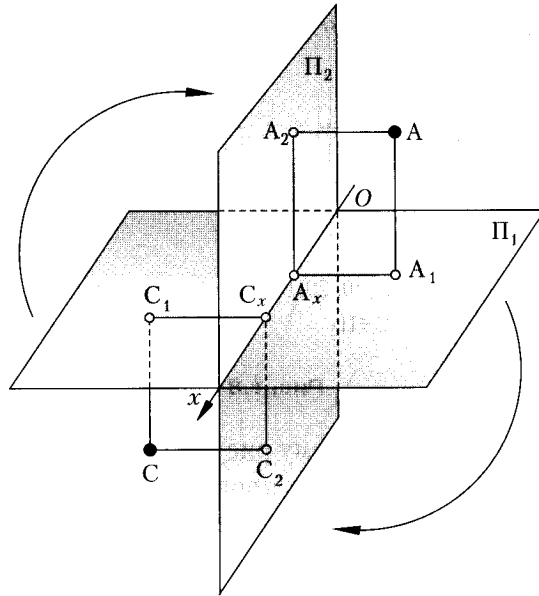


Рис. 1.10

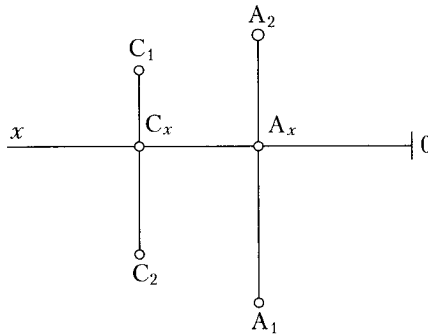


Рис. 1.11

1.2.2. Моделювання прямої

Визначником прямої є дві її точки. Наприклад, $a(A, B)$ — пряма a , задана двома точками A та B . Модель прямої у прямокутній системі площин проєкцій можна задати проєкціями двох її точок (рис. 1.12). Таке зображення прямої називають комплексним рисунком прямої.

Пряму можна задати й допоміжним визначником $b(A, s)$ — точкою A та напрямом s , який визначається на проєкціях спрямуванням проєкцій b_1, b_2 (рис. 1.13).

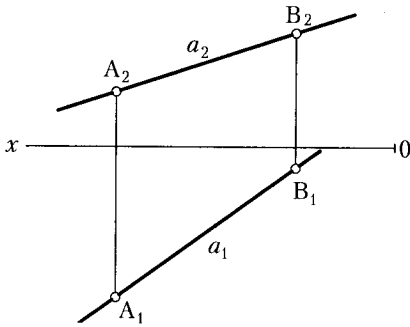


Рис. 1.12

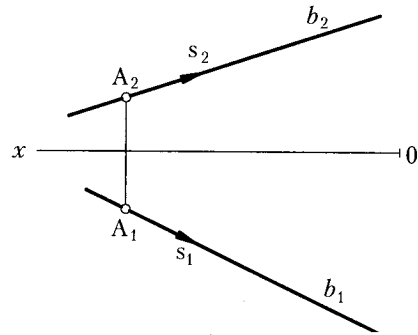


Рис. 1.13

Комплексний рисунок прямої дає змогу:

- побудувати її у прямокутній системі координат $Oxyz$, визначивши дві її точки $A(x_A, y_A, z_A)$ та $B(x_B, y_B, z_B)$;
- визначити взаємне положення точок простору та прямої, двох прямих;
- визначити натуральну величину (н. в.) відрізка прямої.

Точка належить прямій, якщо її проєкції належать до однойменних проєкцій прямої. На рис. 1.14 точка A належить прямій a ($A \in a$), а точка B — не належить прямій a ($B \notin a$), бо лежить у третій чверті простору, а відповідна точка прямої K ($K \in a$) — у першій.

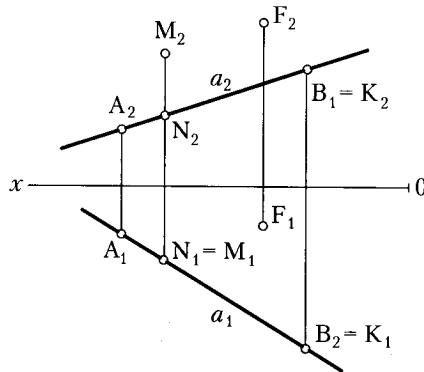


Рис. 1.14

Порівнявши координати точки простору та прямої, можна визначити їх взаємне положення. Наприклад, точка M має більшу координату z , ніж точка N , яка належить прямій a ; отже, вона розташована *над* прямою. Подібно визначаємо, що точка F лежить *над* та *за* прямою.

Визначення натуральної величини відрізка прямої

Розглянемо відрізок АВ прямої a у тривимірному просторі (рис. 1.15). Нехай A_1B_1 — горизонтальна проекція відрізка АВ. Якщо перемістити відрізок A_1B_1 паралельно до себе так, щоб нове положення точки A'_1 збігалося з точкою А, то у прямокутному трикутнику ABV_0 довжина відрізка АВ дорівнює довжині гіпотенузи, довжина катета AB_0 — довжині проекції A_1B_1 відрізка АВ на горизонтальну площину проєкцій, а довжина катета BB_0 є різницею відстаней кінцевих точок А та В відрізка АВ від горизонтальної площини проєкцій Π_1 — Δz . Кут між гіпотенузою АВ та катетом AB_0 дорівнює куту нахилу відрізка АВ до площини проєкцій Π_1 .

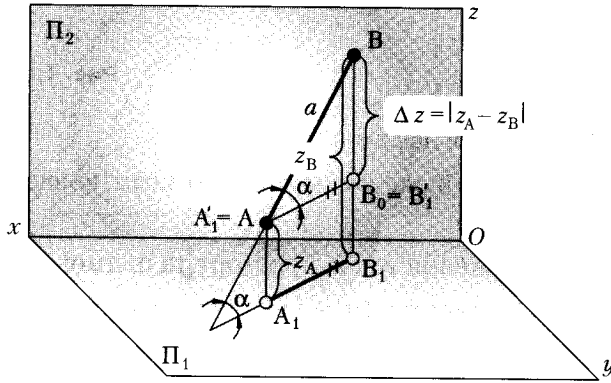


Рис. 1.15

Такий спосіб визначення натуральної величини відрізка прямої називають *правилом прямокутного трикутника*. Його застосування на комплексному рисунку проілюстровано на рис. 1.16.

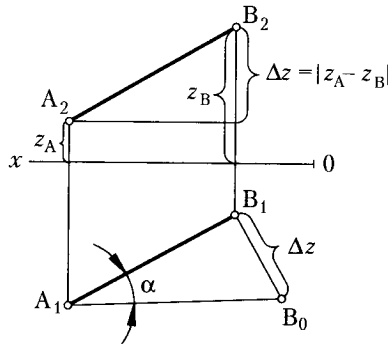


Рис. 1.16

Аналогічно можна визначити натуральну величину відрізка прямої на:

- фронтальній площині проєкцій Π_2 (рис. 1.17), де різниця відстаней кінцевих точок відрізка від площини проєкцій Π_2 — Δy , а кут нахилу до неї — β ;
- профільній площині проєкцій Π_3 (рис. 1.18), де різниця відстаней кінцевих точок відрізка від площини проєкцій Π_3 — Δx , а кут нахилу до неї — γ .

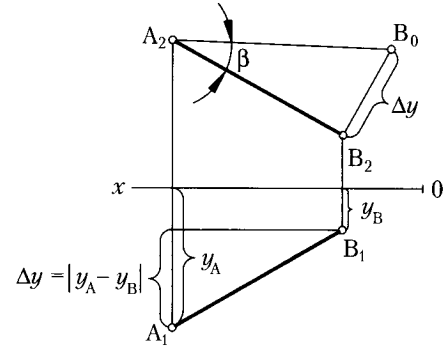


Рис. 1.17

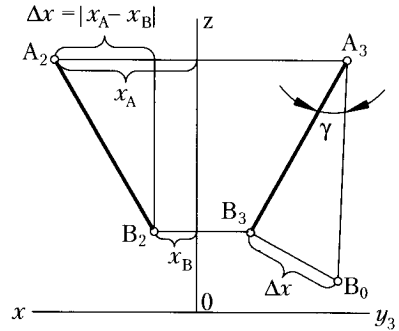


Рис. 1.18

Сліди прямої

Слідами прямої називають точки її перетину з площинами проєкцій. Перетин з площиною Π_1 має назву *горизонтального сліду*, з Π_2 — *фронтального*, а з Π_3 — *профільного*. Це означає, що для кожного сліду одна з координат дорівнює нулю.

На рис. 1.19 зображено горизонтальний M та фронтальний N сліди прямої.

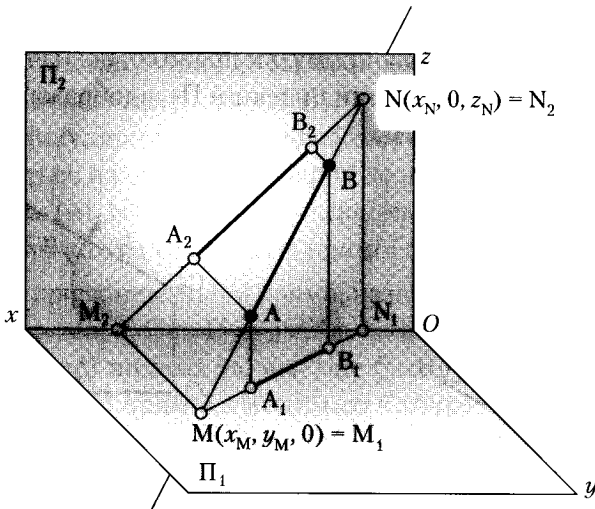


Рис. 1.19

На рис. 1.20 показано схему побудови слідів прямої a . Горизонтальний слід M має координату $z_M = 0$. Його фронтальна проекція визначається перетином фронтальної проекції прямої та осі Ox .

Фронтальний слід N має координату $y_N = 0$. Його горизонтальна проекція визначається перетином горизонтальної проекції прямої та осі Ox .

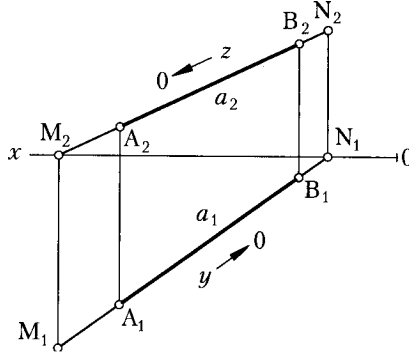


Рис. 1.20

Відносне положення прямої та площин проекцій

Пряму, довільно розташовану відносно площин проекцій, називають *прямою загального положення* (див. рис. 1.12–1.20).

Окремі положення займає пряма, паралельна хоча б до однієї з площин проекцій.

Пряму AB , паралельну до площини проекцій Π_1 (рис. 1.21, a), називають *горизонтальною* (*горизонталлю*). Таку пряму, як правило, позначають літерою h , а її відрізок та кут β її нахилу до площини проекцій Π_2 відображаються в натуральну величину на площині проекцій Π_1 .

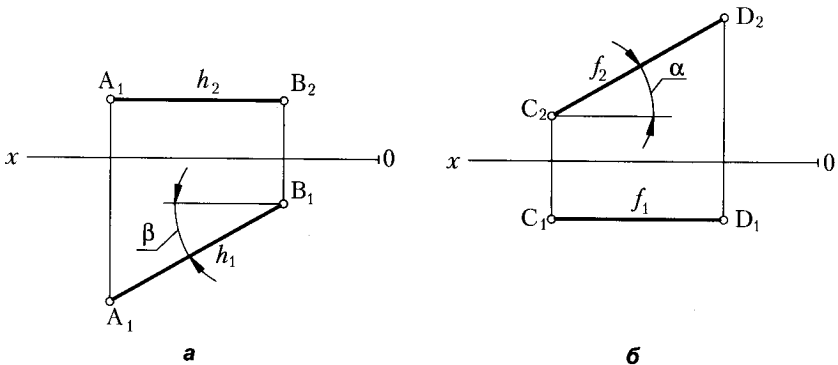


Рис. 1.21

Пряму CD , паралельну до площини проекцій Π_2 , називають *фронтальною* (*фронталлю*) і позначають літерою f . Її відрізок та кут α нахилу до площини

проєкцій Π_1 відображаються в натуральну величину на площині проєкцій Π_2 (рис. 1.21, б).

Пряму EF, паралельну до площини проєкцій Π_3 , називають *профільною прямою* і позначають літерою p . Її відрізок та кути нахилу α до площини проєкцій Π_1 і β до площини проєкцій Π_2 відображаються на площині проєкцій Π_3 у натуральну величину (рис. 1.22).

Прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій, називають *проєкціювальними* (рис. 1.23).

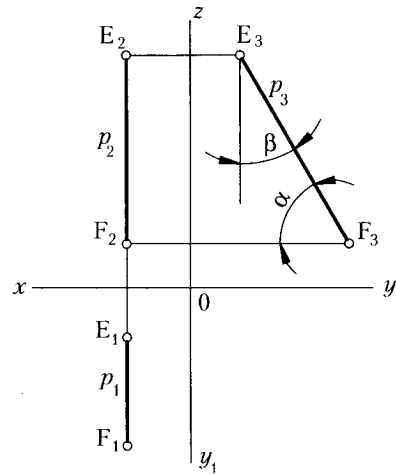


Рис. 1.22

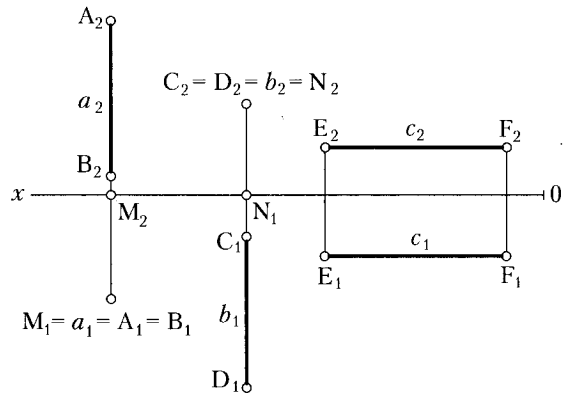


Рис. 1.23

Пряму $a(A, B)$, перпендикулярну до Π_1 , називають *горизонтально-проєкціювальною*, пряму $b(C, D)$, перпендикулярну до Π_2 , — *фронтально-проєкціювальною*, а пряму $c(E, F)$, перпендикулярну до Π_3 , — *профільно-проєкціювальною*. Кожна з таких прямих проєкціюється на перпендикулярну до неї площину точкою, яка водночас є проєкцією і слідом (M, N) та має назву *сліду-проєкції*. *Слід-проєкція* має збиральні властивості, тобто кожна точка такої прямої проєкціюється у її слід-проєкцію.

Будь-які дві точки проєкціювальної прямої називають *конкуруючими*. Це, наприклад, точки A та B прямої a , C та D прямої b , E та F прямої c . Із двох конкуруючих точок на сліди-проєкції видима та, яка має більшу координату. Наприклад, на горизонтальній проєкції прямої a видимою є точка A , на фронтальній проєкції прямої b видима точка D , а на профільній проєкції прямої c — точка E .

Взаємне положення двох прямих

Паралельність двох прямих відображається на комплексному рисунку паралельністю їх проєкцій (на рис. 1.24 — $a \parallel b$), перетин двох прямих — спільною точкою, проєкції якої розташовані на одній лінії зв'язку (на рис. 1.25 — $c \cap d = K$). Мимобіжні прямі не мають таких спільних точок (на рис. 1.26 — m/n). Видимість точок

двох мимобіжних прямих на проєкціях у місцях перетину їх проєкцій визначають за допомогою конкуруючих точок. На рис. 1.26 на горизонтальній проєкції в точці перетину проєкцій видима пряма n ($z_3 > z_4$), на фронтальній — в точці перетину проєкцій пряма m ($y_2 > y_1$).

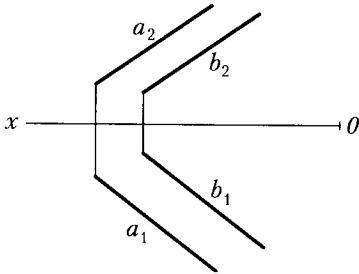


Рис. 1.24

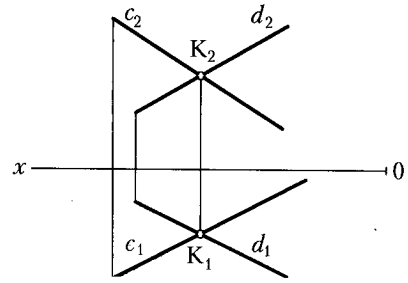


Рис. 1.25

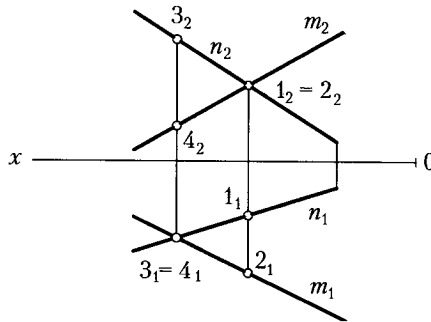


Рис. 1.26

1.2.3. Моделювання площини

Основним визначником площини є три її точки, що не лежать на одній прямій. Наприклад, $\Sigma(A, B, C)$ — площина Σ , задана трьома точками A, B та C .

Модель площини у прямокутній системі площин проєкцій можна задати проєкціями трьох її точок (рис. 1.27). Таке зображення площини називають її комплексним рисунком.

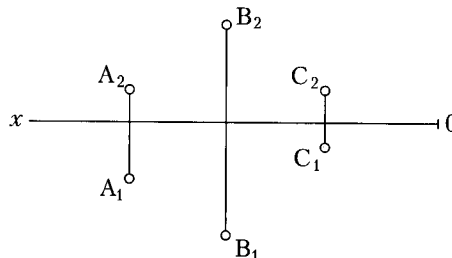


Рис. 1.27

Площину можна задати й допоміжними визначниками, утвореними об'єднанням точок основного визначника:

- прямою та точкою — $\Delta(a, A)$ (рис. 1.28);
- двома прямими, що перетинаються, — $\Gamma(a \cap b)$ (рис. 1.29);
- двома паралельними прямими — $\Sigma(a \parallel b)$ (рис. 1.30);
- будь-якою плоскою фігурою — $\Psi(\Delta ABC)$ (рис. 1.31).

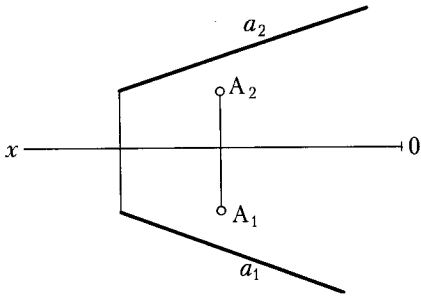


Рис. 1.28

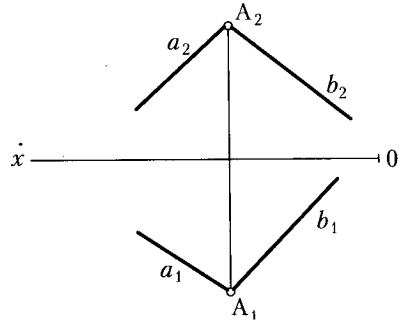


Рис. 1.29

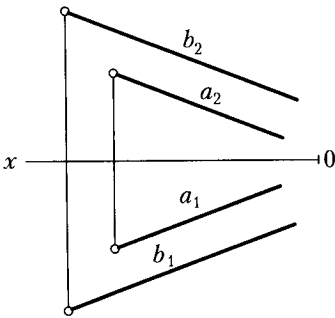


Рис. 1.30

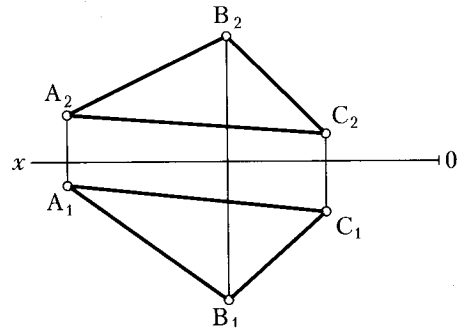


Рис. 1.31

Комплексний рисунок площини дає змогу:

- побудувати її у прямокутній системі координат $Oxyz$;
- визначити кути її нахилу до площин проєкцій;
- визначити взаємне положення будь-якої точки простору та площини, прямої та площини, двох площин;
- визначити натуральну величину відсіку площини.

Відсіком площини називають її обмежену частину.

Пряма належить площині, якщо:

- має з нею дві спільні точки;
- має з нею спільну точку та паралельна до прямої цієї площини.

Прямі, які належать площині та паралельні до якоїсь із площин проекцій, називають *лініями рівня*. На рис. 1.32 побудовано горизонталь h площини $\Sigma(a \cap b)$, відстань (рівень) якої від площини Π_1 дорівнює z_h . Будь-яка інша горизонталь h' цієї площини паралельна до h . Рівень фронталі площини визначається координатою y_f , а профільної прямої площини — x_p .

Точка належить площині, якщо вона належить прямій цієї площини (рис. 1.33 — $D \in \Sigma(\triangle ABC)$).

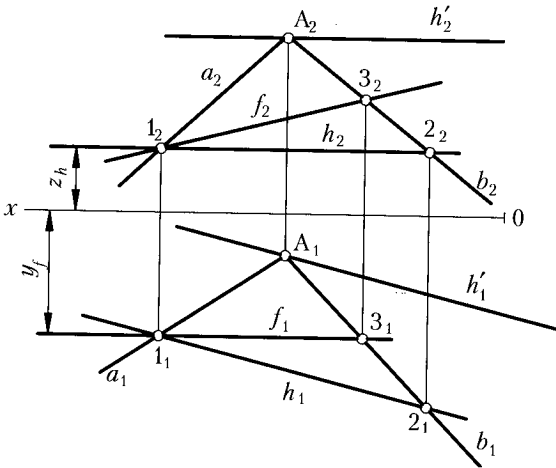


Рис. 1.32

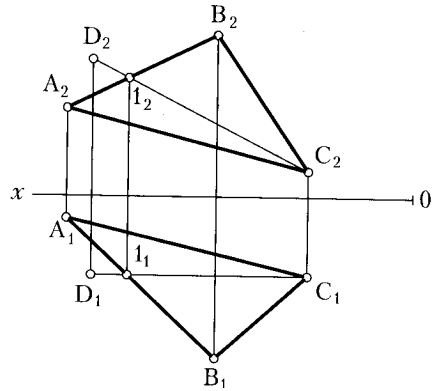


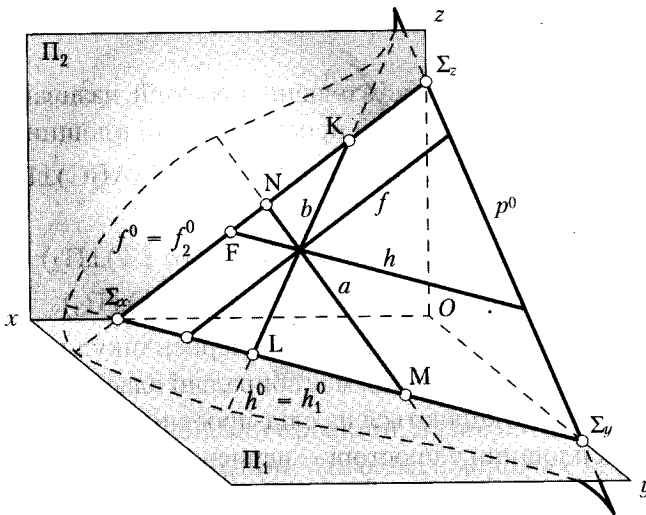
Рис. 1.33

Слідами площини називають лінії її перетину з площинами проекцій (рис. 1.34, а, б). Перетин із площиною Π_1 має назву *горизонтального сліду*, з Π_2 — *фронтального*, з Π_3 — *профільного*. Це означає, що для кожного сліду одна з координат усіх його точок однакова та дорівнює нулю. Інакше кажучи, кожний слід є нульовою лінією рівня площини ($z_{h^0} = 0$, $y_{f^0} = 0$, $x_{p^0} = 0$). Точки перетину слідів називають *точками збігу слідів* ($\Sigma_x, \Sigma_y, \Sigma_z$).

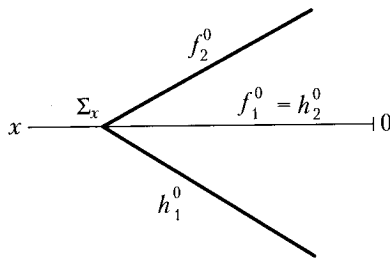
Як будь-які прямі площини, її сліди на комплексному рисунку можна побудувати:

- за двома точками — слідами двох прямих, що належать площині; наприклад, на рис. 1.34, а фронтальний слід f^0 визначається слідами N та K прямих a та b площини;
- за точкою (слідом будь-якої прямої) та напрямом — паралельністю до будь-якої лінії рівня площини; наприклад, на рис. 1.34, а нульову фронталь f^0 можна побудувати як пряму, паралельну до фронталі f площини й таку, що проходить через слід F прямої h .

На рис. 1.35 проілюстровано побудову слідів площини $\Sigma(h \cap f)$: фронтального f^0 за слідом F горизонталі h та паралельного до фронталі f площини; горизонтального h^0 за точкою збігу слідів Σ_x та паралельного до горизонталі площини h .



а



б

Рис. 1.34

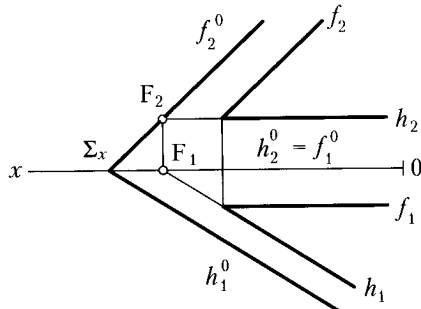


Рис. 1.35

За положенням відносно площин проєкцій площини поділяють на такі:

- площини загального положення, якщо площина довільно розташована відносно площин проєкцій (див. рис. 1.27–1.35);

- площини окремого положення, коли площина перпендикулярна хоча б до однієї з площин проєкцій.

Площину, перпендикулярну до однієї з площин проєкцій, називають *проєкціовальною*. Відповідно до площини проєкцій проєкціовальні площини можуть бути:

- *горизонтально-проєкціовальними* (на рис. 1.36, а — $\Sigma(\Delta ABC) \perp \Pi_1$, на рис. 1.36, б — $\Sigma(\Sigma_1) \perp \Pi_1$);
- *фронтально-проєкціовальними* (на рис. 1.37 — $\Delta(a \parallel b) \perp \Pi_2$);
- *профільно-проєкціовальними* (на рис. 1.38 — $\Gamma(a \cap b) \perp \Pi_3$).

Кожна з проєкціовальних площин утворює на перпендикулярній до неї площині проєкцій *слід-проєкцію*. Слід-проєкція має збиральні властивості. Це означає, що всі елементи площини проєкціюються на слід-проєкцію. Слід-проєкція повністю визначає положення площини у просторі — перпендикулярність до однієї площини проєкцій та кути нахилу до двох інших. Будь-яку проєкціовальну площину можна задати лише слідом-проєкцією (див. рис. 1.36, б).

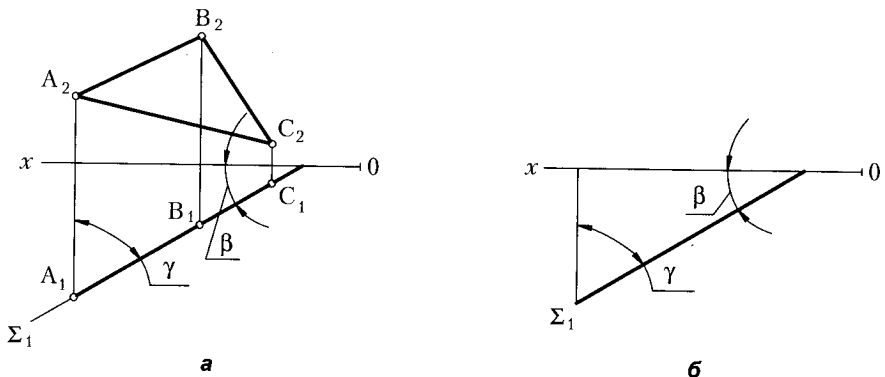


Рис. 1.36

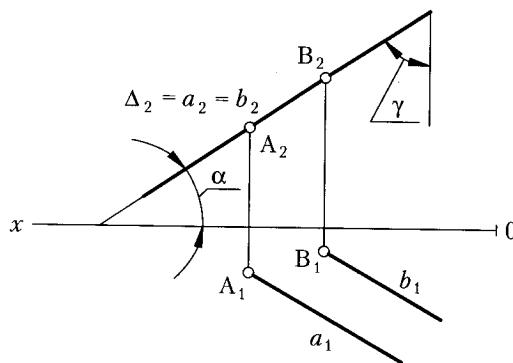


Рис. 1.37

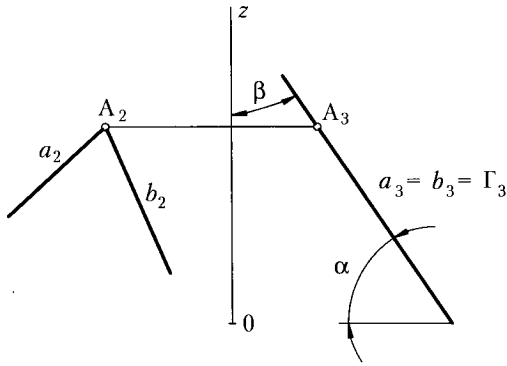


Рис. 1.38

Площину, паралельну до площини проєкцій, називають *площиною рівня*. Одна з координат усіх точок такої площини однакова й дорівнює відстані (рівню) площини від паралельної до неї площини проєкцій. На цю площину відсіки площини рівня проєкціюються у натуральну величину. Розрізняють *горизонтальні площини рівня*, або *горизонтальні площини* (рис. 1.39), *фронтальні площини рівня*, або *фронтальні площини* (рис. 1.40), *профільні площини рівня*, або *профільні площини* (рис. 1.41).

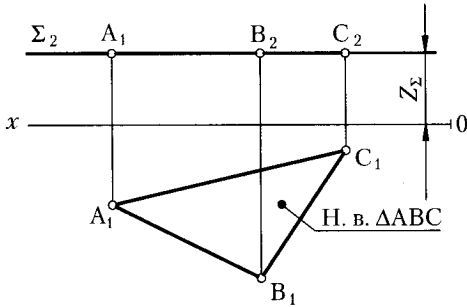


Рис. 1.39

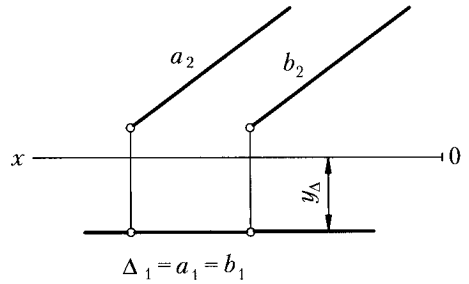


Рис. 1.40

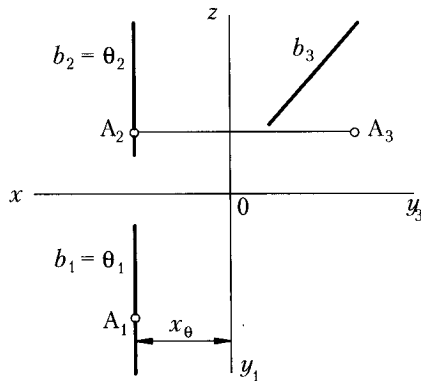


Рис. 1.41

Запитання для самоперевірки

1. Що вивчає нарисна геометрія?
2. Який основний метод нарисної геометрії?
3. Коли зображення об'єкта на площині вважають повним та метрично визначеним?
4. Як можна отримати зображення точки на площині?
5. Як моделюється точка в системі ортогональних проекцій? Що таке комплексний рисунок точки?
6. Що таке визначник прямої, площини? Навести основні визначники прямої, площини.
7. Як визначити належність точки до площини, а також прямої до площини?
8. Як визначити натуральну величину відрізка прямої?
9. Як прямі та площини поділяються за положенням відносно площин проекцій?

Розділ 2

Алгоритми розв'язання позиційних та метричних задач геометрії

- ◆ Позиційні та метричні задачі геометричного моделювання в ортогональних проекціях прямих і площин
- ◆ Способи перетворення комплексного рисунка

2.1. Позиційні та метричні задачі геометричного моделювання в ортогональних проекціях прямих і площин

Задачі геометричного моделювання мають модульну структуру. Будь-яка комплексна задача складається з простих модулів, а сама комплексна задача може бути модулем складнішої задачі. Модульна структура є принципом формування алгоритмів розв'язання комплексних задач нарисної геометрії.

Розглянемо основні модулі комплексних позиційних та метричних задач.

2.1.1. Перетин площин, перетин прямої та площини

Модуль 1. Перетин прямої та проекціювальної площини (рис. 2.1).

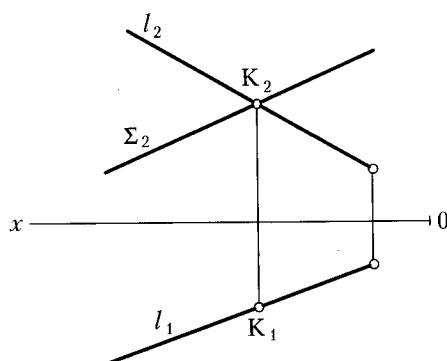


Рис. 2.1

У цьому випадку точка перетину $K = l \cap \Sigma$ очевидна. Вона визначається перетином сліду-проекції проекціювальної площини та відповідної проекції прямої.

Модуль 2. Перетин площини загального положення та проєкціювальної площини (рис. 2.2).

Задачу можна розв'язати за допомогою модуля 1. Дві будь-які прямі загального положення перетинають проєкціювальну площину у двох точках, які визначають лінію перетину двох площин: $\Sigma(a \cap b) \cap \Gamma(\Gamma_2) = m(A, B)$.

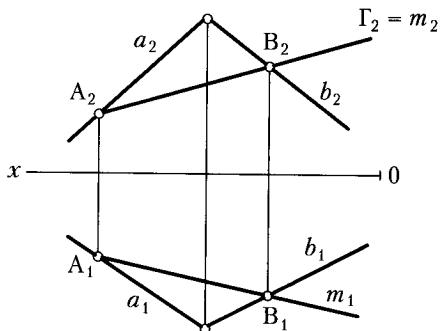


Рис. 2.2

Перетин двох площин загального положення

Лінія перетину двох площин — пряма, визначником якої, як відомо, є дві її точки або точка та напрямок.

Задачу перетину двох площин загального положення розв'язують за допомогою допоміжних проєкціювальних площин-посередників. Перетин такої площини з кожною площиною загального положення розглянуто нами як модуль 2.

Розглянемо алгоритм побудови лінії перетину двох площин. Нехай потрібно визначити лінію перетину двох площин Σ та Δ : $\Sigma \cap \Delta = m(A, B)$ (рис. 2.3).

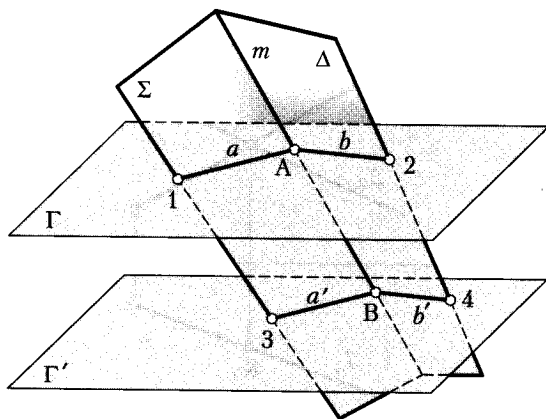


Рис. 2.3

1. Перетнемо площини Σ та Δ довільно розташованою допоміжною проекціювальною площиною Γ та знайдемо лінії перетину допоміжної площини з кожною із заданих. Для розв'язання задачі використовують модуль 2: $\Sigma \cap \Gamma = a$, $\Delta \cap \Gamma = b$.
 2. Знайдемо точку перетину ліній a та b : $a \cap b = A$. Ця точка є спільною для площин Σ та Δ , тобто належить лінії їх перетину.
 3. Повторюємо побудови для пошуку другої точки лінії перетину площин Σ та Δ .
- На рис. 2.4 показано реалізацію алгоритму на комплексному рисунку.

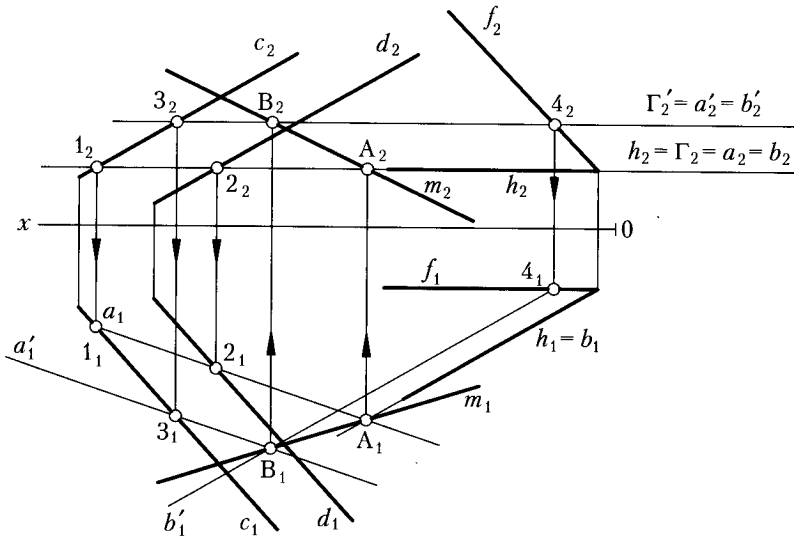


Рис. 2.4

1. Для знаходження лінії перетину $m(A, B)$ площин $\Sigma(c \parallel d)$ та $\Delta(h \cap f)$ використано допоміжні горизонтальні площини Γ та Γ' . Для спрощення побудови допоміжну площину Γ проводимо через горизонталь h площини $\Delta(h \cap f)$. Знаходимо перетин допоміжної площини із заданими: $\Gamma(\Gamma_2) \cap \Sigma(c \parallel d) = a(1, 2)$; $\Gamma(\Gamma_2) \cap \Delta(h \cap f) = b = h$.
2. Точка перетину ліній a та b : $a \cap b = A$.
3. Другу допоміжну площину Γ' проводимо паралельно до Γ . Тоді лінії a' та b' її перетину з площинами $\Sigma(c \parallel d)$ та $\Delta(h \cap f)$ визначаються відповідно точками 3 і 4 та паралельністю до прямих a і b . Перетин прямих a' і b' визначає точку B – другу точку визначника $m(A, B)$ лінії перетину площин Σ та Δ .

За цим алгоритмом можна розв'язати будь-яку задачу перетину двох площин.

У деяких окремих випадках алгоритм побудови лінії перетину двох площин може бути значно спрощено. Розглянемо такі випадки.

1. Дві площини $\Sigma(\Sigma_1)$ та $\Delta(\Delta_1)$ перпендикулярні до однієї й тієї самої площини проєкцій. Лінія перетину площин $\Sigma(\Sigma_1)$ та $\Delta(\Delta_1)$ являє собою проєкціовальну пряму m , слід-проєкція m_1 якої є точкою перетину слідів-проєкцій Σ_1 та Δ_1 (рис. 2.5).
2. Площини перпендикулярні до різних площин проєкцій. Проєкції лінії перетину площин збігаються з відповідними слідами-проєкціями площин (на рис. 2.6 — $\Theta(\Theta_1) \cap \Psi(\Psi_2) = m$).

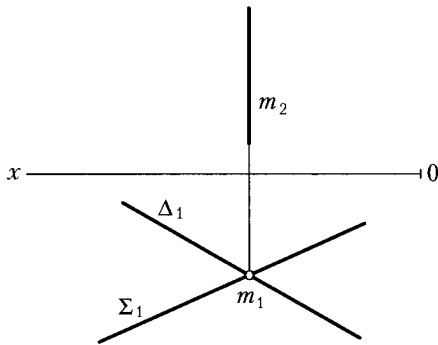


Рис. 2.5

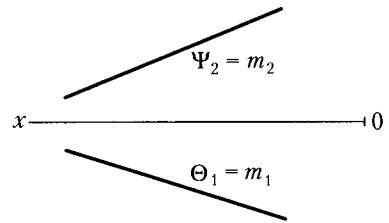


Рис. 2.6

3. Площини загального положення, які задано слідами — нульовими лініями рівня. У цьому разі площинами-посередниками є площини проєкцій, а точками визначника лінії перетину площин — точки перетину слідів площин (на рис. 2.7 — $\Sigma(h^0 \cap f^0) \cap \Delta(h^{0'} \cap f^{0'}) = m(M, N)$).

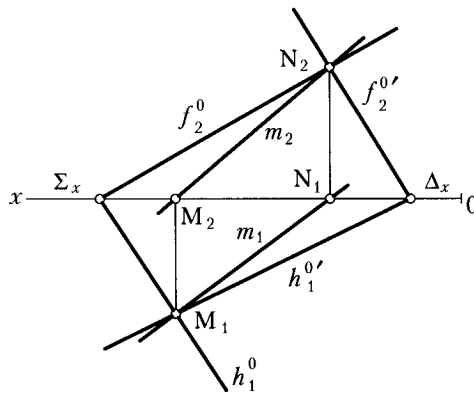


Рис. 2.7

4. Площини, які задано слідами так, що одна пара однойменних слідів паралельна. Лінія перетину визначається точкою перетину однієї пари слідів та напрямом, паралельним до слідів іншої пари, перетин яких із лінією перетину слідів лежить у нескінченності (на рис. 2.8 — $m \parallel h^0$).

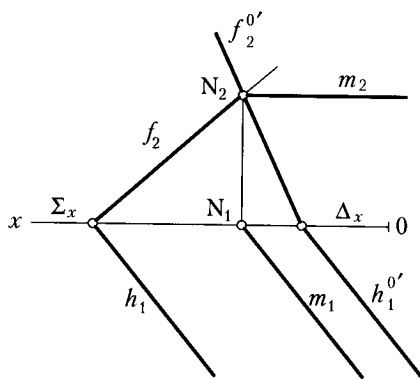


Рис. 2.8

Перетин прямої та площини

Ми вже розглядали алгоритм побудови точки перетину прямої та площини у випадку, коли пряма належить одній з двох площин, що перетинаються, і ми знаходимо точку її перетину з іншою площиною як таку, що належить лінії перетину двох площин (див. рис. 2.4).

Розглянемо модифікацію такого алгоритму для побудови перетину окремої прямої та площини загального положення.

Нехай пряма a перетинає площину загального положення Σ (рис. 2.9). Для знаходження точки її перетину з площиною ($K = a \cap \Sigma$) потрібно виконати такі дії.

1. Провести через пряму допоміжну проєкціювальну площину Γ та знайти лінію її перетину із заданою площиною Σ (модуль 2): $m(1, 2) = \Gamma \cap \Sigma$.
2. Знайти шукану точку K як точку перетину прямої m із прямою a : $K = m \cap a$.

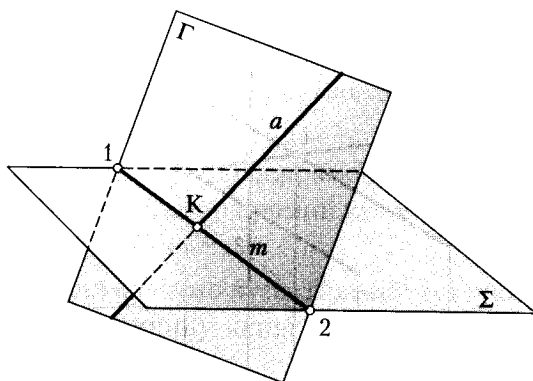


Рис. 2.9

На рис. 2.10, a показано реалізацію викладеного алгоритму на комплексному рисунку. Точку $K = \Sigma(\Delta ABC) \cap a$ знайдено за допомогою проєкціювальної площини Γ . Видимість ланок прямої встановлено за допомогою конкуруючих точок (на рис. 2.10, b -- $y_3 > y_1$, точка $3 \subset a$; $z_5 > z_4$, точка $5 \subset a$).

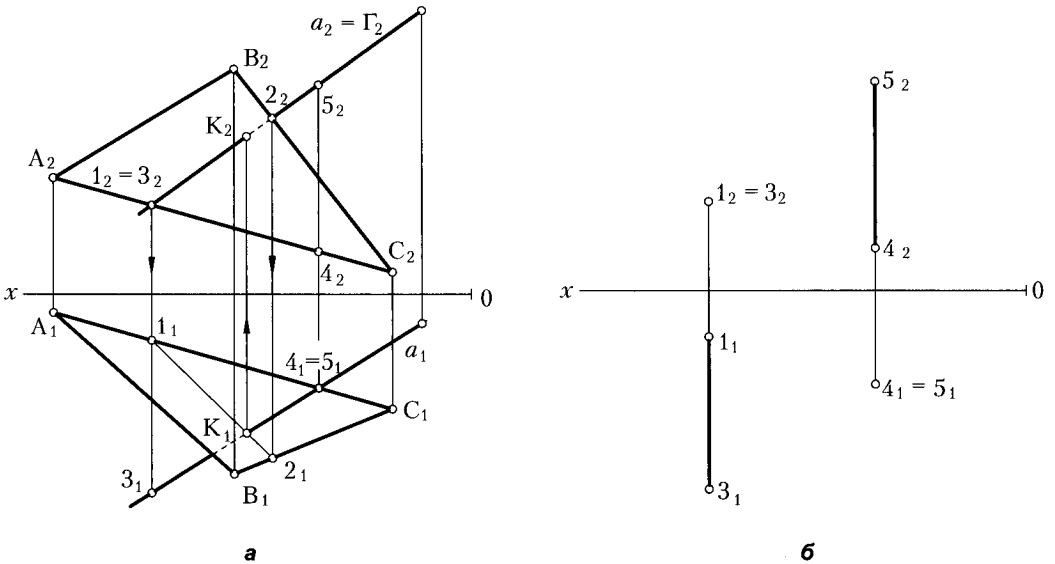


Рис. 2.10

За наведеним алгоритмом можна розв'язати будь-яку задачу перетину прямої та площини.

В окремих випадках алгоритм побудови точки перетину прямої та площини можна значно спростити. Це стосується, зокрема модуля 1. Наведемо ще один приклад. Нехай потрібно знайти точку перетину проєкціувальної прямої та площини загального положення (рис. 2.11). У цьому разі одна з проєкцій точки перетину збігається зі слідом-проєкцією прямої ($K_1 = a_1$), а другу можна знайти з умови належності точки площині. Видимість визначено за допомогою конкуруючих точок 3 та 4.

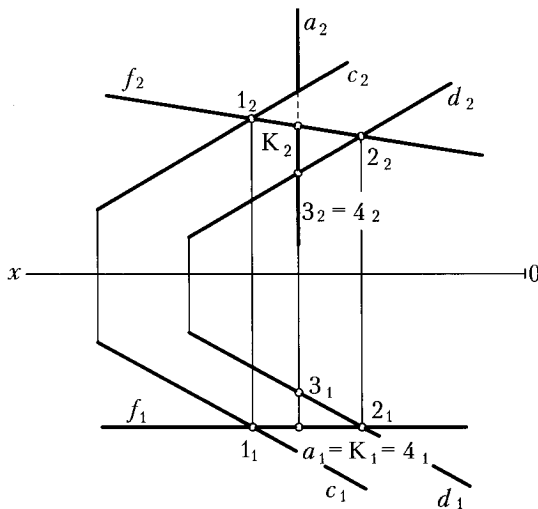


Рис. 2.11

2.1.2. Паралельність прямої та площини, паралельність площин

Пряма паралельна до площини, якщо вона паралельна до будь-якої прямої цієї площини. Побудова такої прямої є невизначеною задачею. Щоб задача була визначеною, потрібно додати ще одну умову — наприклад, побудувати пряму, паралельну до двох площин, тобто до лінії їх перетину. Про побудову паралельних прямих ішлося у підрозділі 1.2.2.

Дві площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї площини паралельні до двох прямих, що перетинаються, другої. На рис. 2.12 показано побудову через точку K площини $\Delta(a \cap b)$, паралельної до площини $\Sigma(\triangle ABC)$. Пряма $a \parallel AB$, пряма $b \parallel BC$.

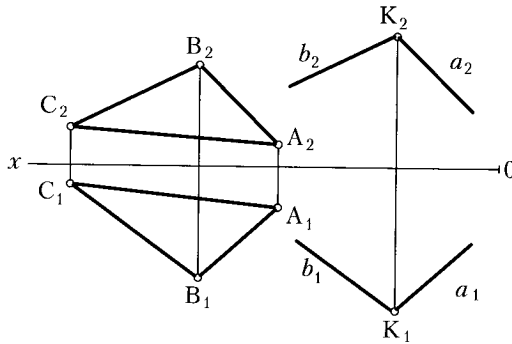


Рис. 2.12

2.1.3. Перпендикулярність геометричних елементів

Перпендикулярність прямої та площини

Пряма перпендикулярна до площини, якщо вона перпендикулярна до двох прямих, що перетинаються, цієї площини.

На комплексному рисунку для побудови прямої, перпендикулярної до площини, потрібно, перш за все, з'ясувати, коли прямий кут між двома прямими проєціюється у натуральну величину.

Теорема про проєціювання прямого кута. Прямий кут проєціюється на площину проєкцій у натуральну величину, якщо хоча б одна з його сторін паралельна до цієї площини проєкцій.

На рис. 2.13 одна зі сторін h прямого кута $r \perp h$ паралельна до горизонтальної площини проєкцій Π_1 . Якщо $h \perp r$ і $h \perp AA_1$, то $h \perp \Delta(r \cap AA_1)$, а $h_1 \perp r_1$.

Зауважимо, що перпендикулярні прямі можуть бути як такими, що перетинаються, так і мимобіжними. На рис. 2.14 проілюстровано застосування наведеної теореми. Якщо горизонтальну проєкцію прямої r визначено однозначно, то фронтальна —

це будь-яка проекція прямої, що проходить через точку A_1 . Сукупність відображуваних прямих утворює площину $\Delta(\Delta_1)$. Для того щоб отримати один розв'язок, потрібно додати ще одну умову — наприклад, визначити відстань від точки A до прямої h . Таку задачу розв'язано на рис. 2.15. Натуральну величину відстані AK знайдено методом прямокутного трикутника.

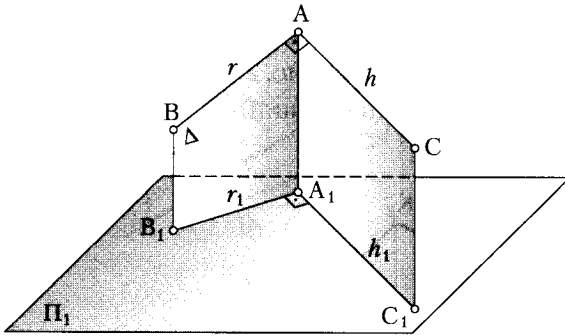


Рис. 2.13

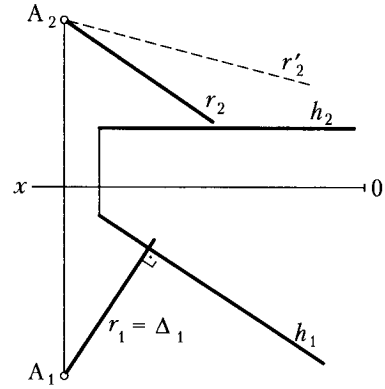


Рис. 2.14

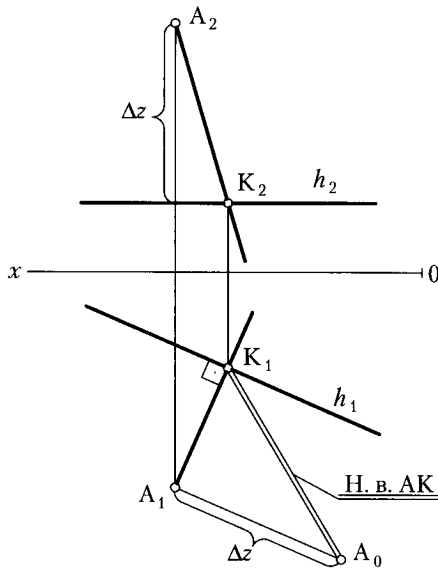


Рис. 2.15

Наведена теорема дає змогу на комплексному рисунку провести перпендикуляр до площини. Очевидно, що прямими площини, до яких проводять перпендикуляр,

мають бути лінії рівня (рис. 2.16). Справді, якщо між горизонтальними проекціями двох мимобіжних прямих r і h кут прямих, то пряма r та горизонталь перпендикулярні. Якщо між фронтальними проекціями двох мимобіжних прямих кут прямих, то пряма r та фронталь f перпендикулярні.

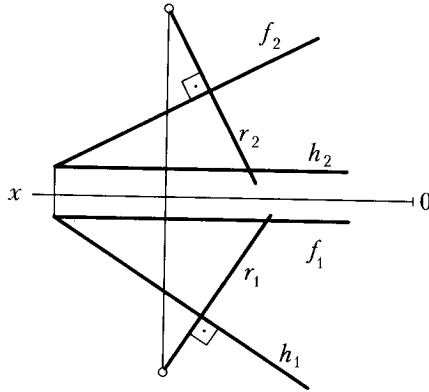


Рис. 2.16

Отже, пряма r перпендикулярна до двох прямих, що перетинаються, площини $\Sigma(h \cap f)$ і, як наслідок, перпендикулярна до площини.

Таким чином, якщо якась пряма перпендикулярна до площини $\Sigma(h \cap f)$, то на комплексному рисунку її горизонтальна проекція r_1 перпендикулярна до горизонтальної проекції горизонталі h_1 , а її фронтальна проекція r_2 — до фронтальної проекції фронталі f_2 :

$$r \perp \Sigma(h \cap f), \text{ якщо } r_1 \perp h_1, r_2 \perp f_2.$$

Наведене *правило* є основою *теорії перпендикулярності* в ортогональних проекціях. Правило перпендикулярності прямої та площини реалізується у двох основних задачах: через точку провести перпендикуляр до площини; через точку провести площину, перпендикулярну до прямої.

Задача 1. Побудувати перпендикуляр з точки до площини. Ця задача є модулем ширшого кола задач, а саме:

- визначання відстані від точки до площини або побудови сфери з центром у заданій точці та дотичної до площини;
- побудова точок, симетричних до заданих відносно площини;
- побудова геометричних фігур, які мають прямий кут, із вершиною у даній точці та стороною на площині тощо.

Розглянемо, наприклад, таку задачу.

Нехай задано якусь площину $\Sigma(\triangle ABC)$ та точку D . Знайти відстань від точки D до площини (рис. 2.17).

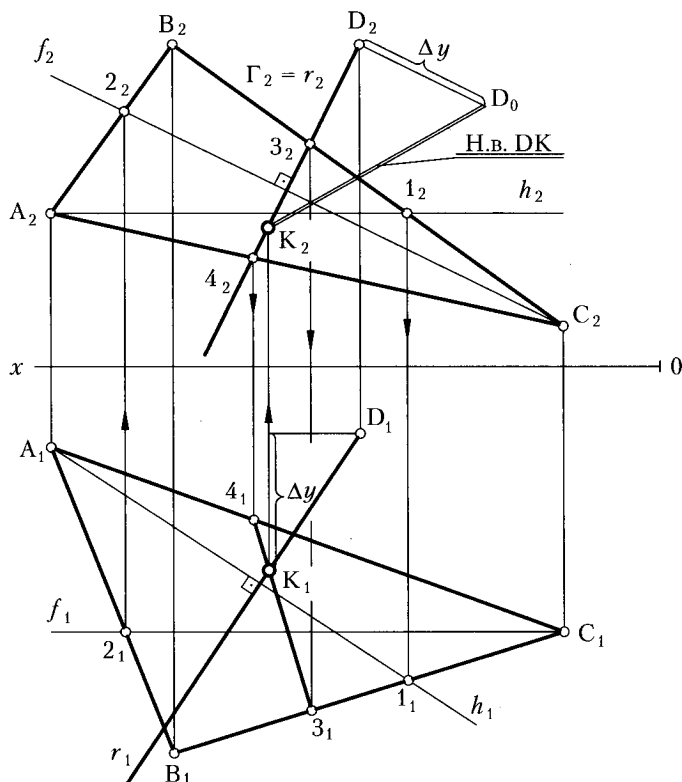


Рис. 2.17

Алгоритм розв'язання цієї задачі складається з трьох модулів.

1. З точки D провести перпендикуляр r до площини Σ .
2. Знайти K — точку перетину перпендикуляра з площиною.
3. Знайти $|DK|$ — натуральну величину відстані.

Задача 2. Через точку A провести площину Σ , перпендикулярну до прямої a .

Використовуючи основне правило теорії перпендикулярності в ортогональних проекціях, через точку A проводимо площину $\Sigma(h \cap f)$ таким чином, щоб на горизонтальній площині проекцій горизонтальна проекція h_1 горизонталі була перпендикулярною до горизонтальної проекції a_1 прямої, а на фронтальній

площині проєкцій фронтальна проєкція f_2 фронталі була перпендикулярною до фронтальної проєкції a_2 прямої. Реалізацію побудови показано на рис. 2.18.

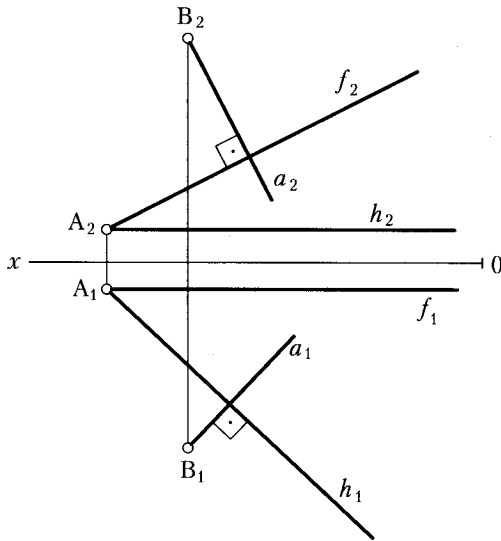


Рис. 2.18

Розглянута задача є модулем для розв'язання багатьох задач, а саме:

- визначення відстані від точки до прямої або побудови сфери з центром у цій точці та дотичної до прямої;
- побудова точок, симетричних до заданих відносно прямої;
- побудова геометричних фігур, які мають прямий кут із вершиною у цій точці та стороною на прямій;
- побудова геометричних місць точок, рівновіддалених від двох, трьох, чотирьох точок і т. д.

Розглянемо, наприклад, таку задачу.

Задано якусь точку A та пряму a . Знайти відстань від точки A до прямої a .

Алгоритм розв'язання цієї задачі складається з трьох модулів.

1. Через точку A провести площину $\Sigma(h \cap f)$, перпендикулярну до прямої a .
2. Знайти точку перетину прямої a та площини Σ ($\Sigma \cap a = K$).
3. Знайти натуральну величину відрізка $|AK|$.

Реалізацію наведеного алгоритму показано на рис. 2.19.

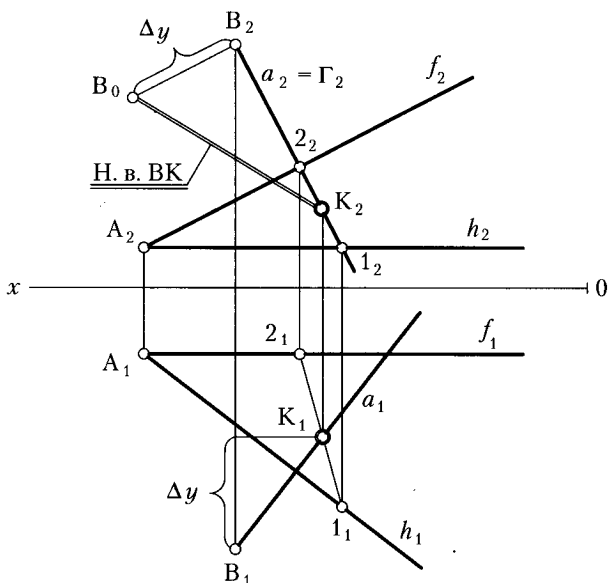


Рис. 2.19

Для площини окремого положення перпендикулярна до неї пряма — також окремого положення (на рис. 2.20 — $\Delta(\Delta_2) \perp f$; $\Sigma(\Sigma_1) \perp a$).

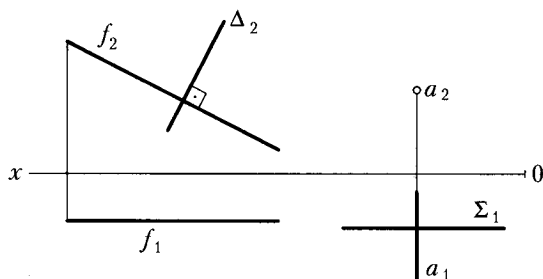


Рис. 2.20

Перпендикулярність двох площин

Дві площини перпендикулярні, якщо в одній із них можна побудувати перпендикуляр до другої площини. Задача побудови площини, перпендикулярної до іншої, або перевірки перпендикулярності двох площин базується на модулі побудови перпендикуляра до площини.

У першому випадку перпендикуляр доповнюють іншим геометричним елементом (точкою, прямою) для задання площини. Задача має нескінченну множину розв'язків.

У другому випадку слід перевірити належність перпендикуляра r до другої площини (рис. 2.21). Якщо $r \perp \Sigma$ належить площині Δ , то $\Sigma \perp \Delta$; якщо r' не належить Δ , то $\Sigma \not\perp \Delta$.

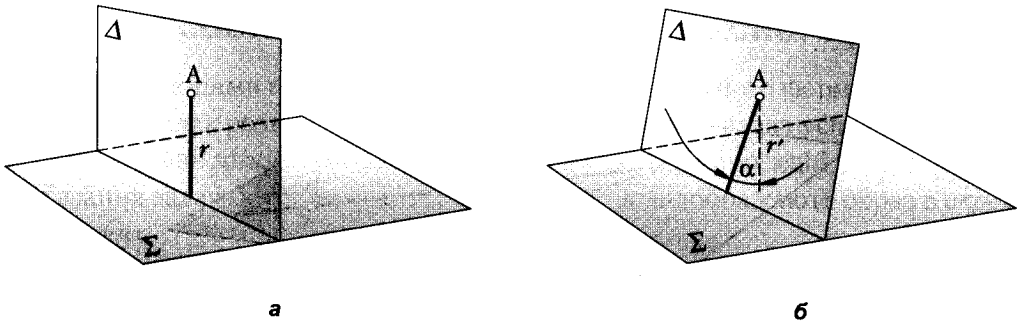


Рис. 2.21

На рис. 2.22 показано реалізацію перевірки перпендикулярності двох площин Σ та Δ на комплексному рисунку. З точки A площини Δ проведено перпендикуляр r' до площини Σ . Перпендикуляр r' не належить площині Σ , тому площини не перпендикулярні.

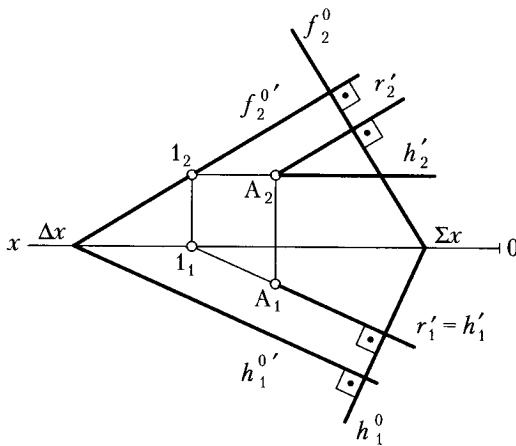


Рис. 2.22

Перпендикулярність двох прямих

Дві прямі перпендикулярні, якщо через одну з них можна провести площину, перпендикулярну до другої прямої. Задача побудови прямої, перпендикулярної до іншої, або перевірки перпендикулярності двох прямих, базується на модулі побудови площини, перпендикулярної до прямої.

У першому випадку пряма належить до побудованої площини. Задача має нескінченну множину розв'язків.

У другому випадку слід перевірити належність прямої площині Σ , перпендикулярній до другої прямої r (рис. 2.23). Якщо $a \in \Sigma$, прямі a та r перпендикулярні; якщо $a' \notin \Sigma$, то прямі a' та r не перпендикулярні.

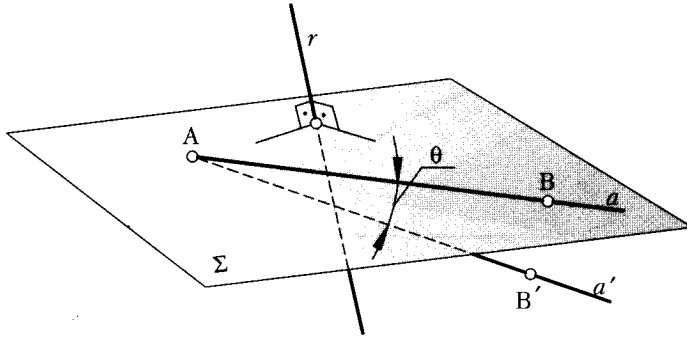


Рис. 2.23

Лінії найбільшого нахилу площини до площини проєкцій

Лінією найбільшого нахилу площини до площини проєкцій називають лінію, перпендикулярну до лінії рівня площини (рис. 2.24).

Площину можна задати лінією найбільшого нахилу, якщо в умові задачі обумовлено, до якої площини проєкцій її проведено.

За допомогою лінії найбільшого нахилу можна визначити кут нахилу площини до площини проєкцій (кут α на рис. 2.24).

На рис. 2.25 показано розв'язання такої задачі на комплексному рисунку. Тут B_2 — лінія найбільшого нахилу площини $\Sigma(\Delta ABC)$ до площини Π_1 , а кут α її нахилу до Π_1 є кутом нахилу площини $\Sigma(\Delta ABC)$ до площини Π_1 .

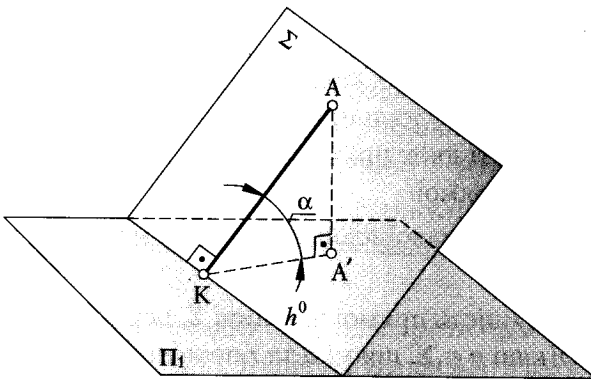


Рис. 2.24

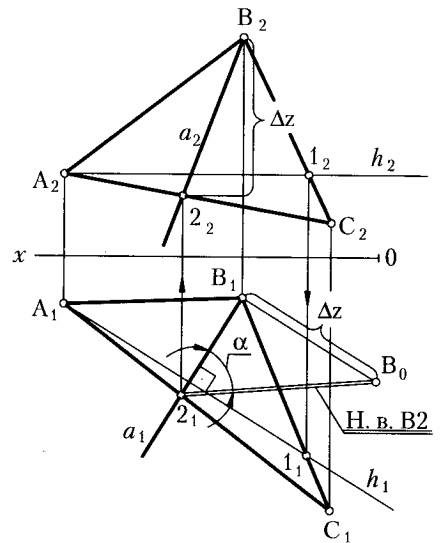


Рис. 2.25

2.2. Способи перетворення комплексного рисунка

За двома проекціями геометричного образу визначають його форму та положення в просторі. Однак розв'язання позиційних та метричних задач ускладнюється, якщо образ займає *загальне положення* відносно площин проєкцій. Для спрощення розв'язання задач потрібні додаткові проєкції, що відображають образ в *окремих положеннях*.

Побудову нових додаткових проєкцій за заданими проєкціями образу називають *перетворенням комплексного рисунка*. Таке перетворення можна здійснити: заміною даної системи площин проєкцій новою системою; переміщенням геометричного образу в просторі; зміною напрямку проєкціювання.

Розглянемо деякі способи перетворення проєкцій образу.

2.2.1. Спосіб заміни площин проєкцій

Особливістю способу заміни площин проєкцій є перехід від заданої системи площин проєкцій, в якій відображено образ, до нової системи двох взаємно перпендикулярних площин проєкцій. Положення самого образу в просторі залишається незмінним. Для виконання такого переходу одну із заданих площин проєкцій замінюють проєкціувальною площиною до другої площини проєкцій. Зокрема, на рис. 2.26, *а* і *б* показано перехід від системи площин проєкцій $\Pi_1 \perp \Pi_2$ до системи $\Pi_1 \perp \Pi_4$ заміною площини Π_2 іншою горизонтально-проєкціувальною площиною Π_4 . На комплексному рисунку таку площину задають на площині Π_1 слідом-проєкцією x_1 , а перехід можна записати виразом

$$x \frac{\Pi_1}{\Pi_2} \rightarrow x_1 \frac{\Pi_1}{\Pi_4}.$$

Обидві системи абсолютно рівноправні.

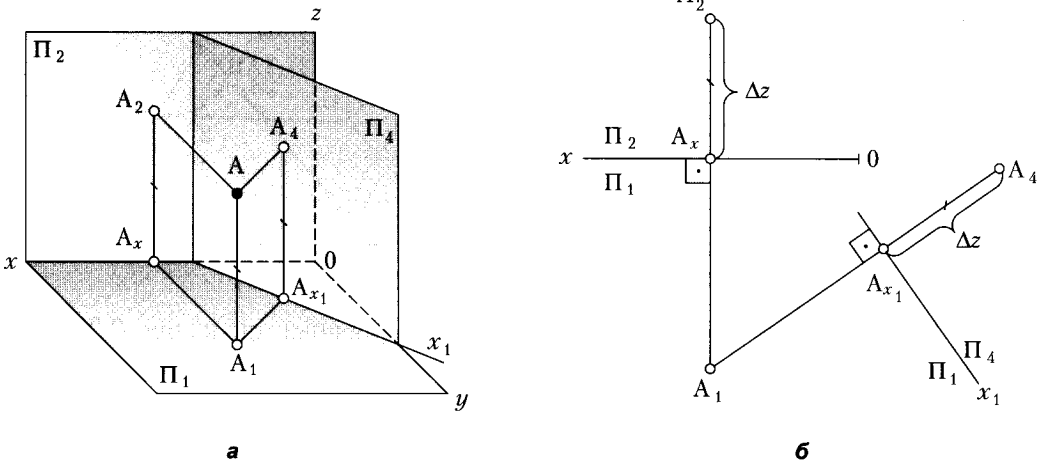


Рис. 2.26

Обидві площини Π_2 та Π_4 горизонтально-проекціювальні, внаслідок чого координати проєкцій точки A на ці площини, що фіксують відстані від площини Π_1 , однакові ($|A_x A_2| = |AA_1| = |A_4 A_{x_1}|$).

Побудова на комплексному рисунку (див. рис. 2.26, б) проєкції точки A в новій системі площин проєкцій полягає у виконанні таких дій:

- заданні нової площини проєкцій, перпендикулярної до однієї із заданих, її слідом-проєкцією (x_1);
- побудові нової проєкції точки (A_4), відстань якої від нової осі $|A_4 A_{x_1}|$ дорівнює відстані від замінюваної проєкції до замінюваної осі $|A_2 A_x|$.

Перетворення, які потрібно виконувати в ході розв'язування метричних і позиційних задач нарисної геометрії, побудовані на елементарних модулях. Розглянемо ці модулі.

Модуль 1. Перетворити пряму загального положення на пряму, паралельну до площини проєкцій.

Реалізацію цього модуля та схему її виконання показано на рис. 2.27. Спроекціювавши пряму AB на паралельну до неї площину Π_4 , отримаємо натуральну величину відрізка прямої та кут її нахилу до площини Π_1 .

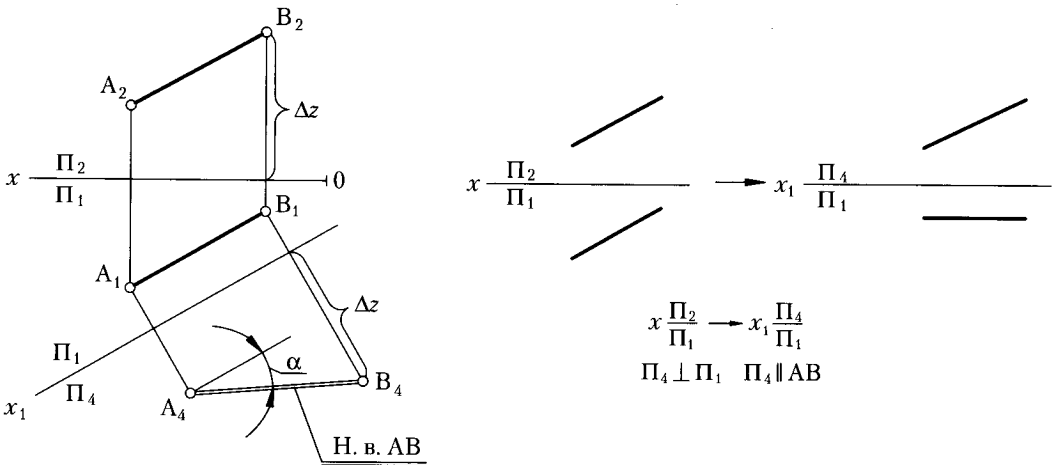


Рис. 2.27

Модуль 2. Перетворити пряму, паралельну до площини проєкцій, на проєкціювальну.

Реалізацію цього модуля разом зі схемою її виконання показано на рис. 2.28. Нову площину Π_4 будують перпендикулярно до відрізка CD .

Модуль 1+2. Перетворити пряму загального положення на проєкціювальну. Цей модуль складається з двох попередніх модулів, які виконуються послідовно.

За схемою модуля 1+2 розв'язують задачі визначення відстаней: від точки до прямої, між двома паралельними прямими, найкоротшої між двома мимобіжними прямими; визначення натуральної величини двогранного кута.

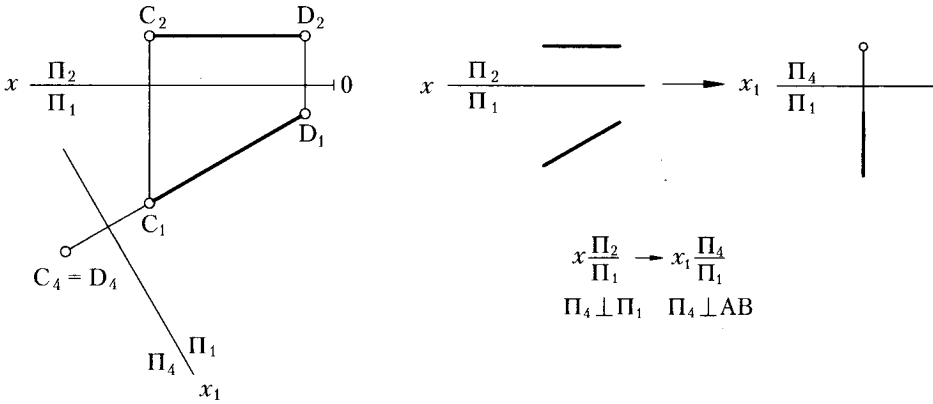


Рис. 2.28

На рис. 2.29 визначено відстань $|KN|$ між двома мимобіжними прямими AB та CD за схемою модуля 1+2 та побудовано проєкції найближчих точок K, N .

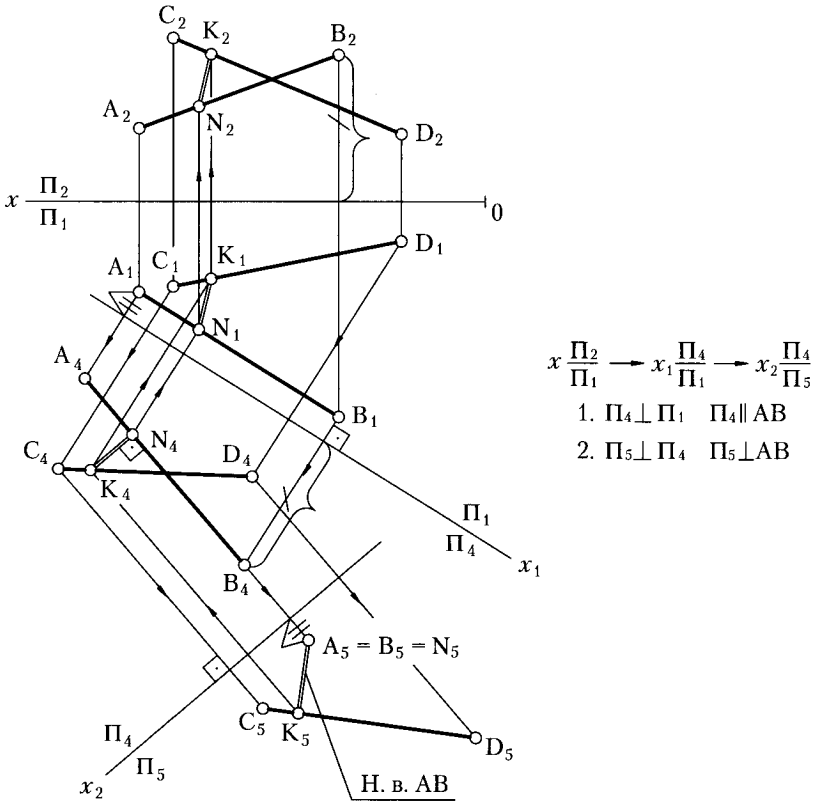


Рис. 2.29

Першим перетворенням (модуль 1) пряму АВ спроекційовано в пряму, паралельну до площини Π_4 , другим — у проекціювальну до площини Π_5 . Довжина відрізка НК перпендикуляра, опущеного з проекції $A_5 \equiv B_5$ прямої АВ на проекцію C_5D_5 прямої CD, дорівнює найкоротшій відстані між прямими АВ та CD.

Модуль 3. Перетворити площину загального положення на проекціювальну.

Схему цього модуля та його реалізацію на комплексному рисунку показано на рис. 2.30. Щоб площина $\Sigma(\Delta ABC)$ перетворилась на проекціювальну $\Sigma(\Sigma_4)$ відносно нової площини Π_4 , площину Π_4 потрібно побудувати перпендикулярно до горизонталей площини Σ . На Π_4 отримуємо слід-проекцію Σ_4 площини Σ та проекцію у натуральну величину кута α її нахилу до горизонтальної площини проєкцій.

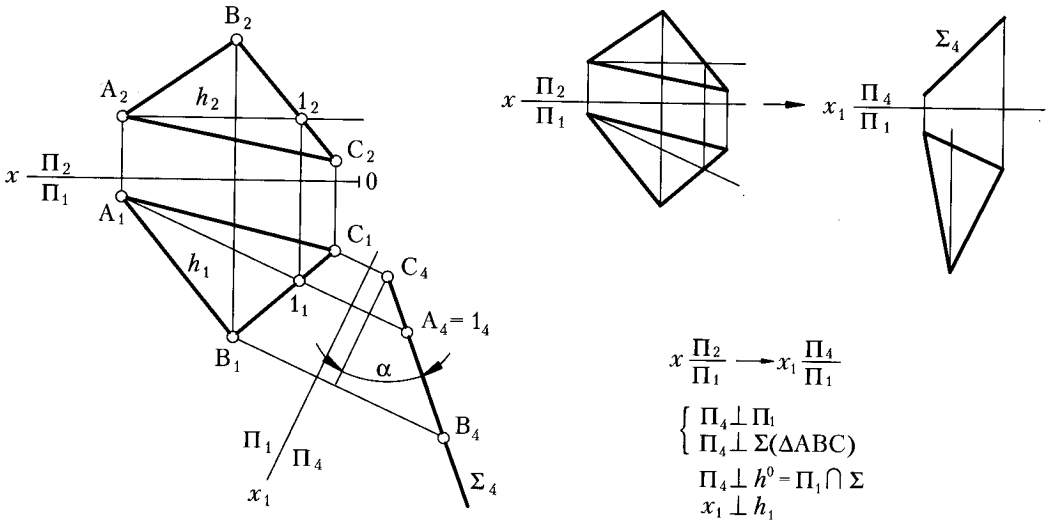


Рис. 2.30

За допомогою цього модуля розв'язують такі задачі:

- побудова відстаней між точкою та площиною, двома паралельними площинами;
- позиційні задачі знаходження перетину прямої та площини, двох площин.

На рис. 2.31 проілюстровано знаходження відстані МК від точки М до площини $\Sigma(a \parallel b)$. Відрізок МК паралельний до площини Π_4 .

Модуль 4. Перетворити проекціювальну площину на площину рівня.

Схему реалізації цього модуля та її виконання показано на рис. 2.32. Нову площину Π_4 будують паралельно до заданої $\Sigma(\Sigma_1)$. На площині Π_4 отримано натуральну величину трикутного відсіку АВС.

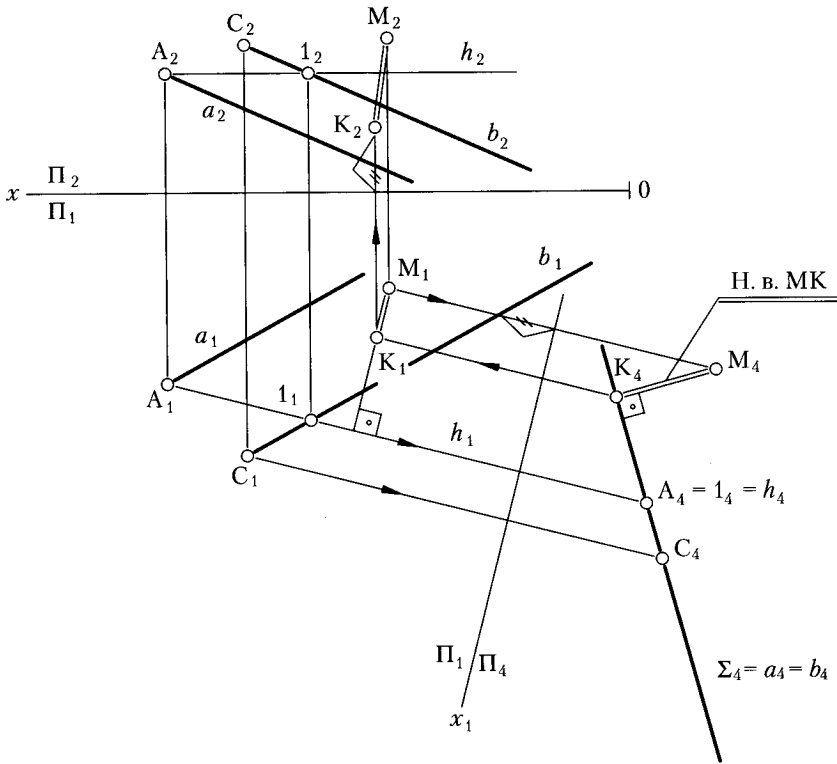


Рис. 2.31

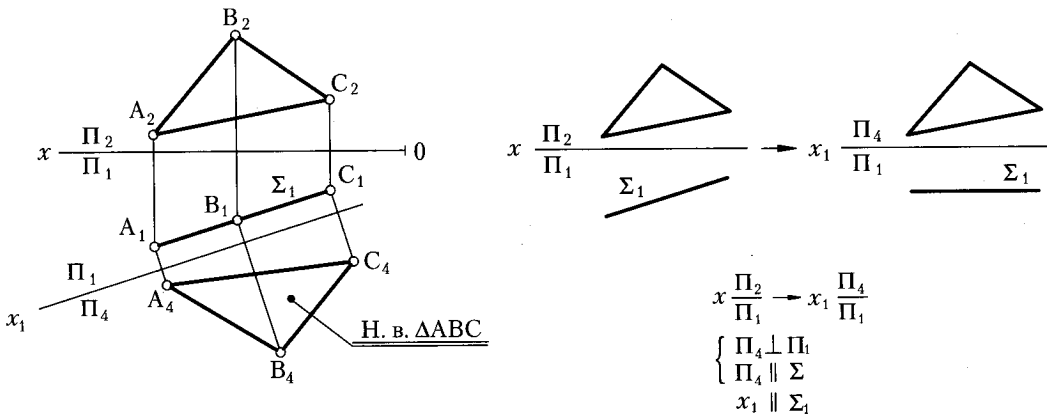


Рис. 2.32

Модуль 3+4. Перетворити площину загального положення на площину рівня. Цей модуль складається з двох попередніх модулів, які виконуються послідовно.

За схемою модуля 3+4 розв'язують задачі планіметрії. На рис. 2.33 показано знаходження центра K кола, описаного навколо трикутника ABC .

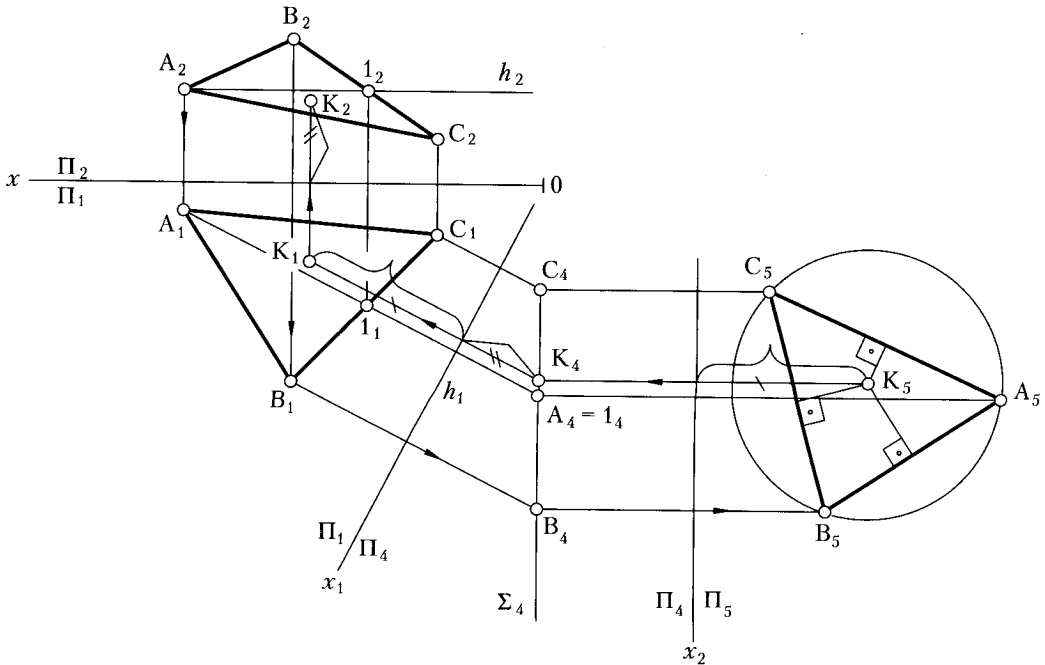


Рис. 2.33

2.2.2. Спосіб плоскопаралельного переміщення

Особливістю способу плоскопаралельного переміщення є перенесення образів із загального положення в окреме в разі зафіксованої системи площин проєкцій. Побудови на комплексному рисунку базуються на такій властивості: *якщо точки будь-якого об'єкта переміщуються у паралельних площинах, то проєкція цього об'єкта на таку площину та кут нахилу об'єкта до неї не змінюються.*

На рис. 2.34 точки прямої AB переміщуються в площинах, паралельних до Π_1 . Горизонтальна проєкція прямої AB та кут α її нахилу до площини Π_1 залишаються незмінними. Фронтальні проєкції точок прямої переміщуються по слідах-проєкціях паралельних площин. Наприклад, точка A переміщується у площині Σ , фронтальна проєкція точки A_2 — по сліду-проєкції Σ_2 .

На комплексному рисунку можна, наприклад, змінити положення горизонтальної проєкції, а за лініями зв'язку та слідами-проєкціями площин, у яких рухаються точки образу, побудувати фронтальну проєкцію.

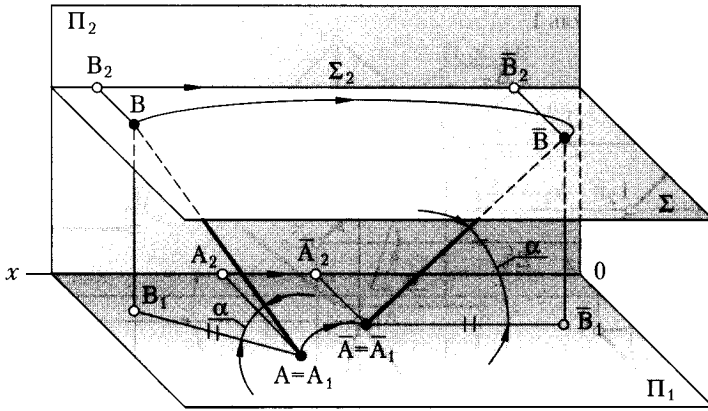


Рис. 2.34

Методом плоскопаралельного переміщення розв'язують такі самі задачі, як і методом заміни площин проекцій.

На рис. 2.35 реалізовано модуль 1+2 (перетворення прямої загального положення на проекціювальну). Реалізацію модуля 1 (отримання прямої, паралельної до площини проекцій Π_2) здійснено переміщенням відносно площини Π_1 , а реалізацію модуля 2 (перетворення прямої, паралельної до площини Π_2 на горизонтально-проекціювальну пряму) — переміщенням прямої щодо площини Π_2 .

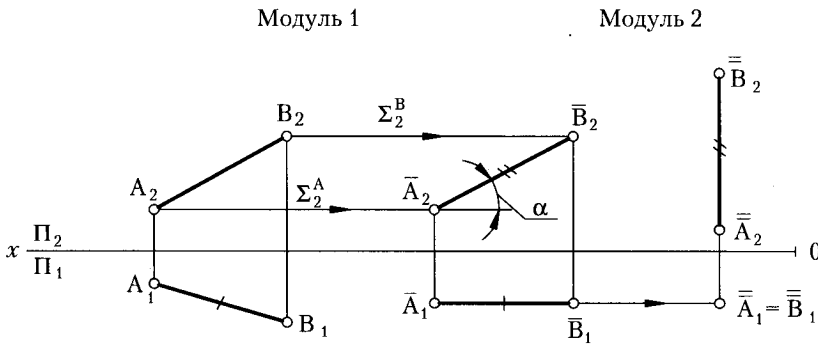


Рис. 2.35

Реалізацію модуля 3+4 (перетворення площини загального положення на площину рівня) показано на рис. 2.36. Площини, відносно яких виконано переміщення, було вибрано в тій самій послідовності, що й у попередньому випадку. На рис. 2.36 визначено натуральну величину трикутного відсіку площини $\Delta(\Delta ABC)$.

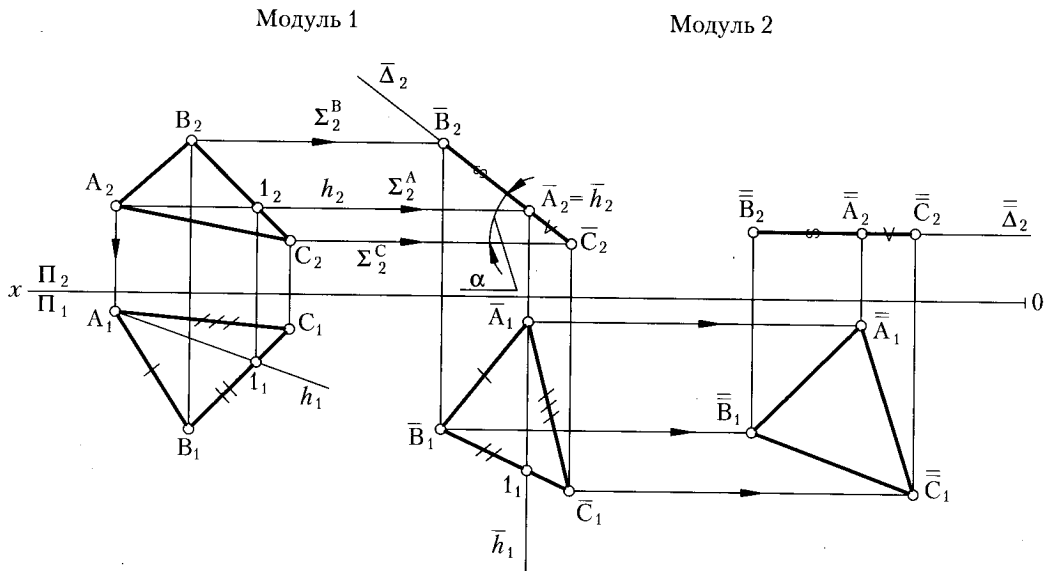


Рис. 2.36

2.2.3. Обертання навколо осей, перпендикулярних або паралельних до площин проєкцій

Обертання навколо осей, перпендикулярних до площин проєкцій є окремим випадком плоскопаралельного переміщення. За такого обертання кожна точка образу рухається у площині, паралельній до площини проєкцій. На рис. 2.37 проілюстровано розв'язання на комплексному рисунку задачі модуля 1 (перетворення прямої загального положення на пряму, паралельну до площини проєкцій) обертанням навколо осі i , перпендикулярної до Π_1 . Кожна точка прямої АВ рухається по колу, площина якого паралельна до площини Π_1 . Радіус кола дорівнює відрізку горизонтальної проєкції прямої від осі обертання i до проєкції відповідної точки. На рис. 2.37 показано обертання точки А, яка рухається у площині $\Sigma^A(\Sigma_2^A)$.

Перетворенням проєкцій *способом обертання навколо осей, паралельних до площини проєкцій*, користуються для визначення натуральної величини відріку площини або для обертання образу відріку на якийсь кут.

На рис. 2.38 наведено схему визначення натуральної величини трикутного відріку АВС, що займає відносно площин проєкцій загальне положення, способом обертання навколо його горизонталі — сторони ВС. Щоб площина відріку зайняла у просторі положення, паралельне до площини Π_1 , потрібно повернути точку А навколо нерухомої осі — горизонталі ВС таким чином, щоб відстань від точки А до горизонталі — радіус обертання R^A точки А було спроєкційовано на Π_1 у натуральну величину (O_1A). Нове положення точки А разом із горизонталлю визначає площину суміщення $\Sigma(\bar{A}, h)$. Точка А обертається у площині обертання $\Delta(\Delta_1)$. Перетин площини Δ з віссю обертання $h = i$ задає центр обертання О точки А.

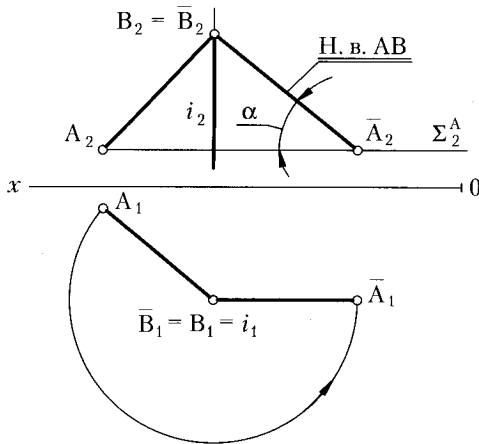


Рис. 2.37

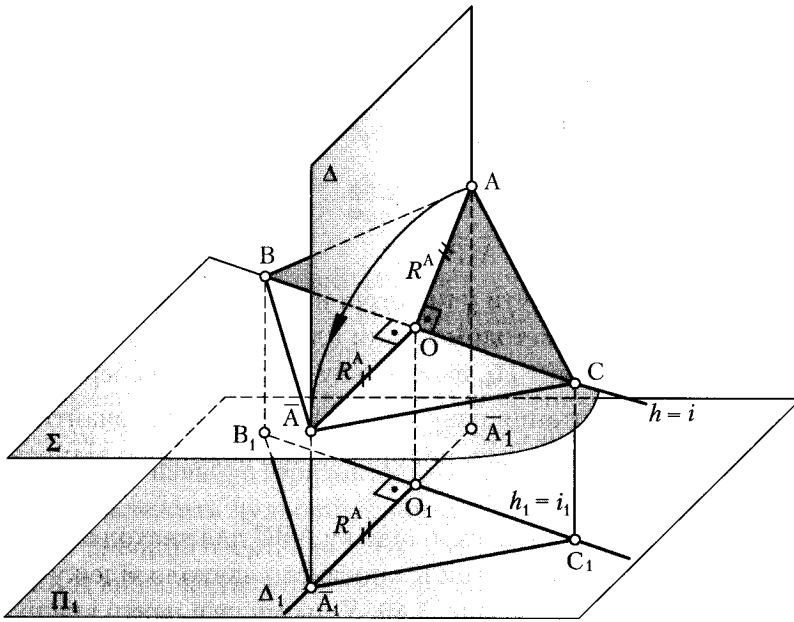


Рис. 2.38

Для побудови натуральної величини такого відсіку на комплексному рисунку (рис. 2.39) потрібно:

- задати вісь обертання $h = i$;
- побудувати площину обертання точки A : $\Delta(\Delta_1) \perp h$;
- визначити центр обертання O точки A : $O = \Delta \cap h$;
- знайти натуральну величину радіуса обертання точки A : R^A ;

- відкласти вздовж сліду площини обертання Δ від проекції O_1 центра обертання натуральну величину радіуса обертання R^A точки A ;
- з'єднати отриману точку \bar{A}_1 з нерухомими точками \bar{B}_1, \bar{C}_1 .

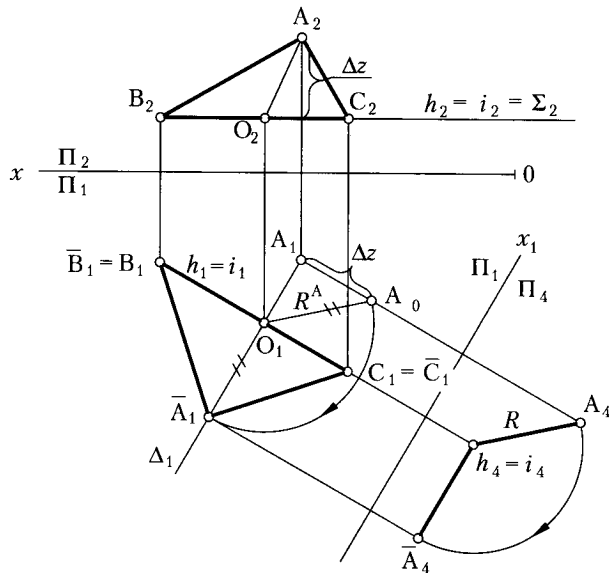


Рис. 2.39

Отримаємо шуканий трикутник $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$.

Якщо відсік необхідно повернути у просторі навколо горизонталі на будь-який кут, то можна скористатися методом заміни площин проекцій, спроекціювавши коло руху точки A на площину Π_4 , паралельну до площини обертання $\Delta(\Delta_1)$.

За допомогою методу обертання навколо лінії рівня можна знайти натуральну величину відсіку довільної форми, використавши зовнішню відносно контуру відсіку горизонталь або фронталь.

Використання зовнішньої горизонталі відсіку ABC для знаходження його натуральної величини та проекції центру K описаного навколо відсіку кола на комплексному рисунку показано на рис. 2.40. У цьому разі центр і радіус обертання знаходять лише для однієї точки A . Відповідність між будь-якими точками площини суміщення з відсіком $\bar{A}_1\bar{B}_1\bar{C}_1$ та горизонтальною проекцією площини відсіку встановлюють за допомогою слідів-проекцій площин обертання відповідних точок (на рис. 2.40 — $\Delta_1^A, \Delta_1^K, \Delta_1^B, \Delta_1^C$), що дає змогу знайти на проекціях точку, відповідну будь-якій точці площини суміщення (наприклад, точці K).

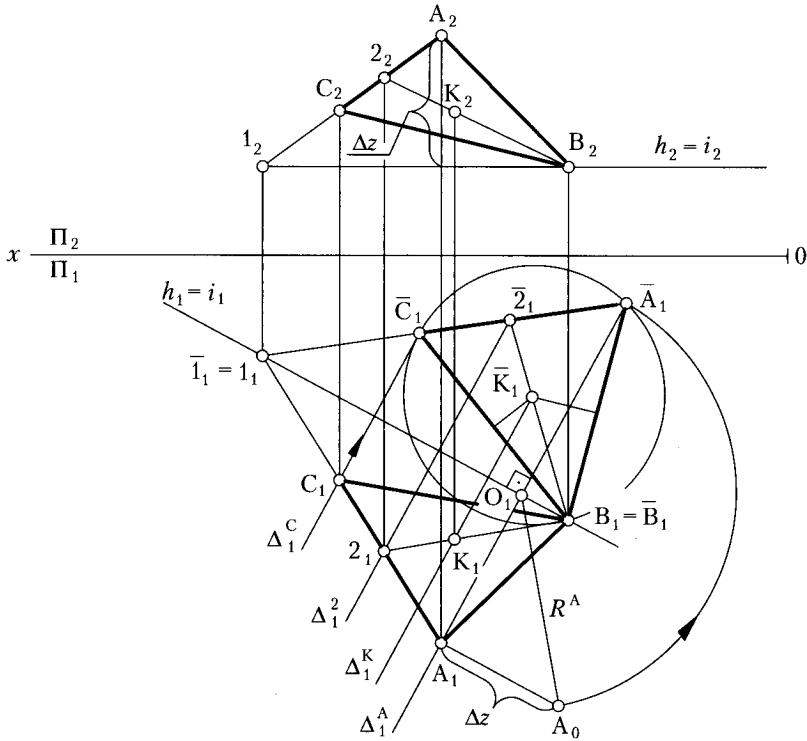


Рис. 2.40

Метод суміщення — це окремий випадок методу обертання навколо осей, паралельних до площини проєкцій, коли вісь обертання — нульова лінія рівня, а площина суміщення — площина проєкцій.

На рис. 2.41 показано визначення кута φ між слідами площини на комплексному рисунку методом суміщення. Для визначення кута φ обертаємо фронтальний слід f^0 площини $\Sigma(h^0 \cap f^0)$ навколо горизонтального сліду h^0 до суміщення з площиною Π_1 . Точка A , що належить нульовій фронталі f^0 , обертається навколо нульової горизонталі h^0 у площині обертання $\Delta^A(\Delta_1^A)$. Нове положення горизонтальної проєкції \bar{A}_1 точки A визначається перетином сліду-проєкції Δ_1^A та колом із центром у точці збігу слідів Σ_x і радіусом, що дорівнює натуральній величині відрізка нульової фронталі від точки A до Σ_x .

На рис. 2.42 проілюстровано розв'язання оберненої задачі — визначення проєкцій контуру трикутного відсіку за заданим контуром та розміщенням у площині Σ . Проєкції точок трикутника знайдені з умови їх належності площині за допомогою її горизонталей.

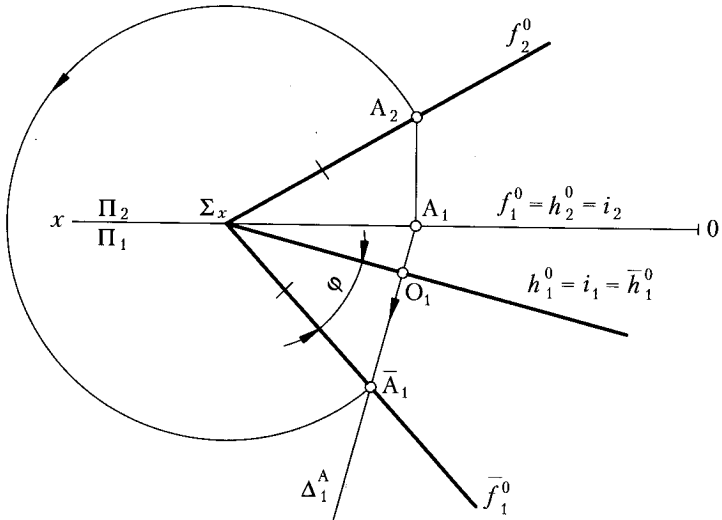


Рис. 2.41

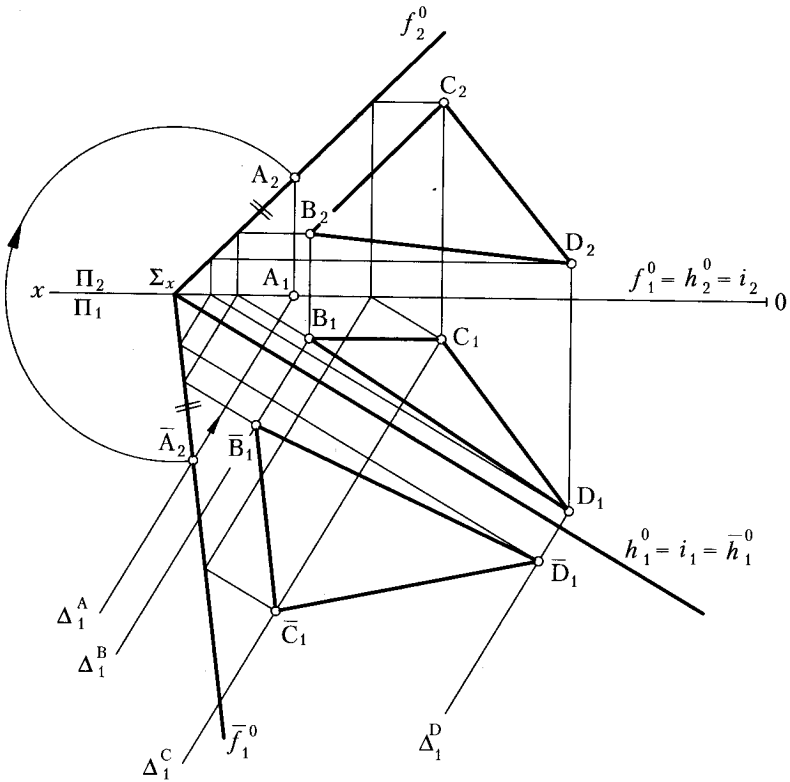


Рис. 2.42

2.2.4. Спосіб доповняльних кутів

Положення площини у просторі можна визначити за допомогою її нормалі. На цій властивості ґрунтується спосіб доповняльних кутів. Розглянемо дві задачі.

Задача 1. Визначити кут ϕ між прямою a та площиною Σ (рис. 2.43).

Якщо з довільної точки A прямої a провести перпендикуляр r до площини Σ , то кут ϕ можна визначити як такий, що доповнює до 90° кут ψ між прямою a та перпендикуляром r . Якщо отриманий кут $\psi' > 90^\circ$,

то шуканий кут дорівнює $\psi' - 90^\circ$. Розв'язати таку задачу на комплексному рисунку можна будь-яким методом знаходження натуральної величини відсіку площини, наприклад методом обертання навколо лінії рівня — горизонталі площини $\Theta(a \cap r)$ (на рис. 2.44 — $\phi = a \wedge \Sigma(h^0 \cap f^0)$).

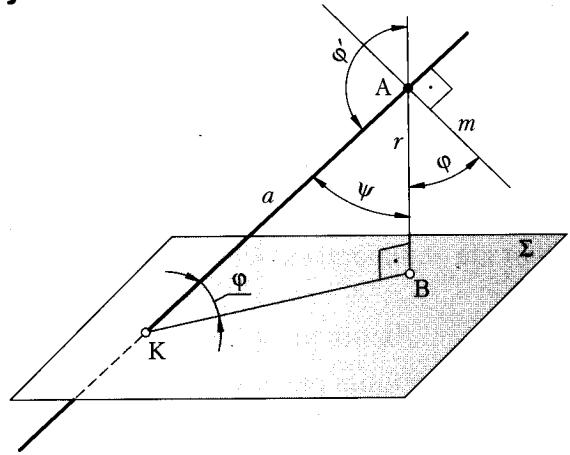


Рис. 2.43

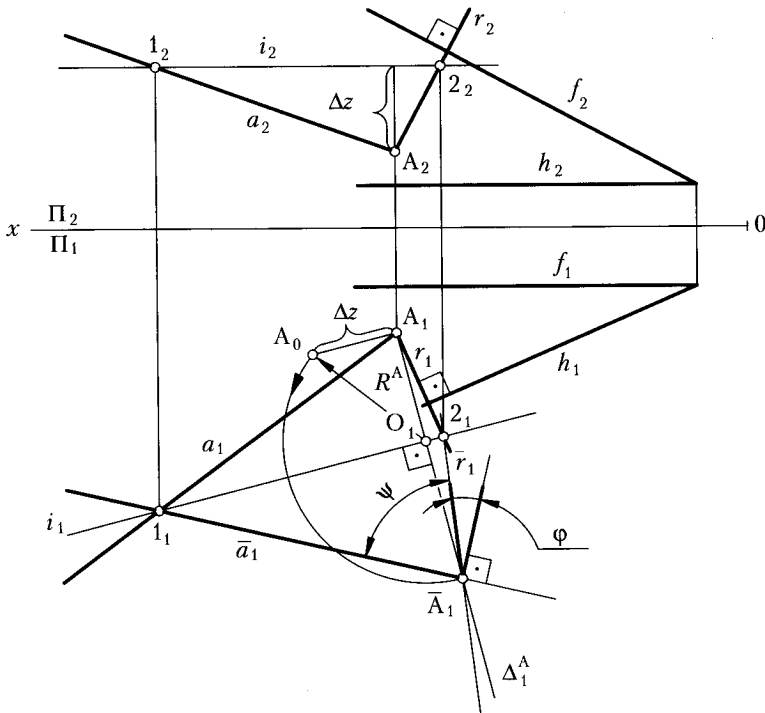


Рис. 2.44

Задача 2. Визначити кут φ між площинами Σ та Γ (рис. 2.45).

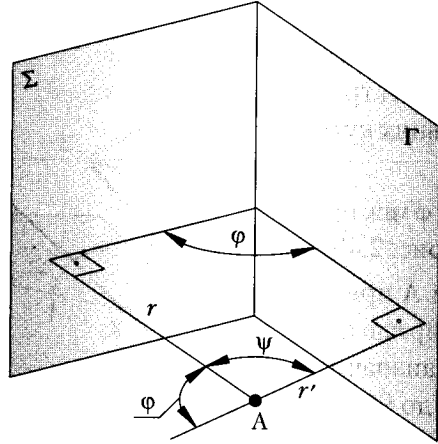


Рис. 2.45

Якщо з довільної точки A пров'ести перпендикуляри r та r' відповідно до площин Σ та Γ , то у площині, яку утворюють перпендикуляри, кут φ буде дорівнювати $180^\circ - \psi$, де ψ – кут між перпендикулярами r та r' . На комплексному рисунку (рис. 2.46) визначено кут φ між площинами $\Sigma(h^0 \cap f^0)$ та $\Gamma(h' \cap f')$ за допомогою обертання площини $\Theta(r \cap r')$, яку утворюють перпендикуляри, навколо фронталі.

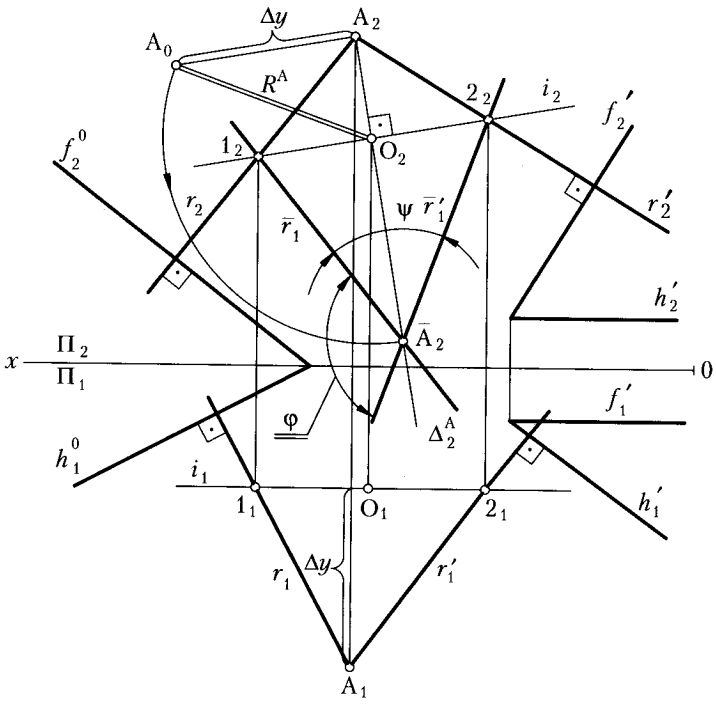


Рис. 2.46

Запитання для самоперевірки

1. Як можна розв'язати задачу перетину двох площин, прямої та площини?
2. За яких умов прямий кут проєкціюється у натуральну величину на площину проєкцій?
3. На якому правилі ґрунтується теорія перпендикулярності в ортогональних проєкціях?
4. Як визначити натуральну величину відстані від точки до площини, від точки до прямої?
5. Як перевірити перпендикулярність двох площин, двох прямих?
6. Як визначити лінію найбільшого нахилу площини до площини проєкцій?
7. Назвіть мету перетворення комплексного рисунка.
8. Які основні модулі способу заміни площин проєкцій? Плоскопаралельного переміщення?
9. Як знайти натуральну величину трикутного відсіку площини обертанням навколо лінії рівня?
10. Які задачі спрощуються у разі розв'язування за допомогою доповняльних кутів?

Розділ 3

Моделювання кривих ліній та поверхонь

- ◆ Криві лінії
- ◆ Поверхні
- ◆ Розгортки поверхонь

3.1. Криві лінії

3.1.1. Загальні відомості

Криві лінії широко застосовують у різних галузях техніки.

У нарисній геометрії *криву лінію* (*криву*) прийнято розглядати як траєкторію руху точки. Така лінія *неперервна*. Крива лінія може бути межею поверхні виробу чи лінією перетину двох поверхонь, а також бути графіком якогось експерименту тощо.

Криву називають *плоскою*, якщо всі її точки належать одній площині. Криву, точки якої не належать одній площині, називають *просторовою*. Коло та гвинтова лінія є відповідно прикладами плоскої та просторової кривих ліній.

Напрямок руху точки у кожному положенні можна визначити *дотичною прямою* (*дотичною*) t у даній точці M кривої лінії m . Зі змінням положення дотичної змінюються *локальні характеристики кривої*, тобто її характеристики на нескінченно малій ділянці околу точку кривої. Локальні властивості кривих вивчає диференціальна геометрія. Наближено деякі з таких характеристик можна визначити графічно.

Дотична t до кривої m у точці M займає *граничне* положення січної MN , коли точка N уздовж кривої m наближається до точки M . *Нормаль* n до кривої m у точці M належить площині кривої та перпендикулярна до дотичної t (рис. 3.1).

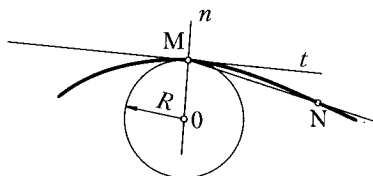


Рис. 3.1

Криву називають *гладкою (регулярною)*, якщо у кожній її точці існує тільки одна дотична. Швидкість змінення кута суміжності між двома положеннями дотичних в околі точки M кривої m характеризує кривину K кривої m у точці M . Кривину K кривої вимірюють радіусом R кола кривини, проведеного через точку M та дві нескінченно близькі до нього точки. Кривина K є величиною, оберненою до радіуса R .

Криву називають *закономірною*, якщо вона формується за певним законом, і *незакономірною*, якщо вона формується емпірично.

Закономірні криві лінії можна задавати креслеником і аналітично — рівнянням, а незакономірні — лише креслеником.

Закономірні криві лінії поділяють на алгебричні, задані в декартових координатах алгебричними рівняннями, та трансцендентні, задані неалгебричними рівняннями.

Порядком алгебричної кривої називають степінь її рівняння.

Геометрично порядок плоскої алгебричної кривої можна задати кількістю точок її перетину з прямою, просторової кривої — кількістю точок її перетину з площиною.

Ортогональні проекції кривих є кривими того самого чи нижчого порядку.

Незакономірну криву, як правило, задають або таблицею координат її точок, або креслеником — початковою кривою.

Знаходження аналітичних залежностей, які точно чи наближено відповідають значенням функцій у точках незакономірної кривої, — одна із задач геометричного моделювання технічних процесів та виробів.

Якщо знайдена аналітична залежність точно відповідає табличним даним точок кривої, то маємо задачу *інтерполяції* функцій; якщо ж вона наближається в межах заданої точності — задачу *апроксимації* кривої.

Інтерполяція дає змогу визначити наближені значення функцій у точках, що лежать між заданими табличними. Для знаходження значень функції найчастіше використовують поліноміальні залежності. У цьому разі аналітична функція, що її використовують для інтерполяції, має вигляд

$$F(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n,$$

де a_0, a_1, \dots, a_n — коефіцієнти полінома, n — степінь полінома (ціле додатне число). Залежно від вимог моделювання використовують різну кількість членів полінома — вузлів інтерполяції, щоб забезпечити таку інтерполяцію:

- два вузли — лінійну (рис. 3.2);
- три вузли — поліномом другого степеня (квадратичною параболою) (рис. 3.3);
- чотири вузли — поліномом третього степеня (кубічною параболою).

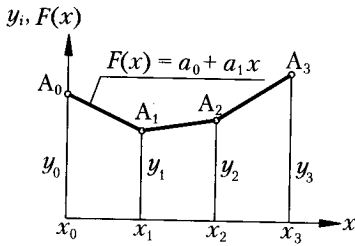


Рис. 3.2

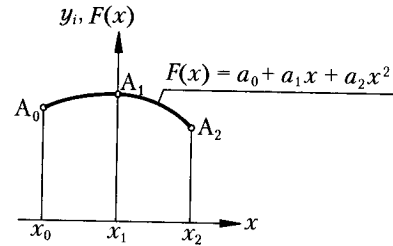


Рис. 3.3

У загальному випадку через $(n + 1)$ вузлів інтерполяції можна провести криву, яка відповідає єдиному поліному (рис. 3.4).

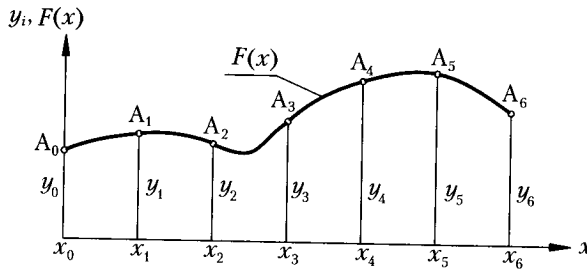


Рис. 3.4

Для інтерполяційних поліномів використовують інтерполяційні формули Лагранжа, Ньютона, Стірлінга, Бесселя, Ерміта й інші.

Одним із поширених методів обробки дискретно заданих кривих є інтерполяція кубічними сплайнами.

Сплайн-інтерполяція моделює форму пружної осі гнучкої пружної рейки, що проходить через усі вузли інтерполяції. Ділянки між вузлами відповідають графіку полінома третього степеня (кубічної параболи).

Інтерполяцію дискретних значень функції поліномами та сплайнами реалізовано в пакеті MathCAD.

Апроксимацію функцій та початкових технічних кривих широко застосовують у геометричному моделюванні виробів; вона базується на наближеній рівності табличних даних і даних, що випливають з аналітичної залежності. Процедuru апроксимації можна реалізувати безліччю способів, які залежать від виду аналітичної залежності.

Зокрема, на практиці широко використовують апроксимацію кривих методом Безьє, в основу якої покладено апроксимацію многочленами Бернштейна. Ці многочлени рівномірно сходяться до апроксимованої функції зі збільшенням кількості членів. Метод кривих Безьє широко застосовують у комп'ютерній графіці для побудови гладких довільних кривих.

У практиці літакобудування найуживанішим є спосіб кривих другого порядку, що зумовлено їх простотою та наочністю, зручністю та передбачуваністю їх формування.

Криву другого порядку, як правило, задають трьома точками (початковою, проміжною та кінцевою) та двома дотичними (у початковій і кінцевій точках), що формують п'ять геометричних умов визначення кривої другого порядку (рис. 3.5).

Дотичні у початковій (А) та кінцевій (С) точках задають точкою їх перетину В, яку називають вершиною. Точку Е називають проміжною. Її задають перетином медіани ВD трикутника АВС за допомогою спеціального коефіцієнта

$$f = \frac{DE}{DB}.$$

Коефіцієнт f називають *дискримінантом кривої другого порядку*. За ним можна визначити до якого типу кривих другого порядку належить дана крива. Наприклад, у разі $f < 0,5$ крива є частиною еліпса; $f = 0,5$ — частиною параболи; $f > 0,5$ — частиною гіперболи.

Дискримінант характеризує опуклість кривої. У літакобудуванні дискримінант стандартизовано в проміжку 0,3–0,4.

Якщо криву задано таким способом, то на кресленнику можна побудувати достатню кількість її точок або знайти рівняння кривої у вигляді

$$y = F(x) \text{ та } x = F_1(y).$$

Задані конструктором контури перерізів агрегатів апроксимують первинною кривою, замінюючи їх однією або декількома спряженими між собою кривими другого порядку (рис. 3.6). Отриманий контур називають *обводом*, а точки стику кривих — *вузлами обводу*.

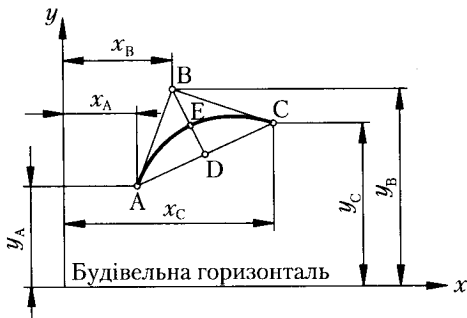


Рис. 3.5

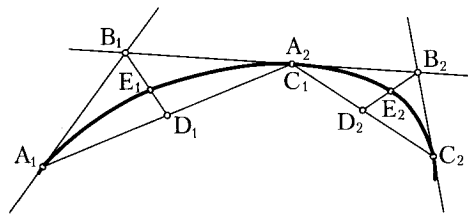


Рис. 3.6

Одержаний обвід має *гладкість першого порядку*, оскільки має спільні дотичні у вузлах обводу. Якщо у вузлах обводу криві мають однакові радіуси кривини, то такий обвід називають *обводом другого порядку гладкості*.

3.1.2. Проекціювання кола

Ортогональні проекції кривих являють собою криві того самого чи нижчого порядку.

Розглянемо проекціювання кривих на прикладі кола. Можливі три положення кола відносно площин проекцій.

1. *Коло належить площині рівня.* У такому разі на одну з площин проекцій коло проєкціюється у натуральну величину, на інші — відрізками прямої, що дорівнюють діаметру кола, на сліди-проєкції площини рівня.
2. *Коло належить проєкціювальній площині.* На одну з площин проекцій коло проєкціюється відрізком прямої, який дорівнює діаметру кола, на слід-проєкцію проєкціювальної площини, на інші — еліпсами, проєкції головних осей яких відповідають спряженим діаметрам кола. Велика вісь еліпса дорівнює діаметру, а мала — проєкції діаметра кола, що проєкціюється у натуральну величину на слід-проєкцію проєкціювальної площини (рис. 3.7).

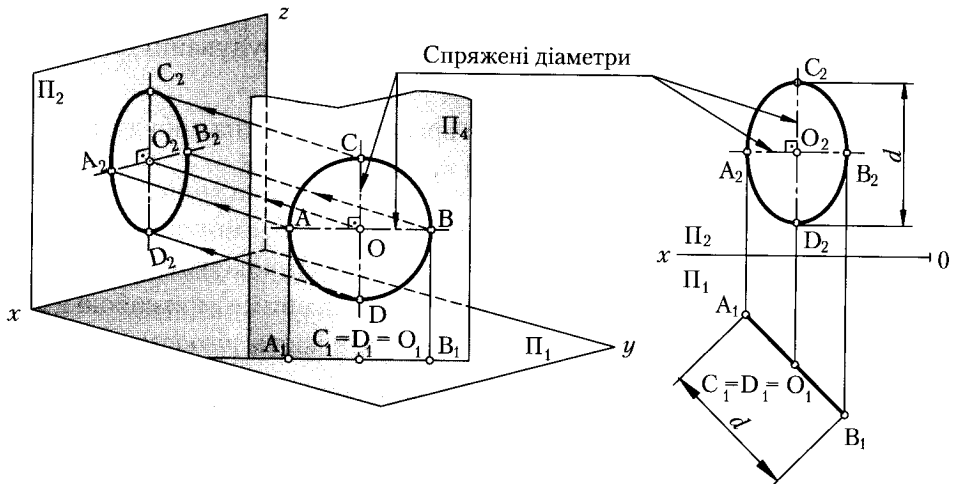


Рис. 3.7

Зауважимо, що кожену точку еліпса (проєкції кола) можна визначити з умови її належності площині кола, побудувавши будь-яким методом натуральну величину відсіку площини з колом (наприклад, замінивши площини проекцій). Така процедура потребує значних графічних побудов.

На практиці, як правило, використовують інший метод побудови еліпса за двома головними осями, що базується на афінному розтягуванні та стисканні двох кіл, діаметри яких — відповідно велика та мала осі еліпса. Таку побудову показано на рис. 3.8.

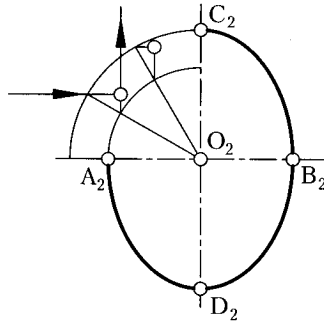


Рис. 3.8

3. Коло належить площині загального положення. Коло проєкціюється на всі площини проєкцій еліпсами, великі осі яких розташовані на лініях рівня площин, а малі — на відповідних лініях найбільшого нахилу площини загального положення. Довжина малої осі для кожної проєкції являє собою довжину проєкції відрізка, який належить площині кола та дорівнює його діаметру. Можна, наприклад, замінити площини проєкцій (див. модуль 1 або 3, підрозділ 2.2), що зводить задачу до попередньої (рис. 3.9).

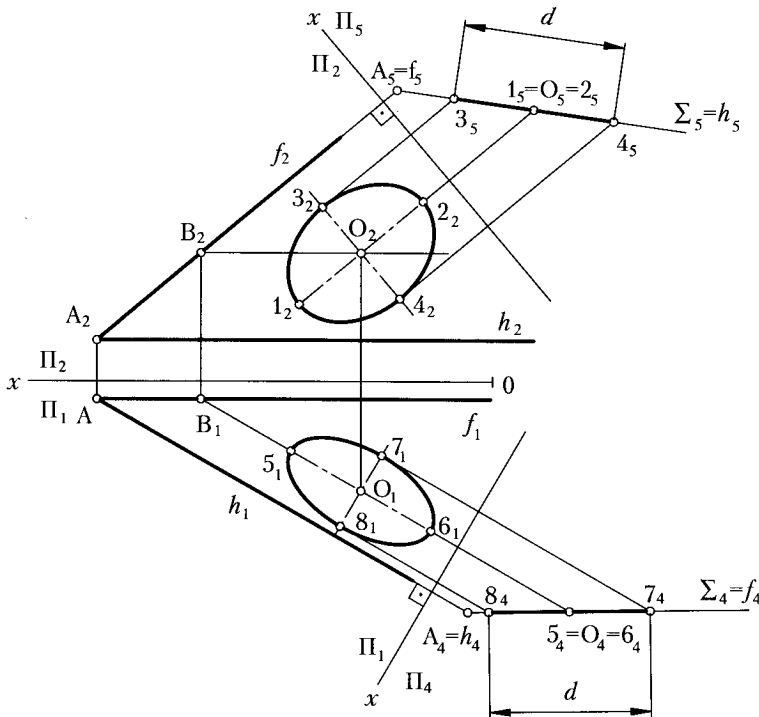


Рис. 3.9

3.2. Поверхні

Будь-який геометричний об'єкт вважають заданим на комплексному рисунку (кресленнику), якщо за таким зображенням можна визначити кожну його точку. Для деяких об'єктів достатньо задати на кресленнику якісь їх точки. Наприклад, пряму можна задати двома її точками, площину — трьома.

У нарисній геометрії, відповідно до потреб інженерної практики, поверхню задають кінематичним способом як послідовність положень *твірної лінії*, яка рухається у просторі за певним законом. Закон руху твірної можна задати *напрямними елементами*, відносним положенням твірної до напрямних елементів та функцією її змінення в будь-який момент руху. *Сукупність геометричних елементів та умов*, необхідних і достатніх для задання *поверхні*, називається її *визначником*.

Визначник кінематичної поверхні складають:

- твірна;
- напрямні елементи, які задають його геометричну частину;
- умови змінення положення та форми твірної під час руху, які задають його алгоритмічну частину.

Сукупність положень твірної складає лінійчатий каркас поверхні. Така поверхня неперервна.

На рис. 3.10 показано кінематичну поверхню Σ , утворювану рухом кривої другого порядку m вздовж напрямних n, l, i . Напрямна l не входить до складу поверхні.

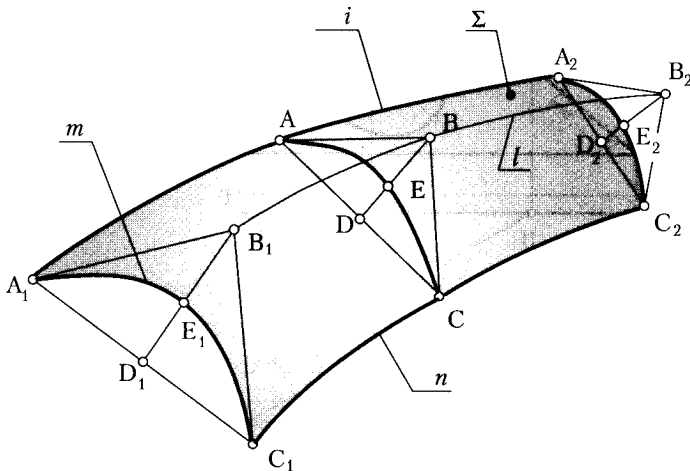


Рис. 3.10

Закон змінення твірної можна задати графіком або функцією $f = f(l)$ змінення її графічного дискримінанта $f = DE/DB$.

Умовний запис визначника складається з геометричної частини $\Sigma(n, l, i)$ й алгоритмічної частини $[m \cap n, m \cap i, f = f(l)]$.

Поверхню можна задати на комплексному рисунку проєкціями елементів її визначника.

Якщо розглядати поверхню як сукупність точок, координати яких задовольняють задане рівняння (алгебричне чи трансцендентне), то її можна задати як кресленням, так і рівнянням.

Якщо рівняння поверхні $F(x, y, z) = 0$ є алгебричним степеня n , то поверхню називають алгебричною n -го порядку. Графічно порядок такої поверхні залежить від порядку кривої її перетину з довільною площиною.

Будь-яку поверхню можна задати *каркасом*, тобто сукупністю її ліній. Наприклад, сферу можна задати сукупністю її паралелей та меридіанів. Таке задання може бути *повним*, коли лініями каркаса можна визначити кожну точку поверхні, або *неповним*, якщо точки на поверхні визначаються тільки на заданих лініях каркаса. В останньому випадку поверхню називають *топографічною* (рис. 3.11), і точки на ній поміж лініями каркаса визначаються наближено методом інтерполяції.

У наступних підрозділах розглянемо поверхні деяких видів.

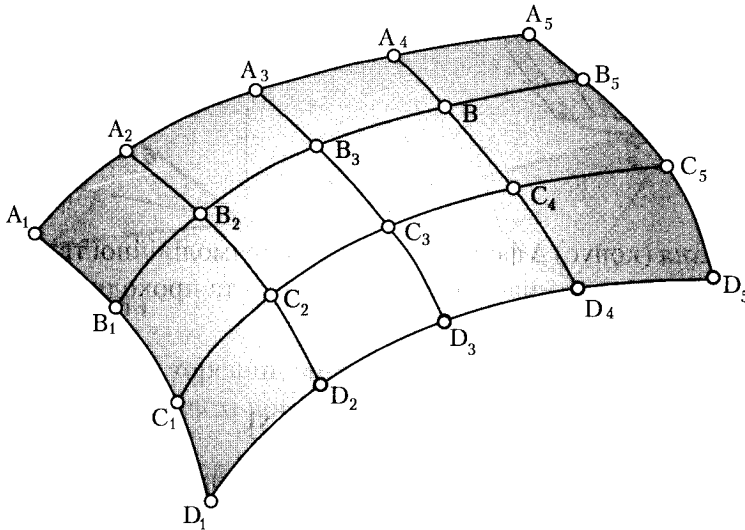


Рис. 3.11

3.2.1. Лінійчаті поверхні

Лінійчатою називають поверхню, утворену рухом прямої лінії. Такі поверхні поділяють на *розгортні* та *нерозгортні*. До *розгортних* відносять *поверхні*, які можна розгорнути на площину без розривів і складок. Суміжні твірні таких поверхонь перетинаються чи паралельні. Якщо ці твірні мимобіжні, то поверхня *нерозгортна*.

Розгортні лінійчаті поверхні

1. *Циліндрична поверхня* (циліндр) Σ формується рухом прямолінійної твірної l , яка в усіх своїх положеннях паралельна до якоїсь прямої i та перетинає задану напрямну m – криву лінію (рис. 3.12, а). Визначник такої поверхні має вигляд

$$\Sigma(m, i), [l \parallel i, l \cap m].$$

Для отримання комплексного рисунка поверхні зображують її напрямні елементи, а кожену точку можна визначити за допомогою алгоритму формування поверхні (рис. 3.12, б).

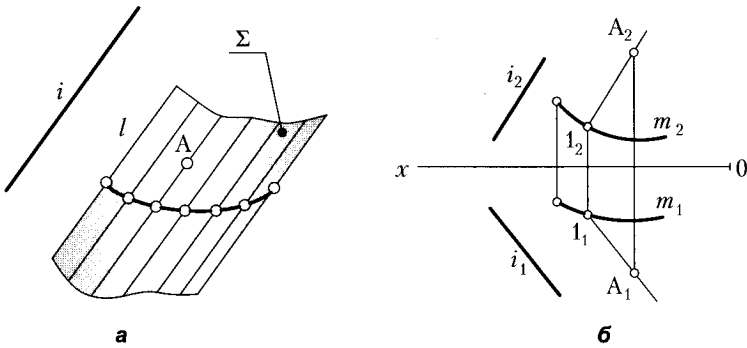


Рис. 3.12

2. *Конічна поверхня* (конус) Δ формується рухом прямолінійної твірної l , яка в усіх своїх положеннях перетинає напрямну лінію m та проходить через нерухому точку S (рис. 3.13, а).

Таку поверхню можна задати визначником

$$\Delta(m, S), [l \cap m, l \supset S].$$

На рис. 3.13, б зображено комплексний рисунок конічної поверхні та побудову проєкцій точки, яка належить цій поверхні.

Для більшої наочності креслеників поверхонь можна зображувати їх контурні твірні (рис. 3.14).

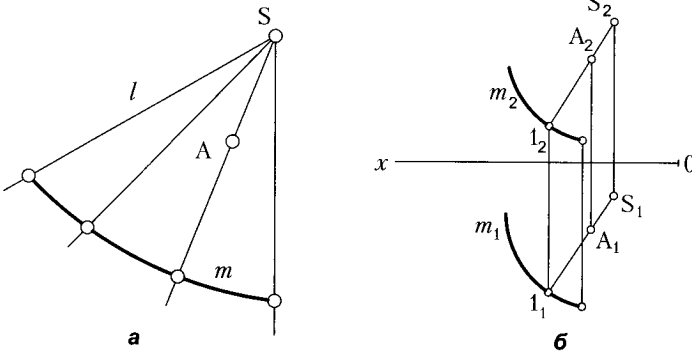


Рис. 3.13

3. Торсична поверхня (торс) Θ формується рухом прямолінійної твірної l , яка дотикається в усіх своїх положеннях якоїсь просторової кривої, що зветься *ребром звороту* (рис. 3.15). Визначник торса має вигляд

$$\Theta(m), [l \not\sim m].$$

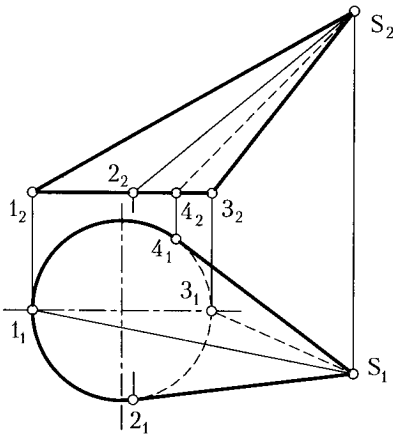


Рис. 3.14

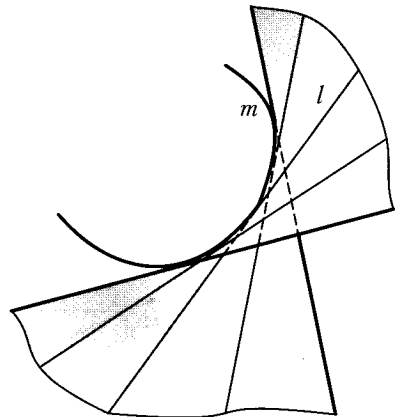


Рис. 3.15

Циліндричні, конічні та торсичні поверхні складають групу лінійчатих розгортних поверхонь. Інші лінійчаті поверхні є нерозгортними та мають назву *скісних*.

Нерозгортні лінійчаті поверхні з площиною паралелізму

Поверхня Σ з *площиною паралелізму* формується рухом прямолінійної твірної l уздовж двох напрямних ліній m та n (рис. 3.16). Твірна l у всіх своїх положеннях паралельна до сталої площини Γ — *площини паралелізму*, або *напрямної площини*.

Визначник такої поверхні має вигляд

$$\Sigma(m, n, \Gamma); [l \cap m, l \cap n, l \parallel \Gamma].$$

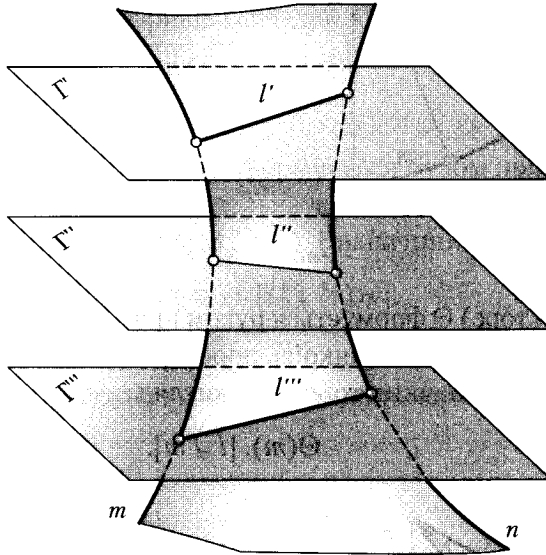


Рис. 3.16

Залежно від форми напрямних m та n виокремлюють поверхні таких видів.

1. Циліндроїд — лінійчата поверхня з площиною паралелізму та двома криволінійними напрямними. На рис. 3.17 зображено комплексний рисунок такої поверхні Σ з площиною паралелізму $\Gamma(\Gamma_2)$ та напрямними кривими m та n .

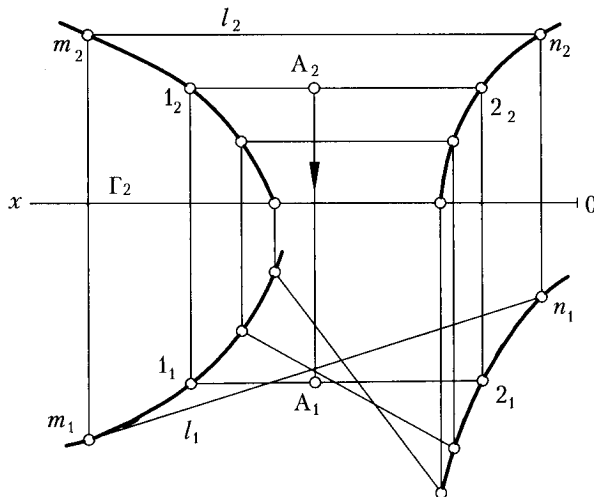


Рис. 3.17

Фронтальні проєкції твірних паралельні до сліду Γ_2 площини паралелізму Γ . Горизонтальні проєкції твірних будують з умови їх перетину з напрямними m та n .

2. *Коноїд* — лінійчата поверхня з площиною паралелізму, одна з напрямних якої пряма, а друга — крива. Коноїд можна розглядати як окремий випадок циліндроїда.

Коноїд, у якого напрямна пряма перпендикулярна до площини паралелізму, називають *прямим*.

Коноїд, у якого напрямна крива — гвинтова лінія, називають *гелікоїдом*.

На рис. 3.18 показано побудову комплексного рисунка коноїда (прямого гелікоїда) Δ з площиною паралелізму Π_1 , напрямними m — прямою лінією та n — гвинтовою лінією. Лінія m перпендикулярна до площини паралелізму Π_1 .

3. *Гіперболічний параболоїд, або «скісна площина»* — лінійчата поверхня з площиною паралелізму, обидві напрямні якої — прямі лінії.

На рис. 3.19 зображено комплексний рисунок гіперболічного параболоїда Θ , заданого площиною паралелізму Π_2 та напрямними мимобіжними прямими m і n . Поверхня формується рухом твірної l уздовж прямих m та n паралельно до площини Π_2 . Така поверхня має ще одну сім'ю твірних q , для яких площиною паралелізму є площина Γ — площина паралелізму напрямних m та n .

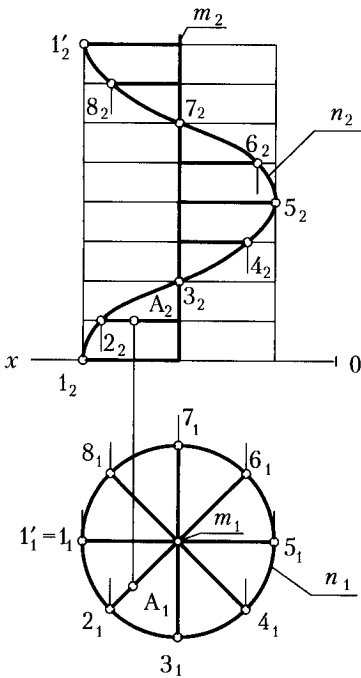


Рис. 3.18

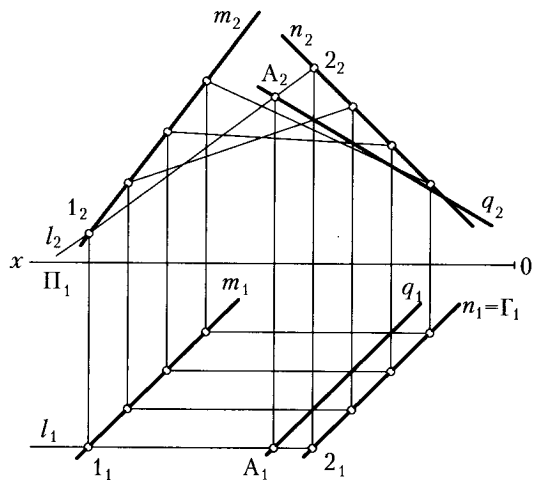


Рис. 3.19

Друга назва поверхні «скісна площина» поширена у техніці, тому що в окремому випадку, коли напрямні m та n перетинаються, твірна l відтворює площину.

Поверхня з напрямною поверхнею

Принцип формування поверхні рухом твірної, яка в усіх своїх положеннях паралельна до сталої площини, може бути поширений на побудову поверхні рухом твірної, яка в усіх своїх положеннях паралельна до відповідних твірних напрямної поверхні.

Розглянемо утворення *похилого гелікоїда* (рис. 3.20).

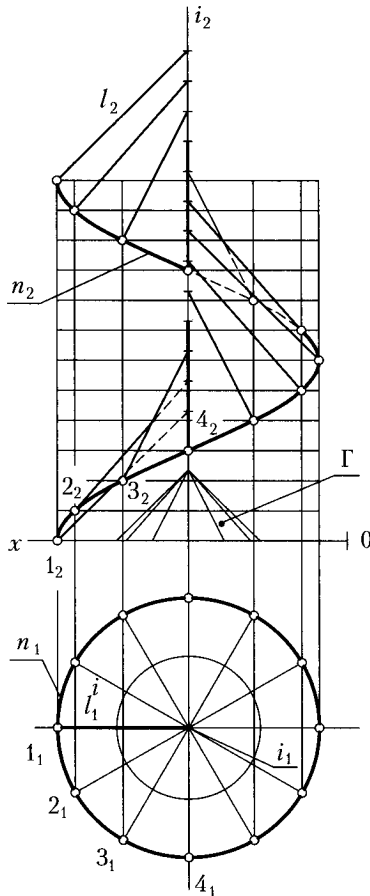


Рис. 3.20

Похилий гелікоїд Σ — лінійчата поверхня, що формується рухом прямолінійної твірної l уздовж двох напрямних — гвинтової лінії n та її осі i . Твірна l у всіх своїх положеннях паралельна до відповідних твірних напрямного конуса Γ . Визначник поверхні складається з гвинтової лінії n , осі i та напрямного конуса Γ .

3.2.2. Поверхні обертання

Поверхнею обертання називають поверхню, утворену обертанням будь-якої лінії навколо нерухомої прямої — осі поверхні. Геометричну частину визначника такої поверхні Σ задано віссю i та твірною $l - \Sigma(i, l)$, а алгоритмічна — алгоритмом обертання $[l \cup i]$.

На поверхні обертання, як правило, визначають дві сім'ї ліній:

- паралелі, що утворюють точки твірної у площинах, перпендикулярних до осі обертання;
- меридіани — лінії, утворені перетином поверхні обертання площинами, що проходять через її вісь.

Паралелі та меридіани перетинаються під прямим кутом та утворюють на поверхні неперервний сітчастий каркас.

Паралель найбільшого радіуса називають *екватором*, найменшого — *горловиною* або *полюсом* поверхні.

Площину, що проходить через вісь обертання та утворює меридіан, називають *меридіанною*. Поверхня обертання симетрична відносно будь-якої меридіанної площини.

Поверхню обертання називають *закритою*, якщо меридіан є замкненою кривою, що перетинає вісь обертання у двох точках.

Меридіан поверхні обертання — найкоротша лінія на поверхні. Він належить до так званих *геодезичних* ліній поверхні, що є аналогами прямих ліній на площині.

Якщо вісь поверхні обертання паралельна до фронтальної площини проєкцій, то меридіан у фронтальній площині називають *головним*.

На рис. 3.21 зображено комплексний рисунок поверхні обертання, головним меридіаном якої є твірна l , горловиною — паралель m . За допомогою паралелі a на поверхні визначено точку A .

Поверхні, які найчастіше використовують у техніці, наведено в табл. 3.1.

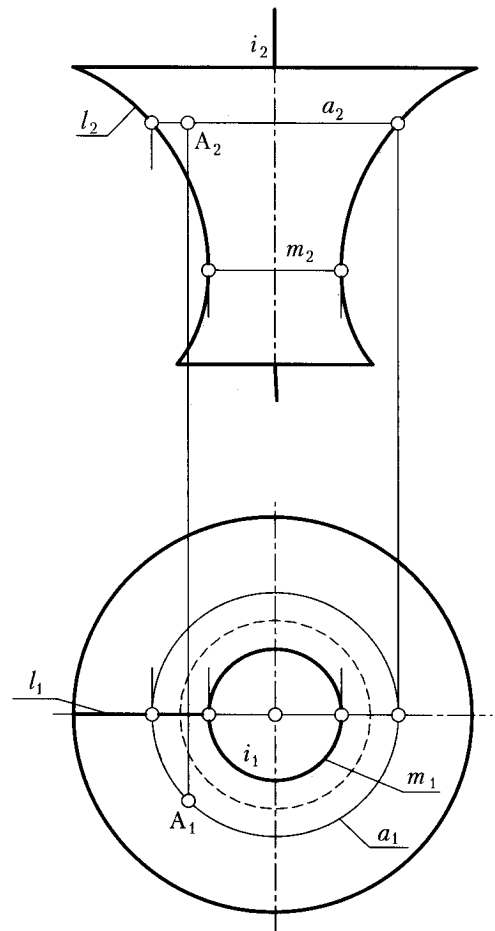
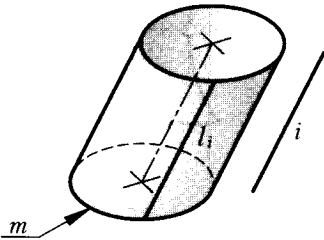
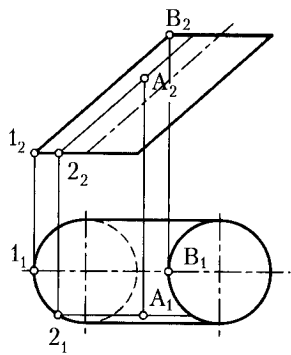
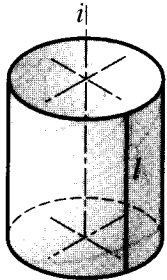
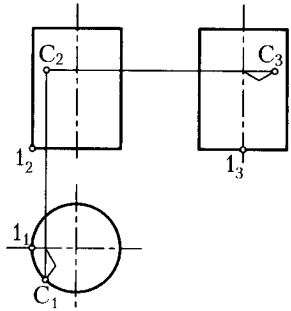
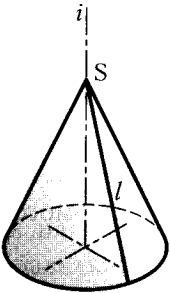
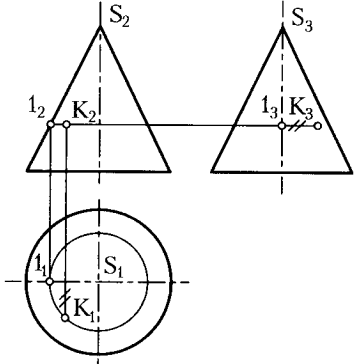


Рис. 3.21

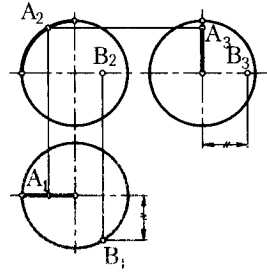
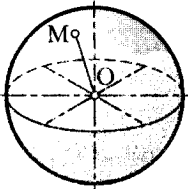
Таблиця 3.1. Поверхні, що їх найчастіше використовують у техніці

Назва та наочне зображення. Визначник поверхні	Зображення обрису поверхні. Побудова точок на поверхні
<p>Еліптичний циліндр (нормальний переріз – еліпс) $\Theta(m, i)$ $[l \cap m, l \parallel i]$</p> 	
<p>Циліндр обертання $\Sigma(l, i); [l \cup i, l \parallel i]$, i – вісь обертання</p> 	
<p>Конус обертання $\Delta(l, i), [l \cup i, l \cap i]$, i – вісь обертання</p> 	

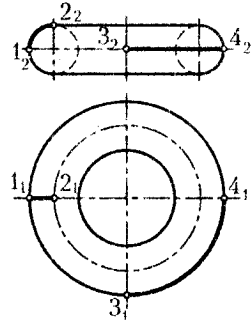
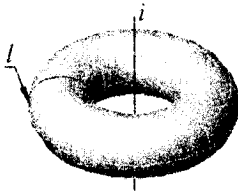
Назва та наочне зображення.
Визначник поверхні

Зображення обрису поверхні.
Побудова точок на поверхні

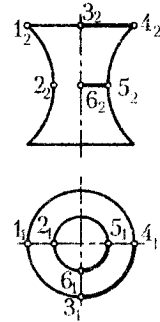
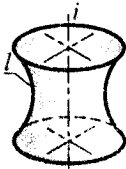
Сфера
 $\Theta(M, O, R); OM = R$



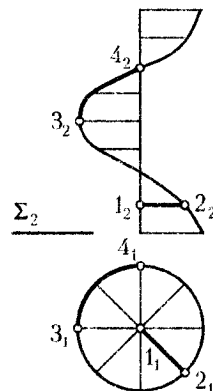
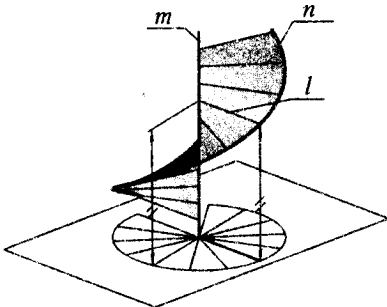
Тор
 $\Delta(l, i); [l \cup i]$
 i – вісь обертання, l – коло



Гіперboloїд однопорожнинний
 $\Sigma(l, i); [l \cup i]$
 i – вісь обертання, l – гіпербола



Конoїд
 $\Theta(l, m, n, \Sigma); [l \cap m, l \cap n, l \parallel \Sigma]$



3.3. Розгортки поверхонь

У ході виготовлення виробів з листового матеріалу необхідною технологічною операцією є розгортка поверхні виробу.

Розгорткою поверхні називають плоску фігуру, яку отримують після суміщення поверхні з площиною.

Сумістити з площиною без розривів і складок можна тільки розгортні поверхні: циліндр, конус, торс. Нерозгортні поверхні можна розгорнути на площину лише наближено, тобто одержати наближену «викрійку» такої поверхні.

Розгортка поверхні має такі основні властивості.

- Кожній точці розгортки відповідає єдина точка поверхні.
- Довжина дуги будь-якої лінії на розгортці дорівнює довжині дуги відповідної лінії на поверхні.
- Прямій лінії на розгортці відповідає на поверхні або пряма, або геодезична лінія. Геодезичною лінією на поверхні називають найкоротшу лінію між двома точками на поверхні. Наприклад, на циліндрі геодезичною є гвинтова лінія.
- Кут між двома лініями на розгортці дорівнює куту між відповідними лініями на поверхні. Паралельним прямим відповідають паралельні прямі.
- Площа, яка обмежена замкненою лінією на розгортці, дорівнює площі, що обмежена відповідною лінією на поверхні.

3.3.1. Розгортки багатогранників

Розгортка багатогранника являє собою сукупність багатокутників — граней багатогранника, для яких зазначено порядок їх з'єднання (склеювання) по сторонах та вершинах для того, щоб отримати даний багатогранник.

На рис. 3.22 показано побудову *розгортки піраміди*. Розгортка складається із сукупності граней у натуральну величину — трикутників. Натуральна величина кожної грані визначена за її трьома сторонами. Натуральні величини ребер піраміди знайдено способом плоскопаралельного переміщення.

На рис. 3.23 показано побудову розгортки прямої призми. Розгорткою її бічної поверхні є прямокутник, одна зі сторін якого дорівнює периметру основи призми, а друга — висоті призми. Показано також побудову на розгортці лінії перерізу $1', 2', 3'$ призми площиною.

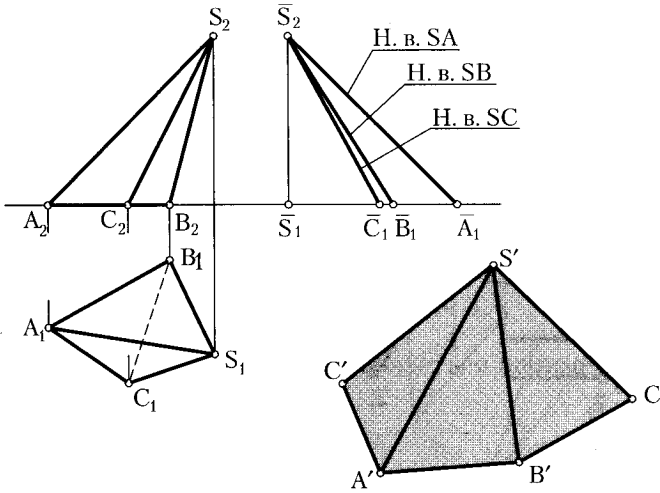


Рис. 3.22

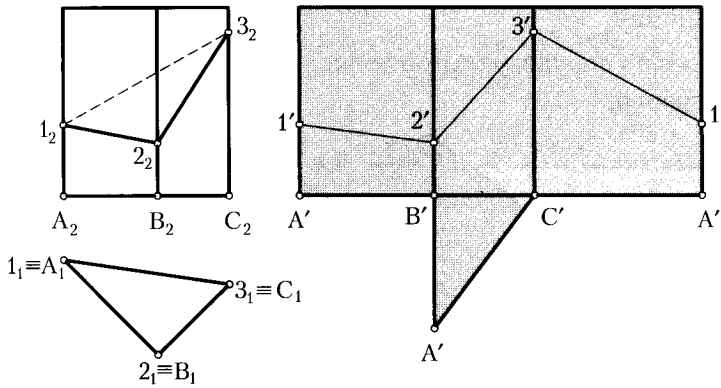


Рис. 3.23

На рис. 3.24 показано побудову розгортки бічної поверхні похилої призми способом нормального перерізу.

Перетинаємо призму площиною $\Sigma(\Sigma_2)$ перпендикулярно до її ребер. Знаходимо натуральну величину отриманого перерізу 1–2–3 та розгортаємо його периметр у пряму 1'–2'–3'–1'. У точках 1', 2', 3', 1' проводимо нормалі до прямої та відкладаємо на них відрізки, що дорівнюють натуральній величині відрізків відповідних ребер: $A1' = A_21_2$, $B2' = B_22_2$, $C3' = C_23_2$.

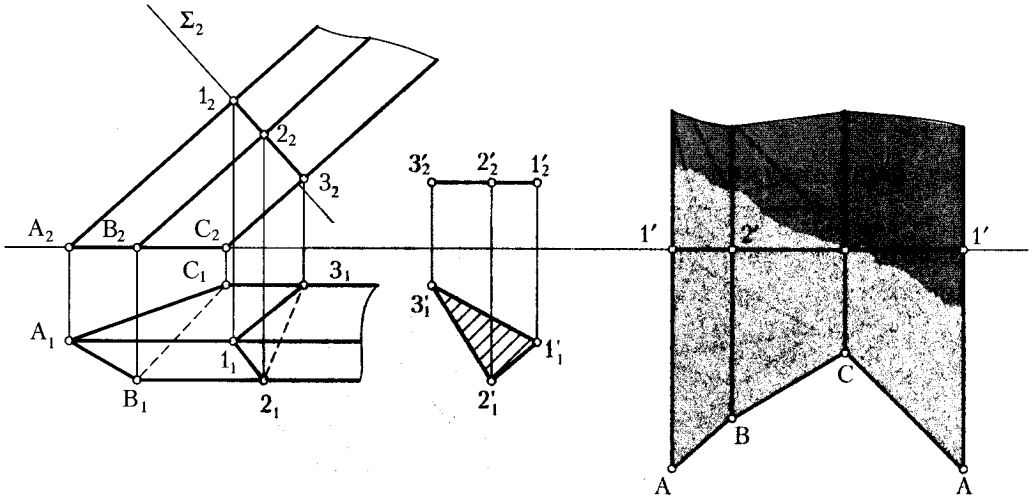


Рис. 3.24

Якщо ребра призми – прямі загального положення, то треба спочатку знайти їх натуральну величину.

На рис. 3.25 показано побудову розгортки похилої призми способом послідовного розгортання її граней.

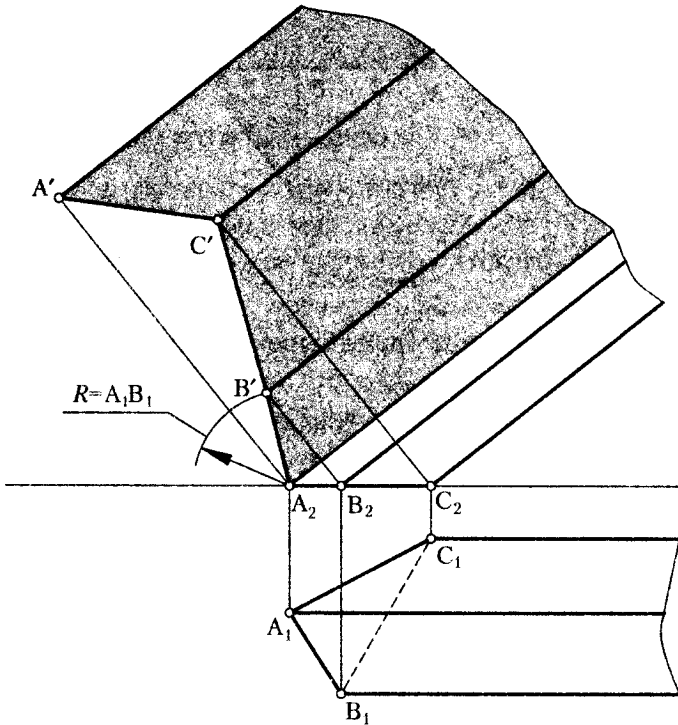


Рис. 3.25

Натуральні величини граней залежать від способу обертання навколо лінії рівня. Тому призму розташовуємо таким чином, щоб її ребра були паралельні до площини Π_2 , а основа — паралельна до Π_1 . Обертаючи грані призми навколо ребер, послідовно будуємо за відповідними сторонами грані призми у натуральну величину. Сукупність граней являє собою розгортку бічної поверхні призми.

3.3.2. Розгортки кривих поверхонь

Розгортки розгортних поверхонь

Розгортка відсіку *циліндра обертання* визначається периметром його основи та висотою відсіку циліндра (рис. 3.26).

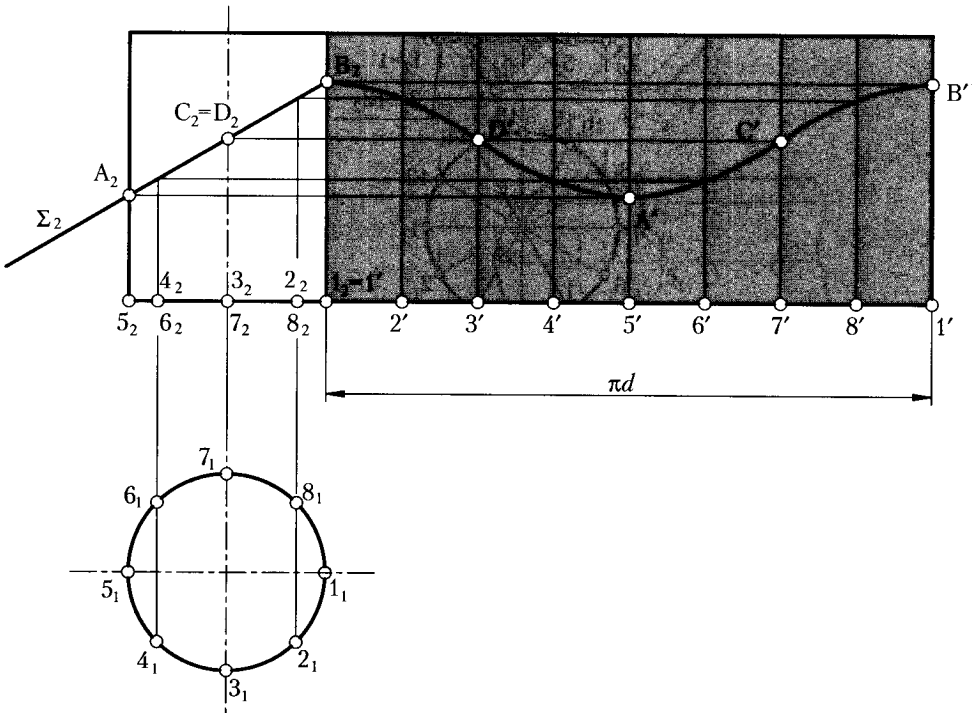


Рис. 3.26

Розгорткою поверхні відсіку *конуса обертання* є сектор, кут якого α дорівнює

$$\frac{R}{l} \times 360^\circ,$$

де R — радіус основи, а l — твірна відсіку конуса (рис. 3.27).

Лінію будь-якого перерізу поверхні можна побудувати на їх розгортках за допомогою твірних (див. рис. 3.26, 3.27).

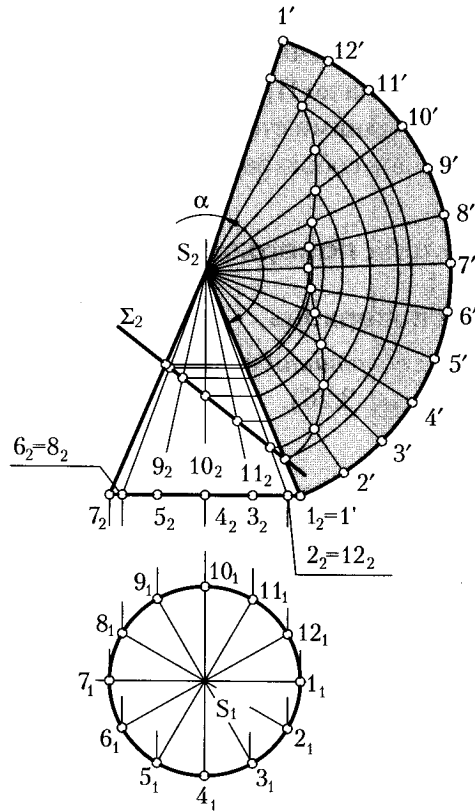


Рис. 3.27

Для всіх інших кривих розгортних поверхонь, як правило, будують наближені розгортки за допомогою вписаних у поверхню чи описаних навколо них багатогранних поверхонь.

Основи відсіків кривих поверхонь замінюють вписаними чи описаними багатокутниками, з вершин яких будують твірні поверхонь, що розгортаються. Розгортку вписаного чи описаного багатогранника вважають наближеною розгорткою кривої поверхні.

Як приклад на рис. 3.28 наведено побудову розгортки поверхні похилого еліптичного циліндра за допомогою вписаної в нього призматичної поверхні. Методику побудови розгортки такої призматичної поверхні розглянуто в підрозділі 3.3.1 (див. рис. 3.25). Розгортка циліндра являє собою сукупність граней призми. Очевидно, що точність такої розгортки збільшується зі зростанням кількості граней призми.

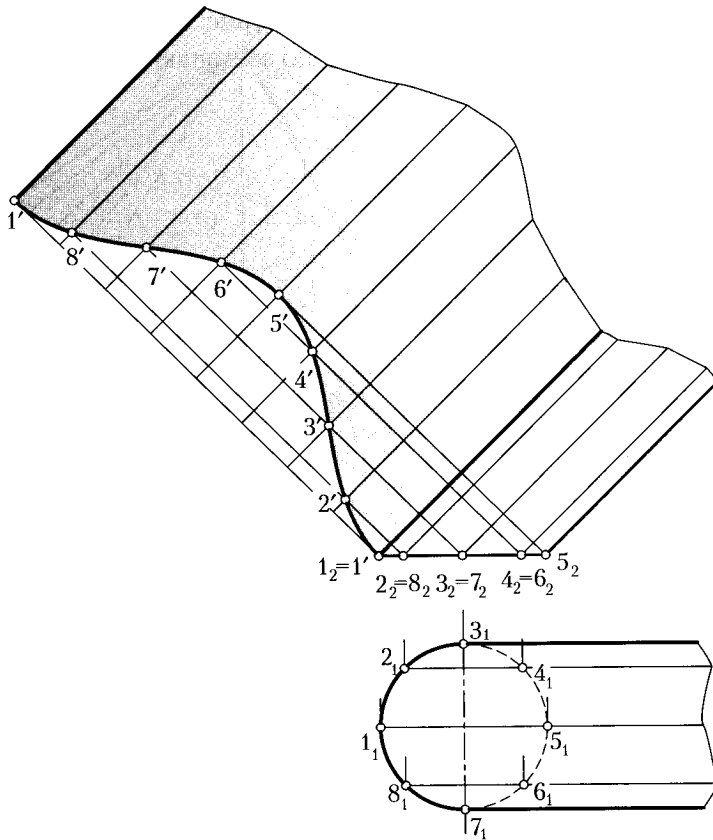


Рис. 3.28

Умовні розгортки нерозгортних поверхонь («викрійки»)

Умовні розгортки нерозгортних поверхонь будують як сукупність розгорток частин розгортних поверхонь, якими апроксимують нерозгортну поверхню.

Розглянемо приклад побудови умовної розгортки сферичної поверхні, апроксимуючи її частинами циліндричних поверхонь.

Розіб'ємо поверхню сфери на рівні частини за допомогою горизонтально-проекціувальних площин Σ, Σ', \dots (рис. 3.29, а).

Апроксимуємо кожен таку частину прямим круговим циліндром. Такий циліндр між площинами Σ та Σ' можна задати напрямною I, II, III, IV – меридіанним перетином сфери – та твірними $11', 22', 33'$ – дотичними до паралелей сфери в точках I, II, III (рис. 3.29, б).

Будуємо розгортку такої циліндричної поверхні (рис. 3,29, в). Приєднуючи до цієї розгортки умовні розгортки частин сфери, що залишаються, отримуємо умовну розгортку («викрійку») поверхні сфери.

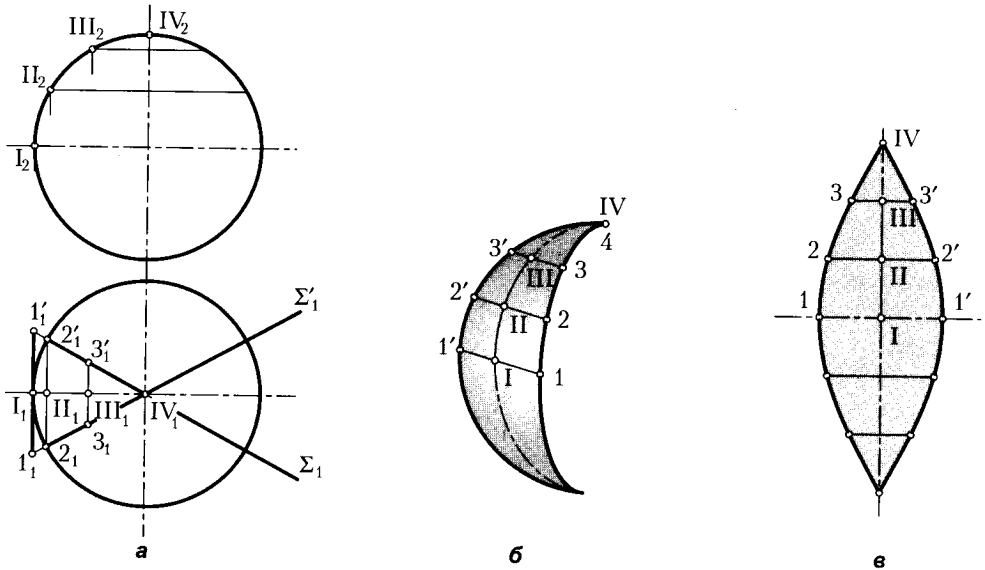


Рис. 3.29

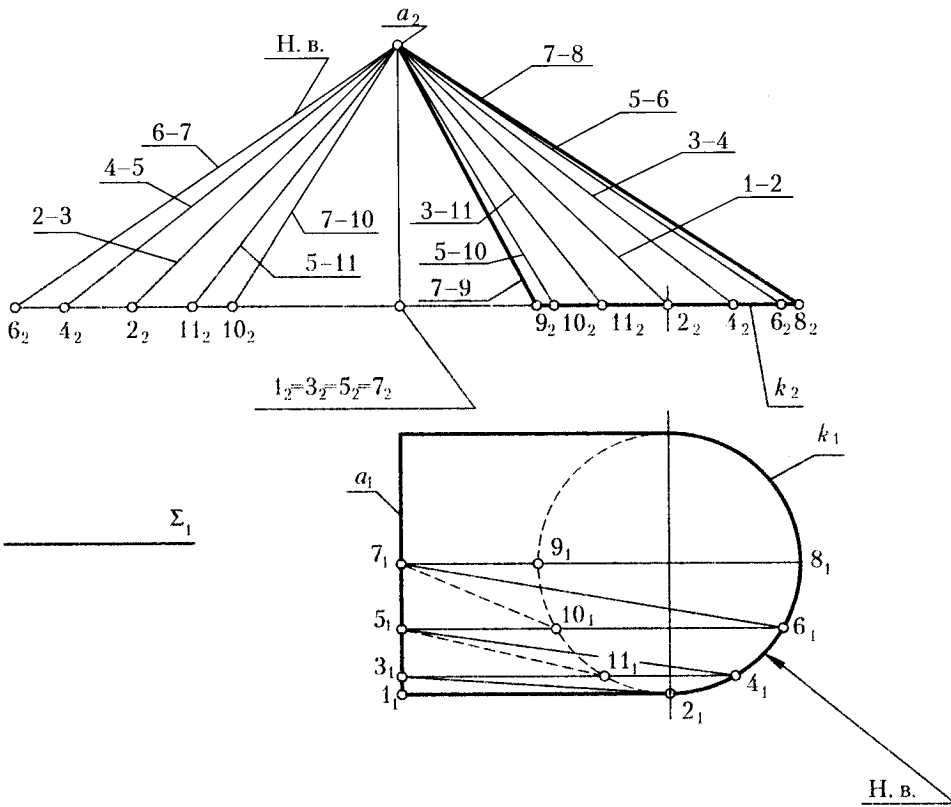
Як апроксимувальну поверхню часто використовують багатогранник, гранями якого є трикутники. Такий метод називається *триангуляцією*.

На рис. 3.30, а зображено коноїд $\Theta(a, k, \Sigma)$. Напрямними коноїда є пряма $a(a_1, a_2)$ та коло $k(k_1, k_2)$, площиною паралелізму $\Sigma(\Sigma_1)$ – фронтальна площина. Поверхню замінюють багатогранником із трикутними гранями 7–8–6, 6–7–5, Плоскопаралельним переміщенням визначають сторони трикутників 6–7, 4–5,

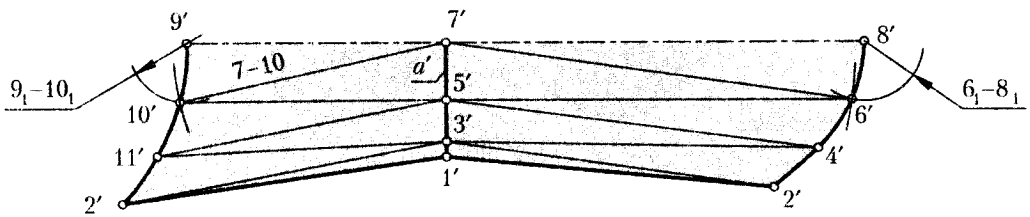
Побудову умовної розгортки (рис. 3.30, б) починаємо з прямої a , яка проєкціюється на площину Π_1 у натуральну величину та заміщається на розгортці відрізком прямої у натуральну величину.

Будуємо вісь симетрії 9–8 і трикутники 6–7–8, 7–9–10 і т. д. Трикутники послідовно з'єднуємо.

На рис. 3.30 побудовано половину умовної розгортки.



а



б

Рис. 3.30

Запитання для самоперевірки

1. Як задати криву на комплексному рисунку ?
2. Що таке інтерполяція функцій? Апроксимація кривих ?
3. Побудуйте коло заданого радіуса в проекціювальній площині, у площині рівня.
4. Які існують способи задання поверхні?
5. Як задають визначник поверхні? Із чого він складається?
6. Яку поверхню вважають розгортною?
7. Які поверхні називають лінійчатими?
8. Наведіть приклади лінійчатих розгортних і нерозгортних поверхонь.
9. Як утворюються поверхні обертання? Наведіть приклад визначника такої поверхні.
10. Якими властивостями характеризуються розгортки поверхонь?
11. Які бувають розгортки?
12. Як побудувати розгортки прямої призми та циліндра? Похилої призми та циліндра? Прямого та похилого конуса? Умовні розгортки кривих поверхонь?

Розділ 4

Алгоритми розв'язання задач перетину поверхонь площинами, прямими та між собою

- ◆ Перетин поверхні з площиною
- ◆ Перетин прямої та поверхні
- ◆ Взаємний перетин поверхонь

4.1. Перетин поверхні з площиною

Перетин поверхні з площиною являє собою лінію, форма якої залежить від форми поверхні та взаємного розташування площини та поверхні (рис. 4.1). Така лінія має назву *перерізу*. Переріз визначається множиною точок перетину ліній поверхні та заданої січної площини.

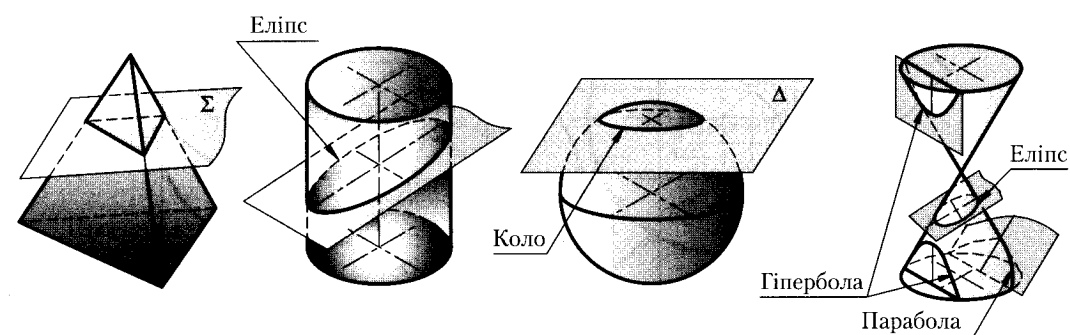


Рис. 4.1

Багатогранники перетинаються площиною по багатокутнику, вершини якого – точки перетину ребер багатокутника із січною площиною.

Криві поверхні в загальному випадку перетинаються площинами по кривих лініях. Так, перерізами поверхонь другого порядку є криві другого порядку або образи їх виродження.

На комплексному рисунку знаходження точки перетину будь-якої лінії з площиною спрощується, якщо задано площину окремого положення. Якщо задано площину загального положення, то її можна перетворити на проєкціювальну за допомогою перетворення проєкцій.

Розглянемо алгоритм розв'язання задачі побудови перерізу у випадку, коли січна площина проєкціювальна.

1. Визначити форму лінії перерізу поверхні площиною в просторі.
2. Визначити форму проєкцій лінії перерізу.
3. Визначити проєкції характерних точок шуканої лінії:
 - точок, що проєкціюються на обриси проєкцій поверхні (точок видимості);
 - точок, за якими можна графічно побудувати всю лінію: для багатокутника – вершини, для еліпса – кінці спряжених діаметрів, для параболи та гіперболи – вершини й кінці найбільшої хорди.
4. Побудувати, якщо треба, проміжні точки та з'єднати всі точки з урахуванням видимості.

Проміжні точки можна будувати проєкціюванням або графічним способом за характерними точками.

На рис. 4.2 наведено приклад розв'язання задачі побудови лінії перерізу поверхні сфери січною площиною $\Sigma(\Sigma_2)$.

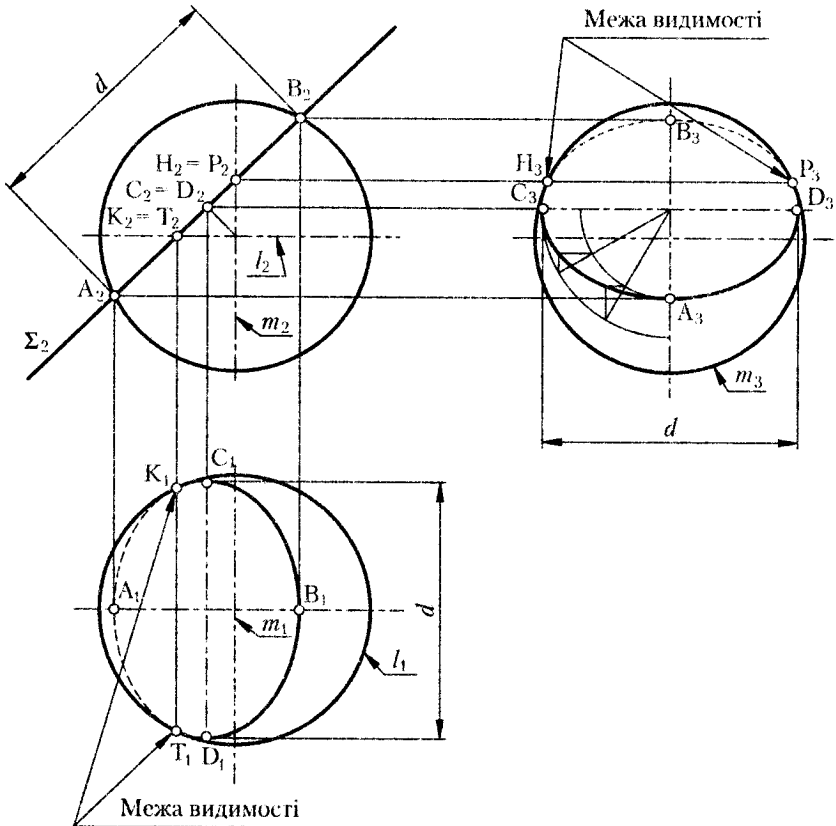


Рис. 4.2

Лінією перерізу є коло діаметром d проєкції перерізу: фронтальна — відрізок прямої A_2B_2 , що збігається зі слідом-проєкцією Θ_2 , горизонтальна та профільна — еліпси, великі осі яких дорівнюють діаметру d .

Видимість на горизонтальній проєкції залежить від точок K та T , які належать екватору l , на профільній — H та P , що належать меридіану m , паралельному до Π_3 .

На рис. 4.3 показано побудову лінії перерізу конуса площиною $\Theta(\Theta_2)$, яка перетинає всі твірні конуса. Лінія перерізу являє собою еліпс з осями AB та CD . Фронтальна проєкція еліпса — відрізок прямої A_2B_2 , що збігається зі слідом-проєкцією Θ_2 площини Θ , а горизонтальна та профільна — еліпси.

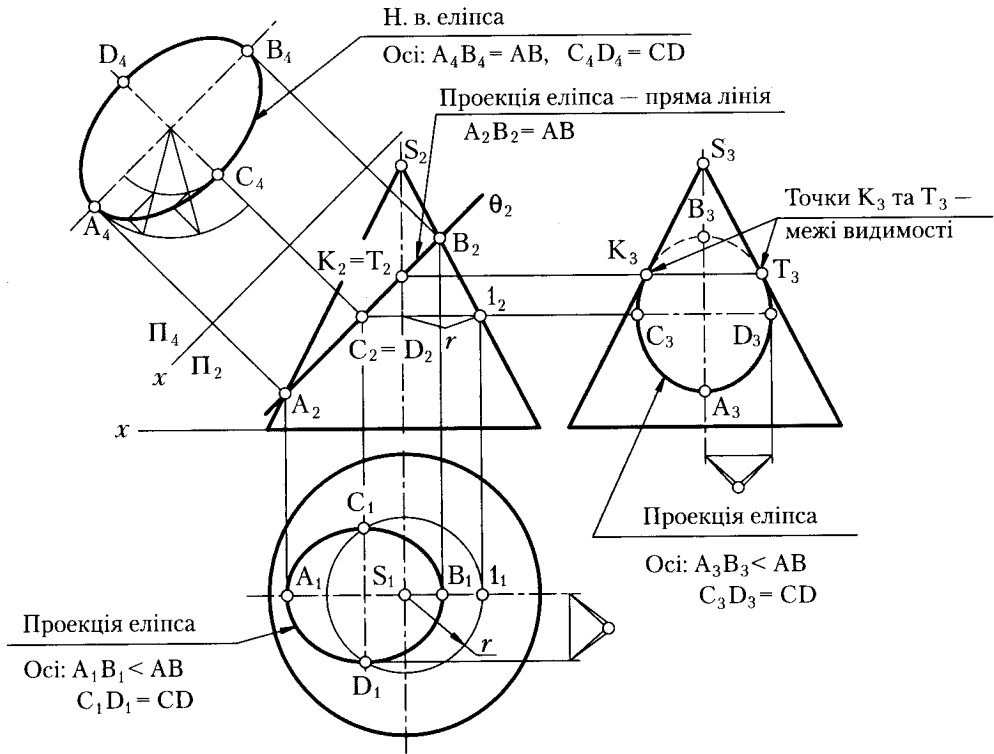


Рис. 4.3

Переріз у натуральну величину побудовано заміненням площин проєкцій.

Лінію перерізу будь-якої поверхні площиною загального положення можна побудувати за допомогою перетворення площини загального положення на проєкціювальну.

Проєкція шуканої лінії перерізу в новому положенні збігається зі слідом-проєкцією площини. Задачу знаходження лінії перерізу розв'язують так само, як у вже розглянутих випадках. Розв'язок проєкцюється у попередню систему площин проєкцій.

На рис. 4.4 наведено розв'язок задачі перетину поверхні сфери з площиною загального положення $\Sigma(h^0 \cap f^0)$.

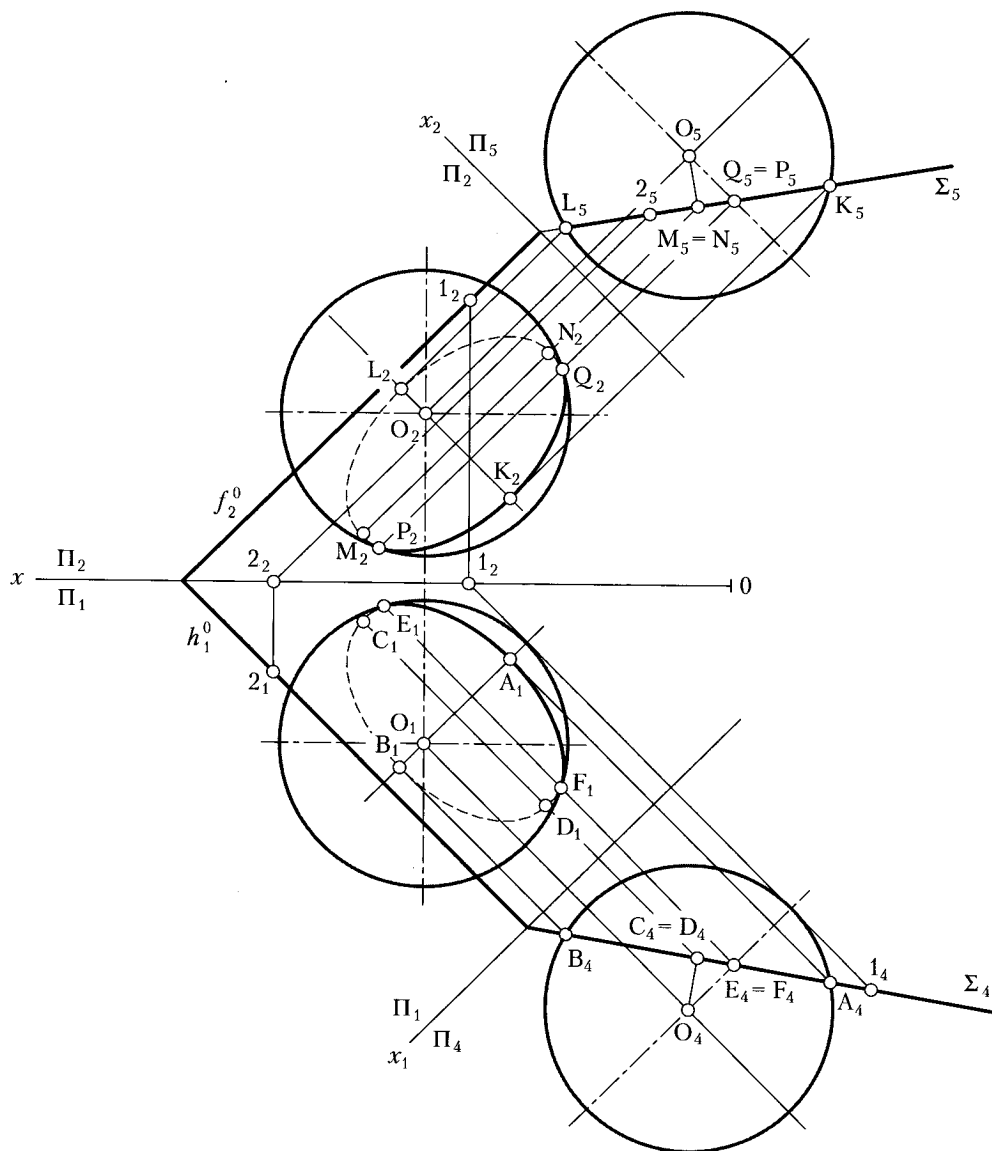


Рис. 4.4

Лінією перерізу поверхні є коло, яке проєктується еліпсами на площини проєкцій Π_1 та Π_2 . Великі осі еліпсів дорівнюють діаметру кола, а розмір малої осі залежить від кута нахилу α площини Σ до площини Π_1 для горизонтальної проєкції та кута нахилу β площини Σ до площини Π_2 — для фронтальної.

Проекції лінії перерізу будують заміненням площини проекції Π_2 на Π_4 для горизонтальної проекції та Π_1 на Π_5 — для фронтальної.

Межі видимості зображень на площинах проекцій Π_1 та Π_2 визначають за допомогою проекцій F_4, E_4, P_5, Q_5 точок перетину лінії перерізу з проекціями обрисів зображень поверхні на додаткові площини проекцій Π_4 та Π_5 .

Для площини загального положення як площини перерізу поверхні перетворення проекцій можна не застосовувати, якщо задана поверхня є проекціовальною відносно площини проекцій. У цьому разі відповідна проекція лінії перерізу збігається зі слідом-проекцією поверхні. Проекції лінії перерізу, яких немає, можна побудувати за точками, використовуючи умову належності цієї лінії до січної площини.

На рис. 4.5 показано побудову лінії перерізу прямої призми січною площиною Σ . Грані призми є проекціовальними площинами відносно горизонтальної площини проекцій Π_1 . Горизонтальна проекція $A_1B_1C_1$ шуканої лінії перерізу збігається з горизонтальною проекцією призми, а фронтальну знайдено з умови належності точок A, B, C до січної площини Σ за допомогою фронталей площини.

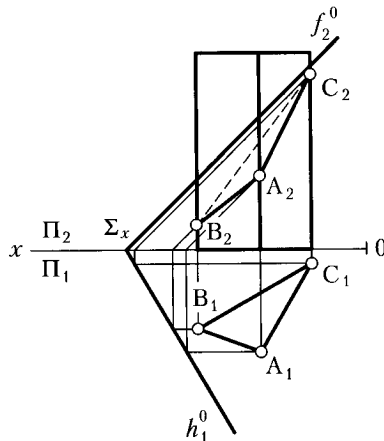


Рис. 4.5

На рис. 4.6 показано побудову лінії перерізу прямого циліндра січною площиною загального положення Σ . Лінія перерізу являє собою еліпс. Твірні циліндра є проекціовальними відносно площини проекцій Π_1 . Отже, горизонтальна проекція еліпса збігається з колом — проекцією циліндра на горизонтальну площину, а фронтальну проекцію — еліпс — побудовано за точками. Характерні точки 1, 2 та 3, 4 визначають спряжені осі еліпса, а 5, 6 — межі видимості. Будь-які допоміжні точки можна побудувати з умови їх належності площині Σ чи графічним способом побудови точок еліпса за спряженими осями.

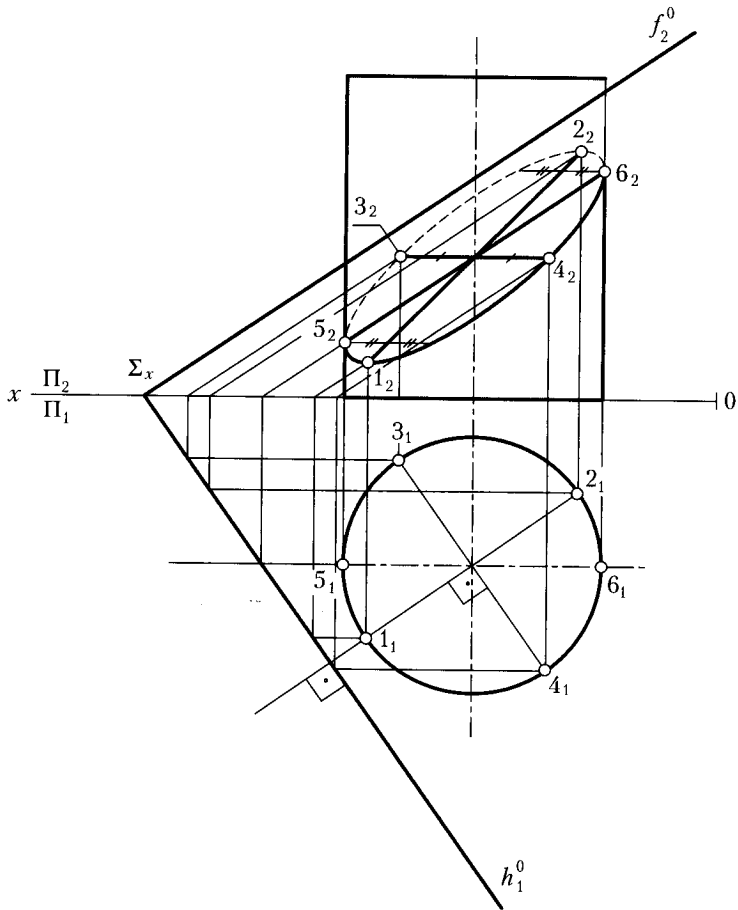


Рис. 4.6

4.2. Перетин прямої та поверхні

Точки перетину прямої a з поверхнею Σ , як і точку перетину прямої a та площини Σ , визначають за допомогою однакового алгоритму.

1. Через пряму проводять допоміжну площину Γ : $a \subset \Gamma$.
2. Знаходять лінію перетину m допоміжної площини Γ і заданої поверхні (площини) Σ : $\Gamma \cap \Sigma = m$.
3. Знаходять точки (точку) перетину лінії m із заданою прямою: $m \cap a = M, N$.
4. Визначають видимість відрізків прямої.

Якщо для побудови точки перетину прямої з площиною допоміжну площину, як правило, вибирають проєкціювальною, то для знаходження точок перетину прямої та кривої поверхні беруть таку площину, щоб фігура перетину була найпростіша.

На рис. 4.7 показано схеми розв'язання задачі побудови точок перетину прямої $a(A, B)$ з такими поверхнями:

- пірамідою — для неї, як для будь-якої багатогранної поверхні, допоміжну площину Γ можна взяти як проєкціювальну;
- похилим циліндром — допоміжна площина Γ паралельна до твірних циліндра та перетинає його по твірних;
- конусом — допоміжна площина Γ проходить через вершину конуса та перетинає його по твірних.

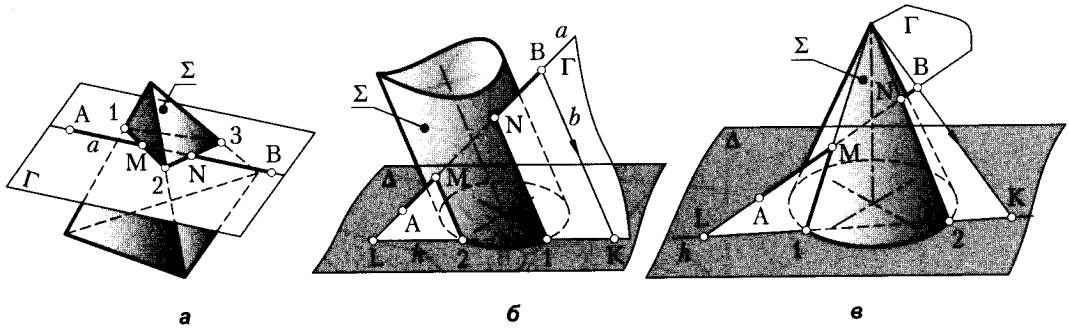


Рис. 4.7

Твірні перерізу поверхні циліндра та конуса допоміжною площиною проходять через точки 1, 2 перетину основи поверхонь з лінією LK перетину допоміжної площини з площиною основи поверхонь Δ .

На рис. 4.8 проілюстровано побудову точок перетину прямої a з поверхнею призми. Через пряму a проведено допоміжну проєкціювальну площину $\Gamma(\Gamma_2)$, яка перетинає призму по трикутнику. Перетин сторін трикутника з прямою a визначає точки M та N перетину прямої a з поверхнею призми.

На рис. 4.9 наведено комплексний рисунок розв'язання задачі побудови точок перетину прямої $a(A, B)$ з поверхнею циліндра Σ . Через точку B прямої a проведено пряму b паралельно до твірних циліндра. Прямі a та b задають допоміжну площину $\Gamma(a \cap b)$, яка перетинає поверхню циліндра по твірних 1N, 2M. Перетин твірних із прямою a визначає точки M та N перетину прямої a з поверхнею циліндра Σ .

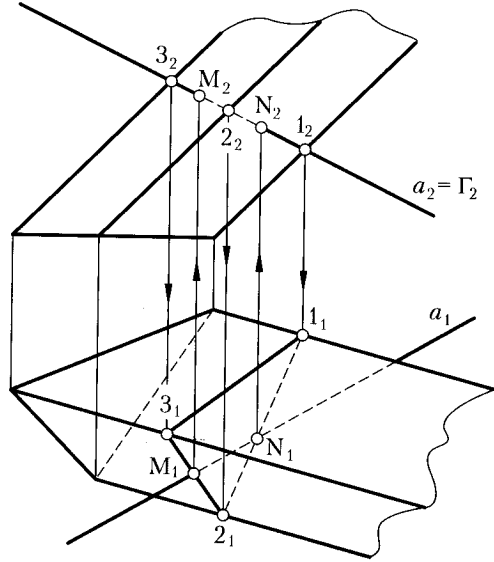


Рис. 4.8

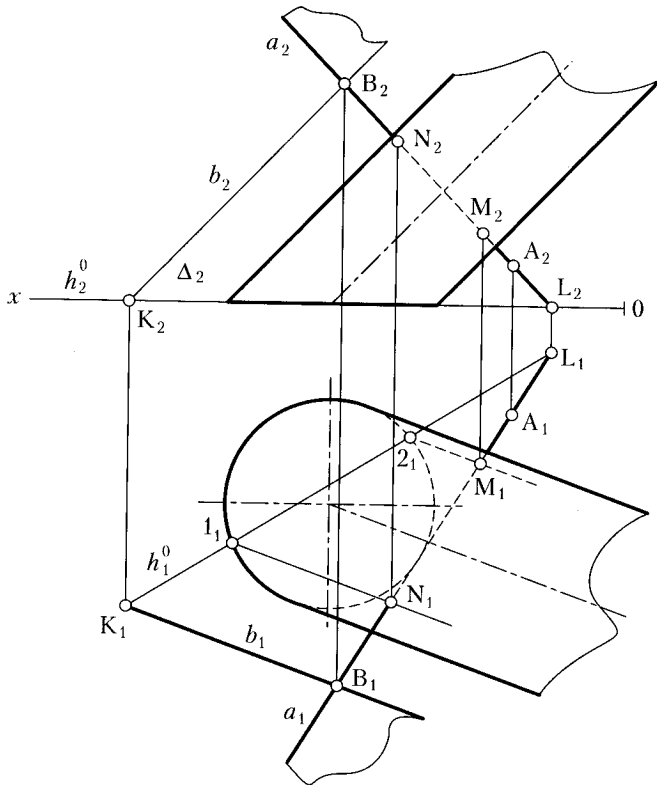


Рис. 4.9

На поданому нижче комплексному рисунку (рис. 4.10) розв'язано задачу побудови точок перетину прямої $a(A, B)$ з поверхнею конуса Σ . Пряму b , яка разом із заданою прямою a формує допоміжну площину $\Gamma(a \cap b)$, проведено через вершину конуса S . Площина Γ перетинає поверхню по твірних S_1 та S_2 , перетин яких із прямою a визначає точки M і N перетину прямої a та поверхні конуса Σ .

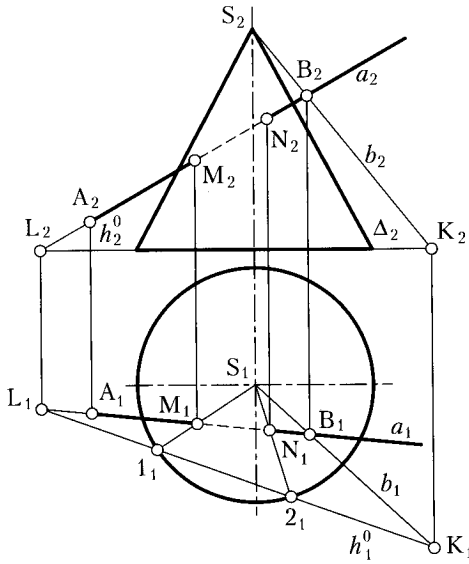


Рис. 4.10

На рис. 4.11 наведено комплексний рисунок розв'язання задачі знаходження точок перетину прямої $a(A, B)$ та поверхні сфери Σ . Через пряму a проведено допоміжну проєкціювальну площину $\Gamma(\Gamma_1)$. Точки перетину прямої a з лінією перерізу m поверхні сфери площиною Γ зручно знаходити в допоміжній площині проєкцій Π_4 , паралельній до площини Γ . Знайдені точки перетину M та N прямої a з поверхнею сфери проєкціюють на площини проєкцій Π_1 і Π_2 .

Для знаходження точок перетину поверхні обертання з прямою, що перетинає вісь цієї поверхні, можна використовувати головний меридіан такої поверхні.

Розглянемо комплексний рисунок розв'язання задачі перетину прямої a з поверхнею тора Σ (рис. 4.12). Допоміжна проєкціювальна площина $\Gamma(\Gamma_1)$, що проходить через пряму a , перетинає поверхню тора по меридіану, конгруентному до головного. Повернемо площину $\Gamma(\Gamma_1)$ разом з меридіанним перерізом та прямою a навколо осі тора i до суміщення з головним меридіаном.

Проєкції точок перетину \bar{N}_2 та \bar{M}_2 нового положення прямої з головним меридіаном визначають шукані точки, які треба оберненим перетворенням знайти на фронтальній та горизонтальній площинах проєкцій.

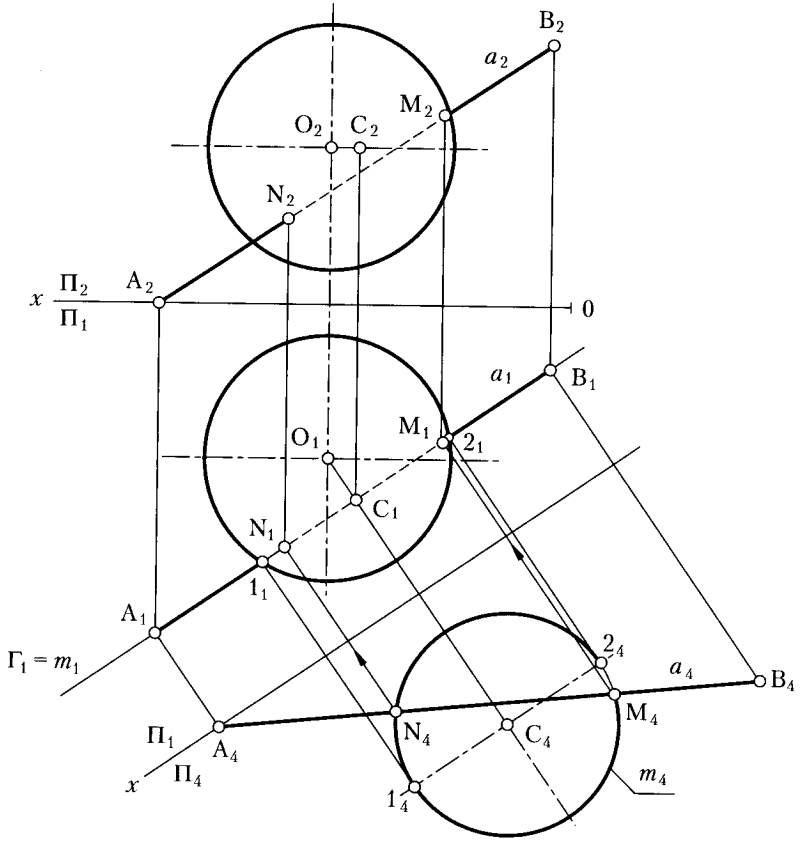


Рис. 4.11

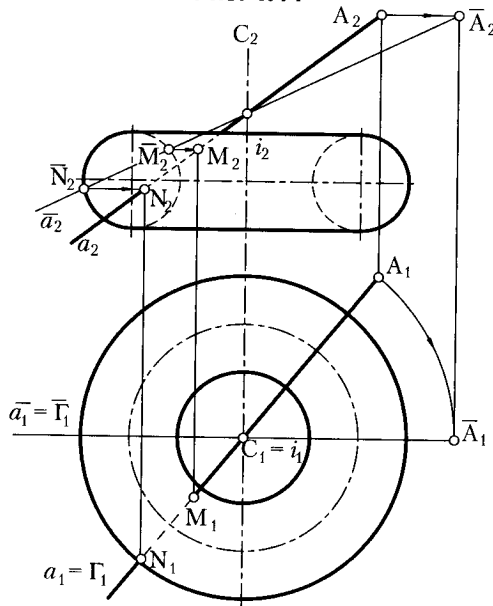


Рис. 4.12

Задача знаходження точок перетину прямої та поверхні спрощується, якщо один із заданих образів є проєкціувальним.

На рис. 4.13, *a* проілюстровано визначення точок перетину прямої *a* з прямим циліндром, а на рис. 4.13, *б* — з прямою призмою. Горизонтальні проєкції точок перетину визначаються перетином сліду-проєкції поверхні з відповідною проєкцією прямої.

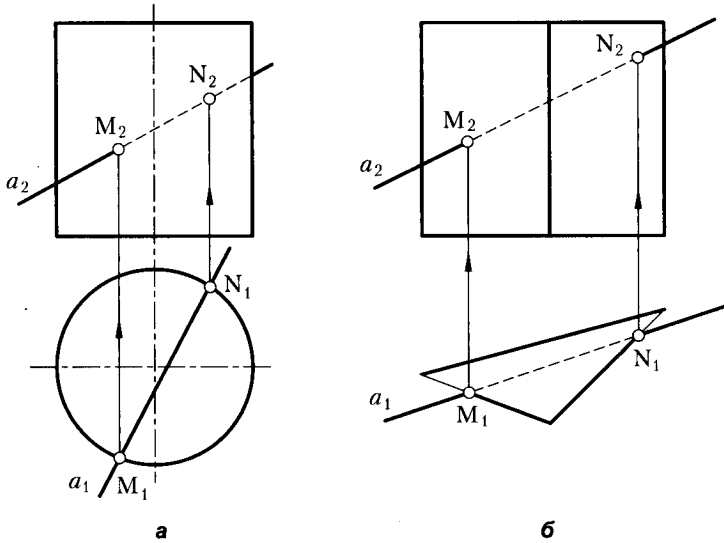


Рис. 4.13

На рис. 4.14 визначено перетин горизонтально-проєкціувальної прямої з поверхнею конуса. Точку перетину *М* знайдено за допомогою твірної конуса, горизонтальна проєкція якої проходить через слід-проєкцію прямої.

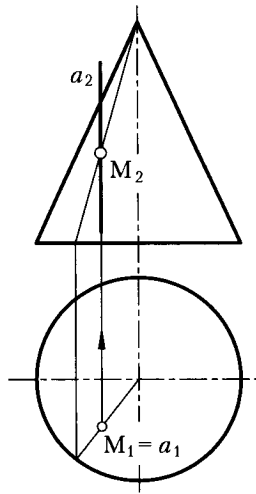


Рис. 4.14

4.3. Взаємний перетин поверхонь

Конструювання поверхонь технічних виробів, які, як правило, складаються з різних геометричних поверхонь, що зумовлено технологічними та експлуатаційними вимогами, потребує побудови ліній *переходу* або *ліній перетину* таких поверхонь.

Лінія перетину двох поверхонь являє собою впорядковану множину точок, кожна з яких можна визначити як перетин ліній однієї поверхні з другою поверхнею.

Форма лінії перетину залежить від форми та взаємного розташування поверхонь.

Дві криволінійні поверхні перетинаються по просторовій кривій лінії, яка може розпадатися на простіші геометричні елементи — плоскі криві, прями тощо.

Перетин багатогранних поверхонь утворює просторову ламану.

Якщо одна з поверхонь криволінійна, а друга багатогранна, то лінія перетину просторова ламана, ланками якої є дуги плоских кривих.

За взаємним розміщенням поверхонь відносно одна одної розрізняють випадки перетину:

- проникнення, коли одна поверхня повністю охоплює іншу і лінія перетину поверхонь розпадається на дві замкнені лінії;
- врубка чи вріз, коли лінія перетину — єдина замкнена просторова лінія.

Найбільш універсальний спосіб знаходження точок ліній переходу двох поверхонь — метод допоміжних січних поверхонь-посередників. Його можна вважати узагальненням способу допоміжних площин-посередників для знаходження лінії перетину двох площин (див. підрозділ 2.1.1).

Для визначення спільних точок криві поверхні — два циліндри Σ та Δ — перетинають третьою поверхнею-посередником Γ — сферою (рис. 4.15). Криві a та b лінії перетину заданих поверхонь посередником перетинаються в точках 1 і 2, що належать лінії перетину поверхонь Σ та Δ . Щоб визначити необхідну кількість точок для побудови лінії взаємного перетину двох поверхонь, операцію повторюють, змінюючи положення чи розміри посередника. Алгоритм такої побудови має вигляд:

1. $\Sigma \cap \Gamma = a, \Delta \cap \Gamma = b$;
2. $a \cap b = 1, 2$;
3. 1.

Як посередників використовують площини (проекціювальні або загального положення), сфери, циліндри, конуси. Посередника та його положення слід вибирати так, щоб переріз поверхонь, які перетинаються ним, був найпростіший.

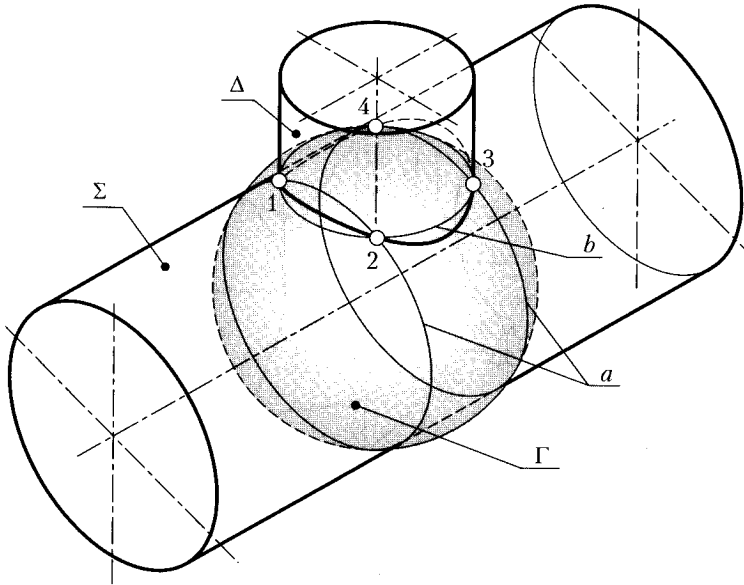


Рис. 4.15

Розглянемо алгоритм побудови лінії перетину двох поверхонь.

1. Вибрати посередників, які перетинають задані поверхні по найпростіших лініях, та визначити тип перетину (проникнення чи врубка).
2. Побудувати за допомогою посередників точки лінії перетину поверхонь:
 - характерні, до яких належать точки на обрисах поверхонь, найвищі та найнижчі, крайні ліві та крайні праві точки;
 - допоміжні точки.
3. З'єднати визначені точки з урахуванням видимості частин лінії перетину. Видимими є ті частини лінії перетину, які видимі для кожної з поверхонь, що перетинаються.

4.3.1. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою посередників-площин окремого положення

На рис. 4.16 проілюстровано побудову лінії перетину конуса та циліндра. Тип перетину – врубка.

Як посередників вибрано горизонтальні площини рівня Γ^i , які перетинають конус по колах, а циліндр – по твірних. На рис. 4.16, б показано, як знайти точку 4 лінії перетину поверхонь у січній площині Γ . Площина Γ перетинає конус по колу b , а циліндр – по твірній a . Перетин ліній a та b визначає спільну для двох поверхонь точку 4.

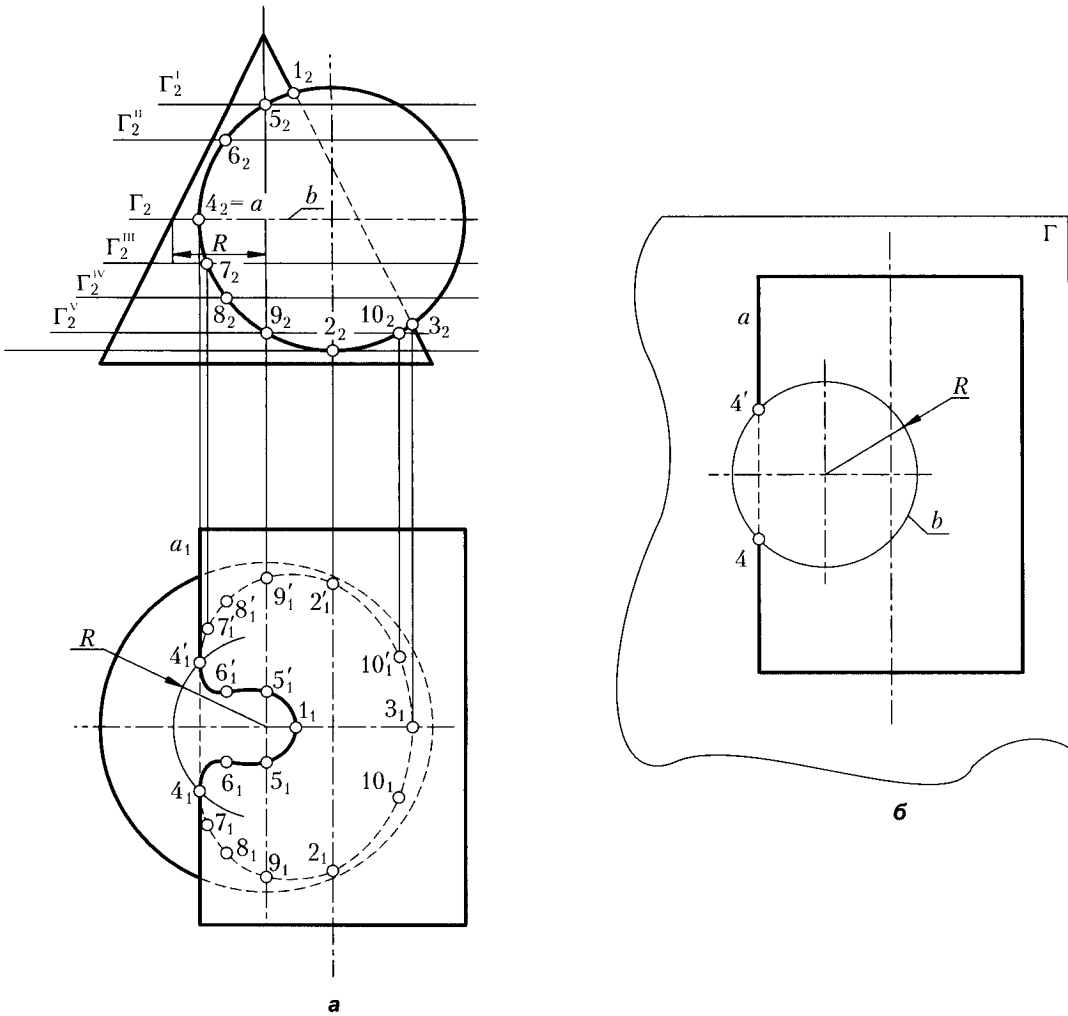


Рис. 4.16

Характерні точки лінії перетину: 1 та 2 – найвища та найнижча; 4 – крайня ліва, 3 – крайня права; 5, 9 – точки видимості для профільної проєкції. Точки 6, 7, 8 – допоміжні.

Видимість проєкції лінії перетину на горизонтальну площину проєкцій визначається циліндром, зокрема його точкою 4.

Розглянемо комплексний рисунок побудови ліній перетину поверхонь призми та піраміди (рис. 4.17). Тип перетину – проникнення. Лінію перетину побудовано як багатокутник, кожна ланка якого є перетин горизонтально-проєкціювальних граней призми з гранями піраміди.

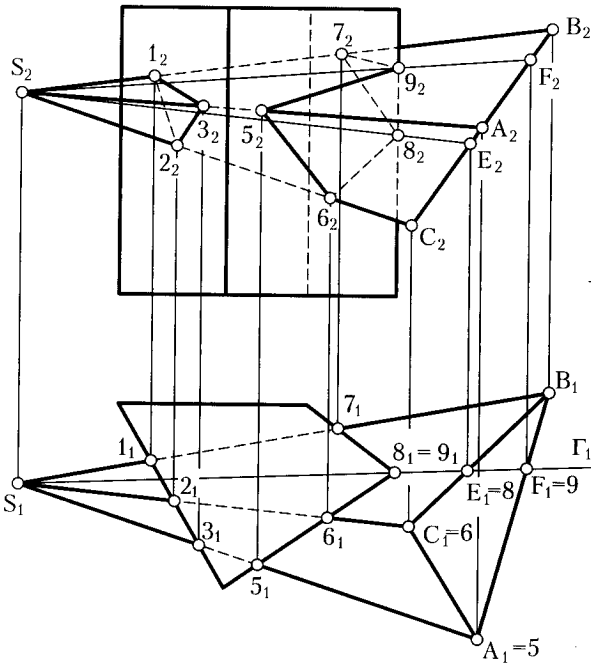


Рис. 4.17

Дві з вершин багатокутника (8, 9), які належать ребру призми, знайдено за допомогою допоміжної горизонтально-проекціувальної площини $\Gamma(\Gamma_1)$.

Порядок з'єднання вершин багатокутника перетину поверхонь визначено проєкціонуванням горизонтальної проєкції лінії перетину на основу піраміди. Видимість ланок цієї лінії визначено з урахуванням їх видимості для кожної поверхні окремо.

4.3.2. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою посередників-площин загального положення

На рис. 4.18–4.20 наведено схеми побудови точок лінії перетину двох поверхонь, коли найпростіші перерізи поверхонь допоміжною площиною утворює площина загального положення.

Так, на рис. 4.18 перетинаються циліндр і конус. Січна допоміжна площина, що перетинає обидві поверхні по твірних, містить пряму, яка проходить через вершину конуса паралельно до твірних циліндра. Друга пряма, що утворює допоміжну площину, може бути будь-яка.

На рис. 4.18 основи поверхонь належать горизонтальній площині проєкцій, і така пряма є горизонтальним слідом допоміжної площини. Отже, допоміжна площина має визначник $\Gamma(MT \cap h^0)$. Змінюючи положення прямої h^0 , отримуємо сім'ю січних допоміжних площин.

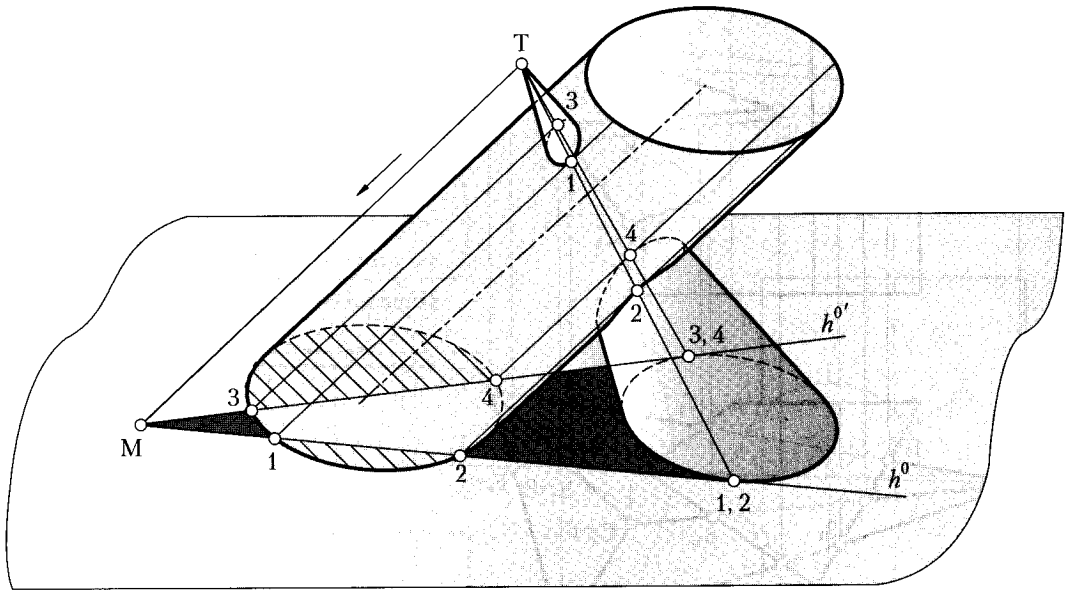


Рис. 4.18

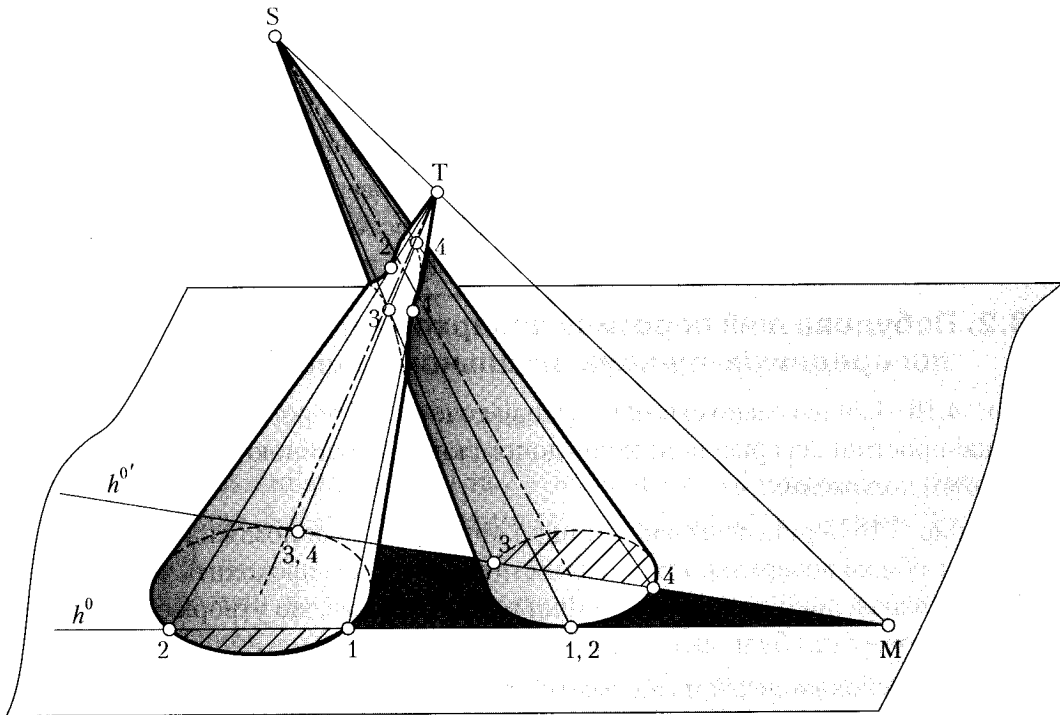


Рис. 4.19

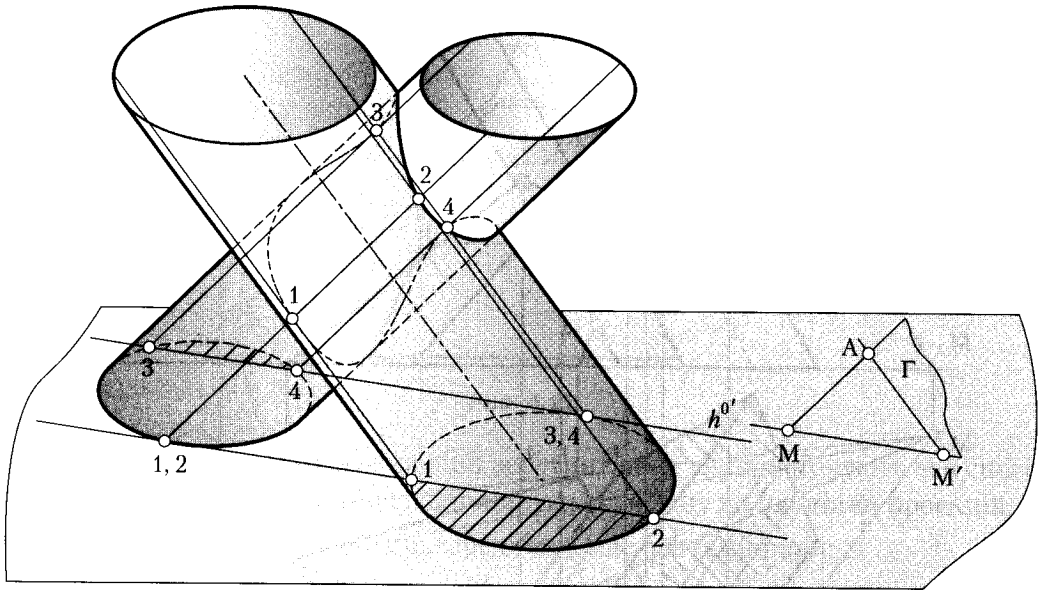


Рис. 4.20

Характерні точки лінії перетину поверхонь визначено за допомогою площин, дотичних до конуса. За розташуванням твірних циліндра, які не перетинають конус (від початкової точки твірної 1 до точки 2, від точки 3 до точки 4), визначаємо тип перетину — проникнення.

За такою схемою визначають лінію перетину для таких пар поверхонь: циліндр — піраміда, призма — конус, призма — піраміда.

На рис. 4.21 розглянуту схему реалізовано на комплексному рисунку для визначення лінії перетину поверхонь піраміди та призми. За допомогою площин $\Gamma(MT \cap h^0)$ та $\Gamma''(MT \cap h^0'')$ визначено тип перетину — проникнення. Порядок з'єднання точок визначають проєкціюванням точок лінії перетину на основи поверхонь.

На рис. 4.19 наведено схему побудови точок лінії перетину конуса з конусом. У цьому разі січна допоміжна площина, що перетинає поверхні по твірних, містить вершини поверхонь S і T . Сім'ю допоміжних площин задано прямою ST та прямою, яка належить площині основ поверхонь. Характерні точки лінії перетину та тип перетину — врубка — визначено за допомогою площин, дотичних до поверхонь. Ця схема застосовна до таких пар поверхонь, як піраміда — піраміда, піраміда — конус.

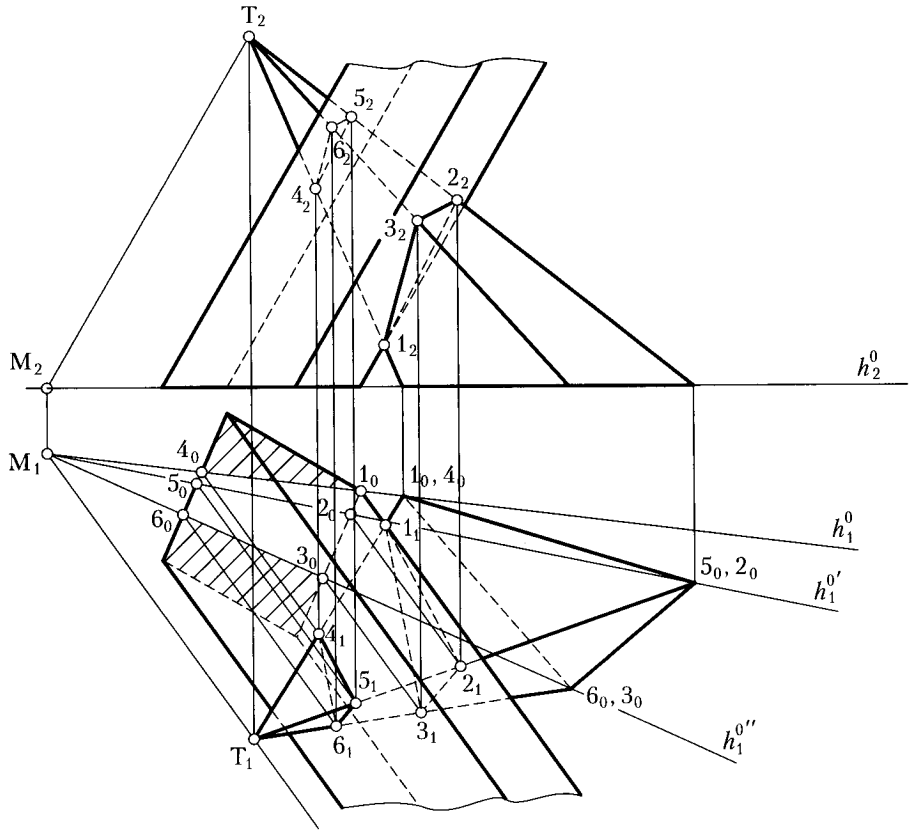


Рис. 4.21

На рис. 4.20 зображено схему побудови точок лінії перетину двох циліндрів. Допоміжну січну площину $\Gamma(MA \cap AM')$ задано двома прямими, паралельними до твірних циліндрів. Сім'ю січних допоміжних площин утворено паралельними до Γ площинами. Характерні точки лінії перетину та тип перетину – врубка – визначено за допомогою площин, дотичних до циліндрів.

4.3.3. Побудова лінії перетину поверхонь за допомогою сферичних посередників

Спосіб сферичних посередників використовують для побудови лінії перетину поверхонь обертання чи поверхонь, які мають сім'ю колових перерізів.

Цей спосіб базується на тому, що сфера з центром на осі поверхні обертання перетинає таку поверхню по колах (див. рис. 4.15). Коло перетину сфери з поверхнею обертання проєкціюється на їх спільну площину симетрії відрізком прямої (на рис. 4.22 – a і b). Слід нагадати, що для сфери будь-яка пряма та площина, що проходять через її центр, є відповідно віссю та площиною симетрії.

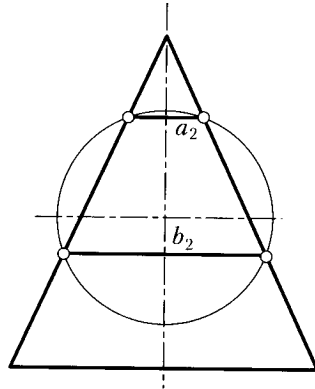


Рис. 4.22

Осі поверхонь, для знаходження лінії перетину яких використовують цей спосіб, мають перетинатися та задавати площину, паралельну до площини проєкцій.

Реалізація способу сферичних посередників має два різновиди:

- концентричних сфер-посередників, коли всіх посередників будують з одного центра;
- ексцентричних сфер-посередників, коли всіх посередників будують з різних центрів.

Використання концентричних сфер-посередників

На рис. 4.23 показано побудову фронтальної проєкції лінії перетину двох циліндрів за допомогою концентричних сфер, центром яких є точка перетину осей циліндрів.

Характерні точки лінії перетину визначають так:

1. Найнижчу точку 1 (або найвищу 1' для другої кривої лінії перетину) — за допомогою сфери радіусом R_{\min} , дотичної до найвіддаленішої твірної поверхонь, які перетинаються. На рис. 4.23 вона дотична до поверхні більшого циліндра ($\emptyset A$) вздовж лінії m . Така сфера перетинає менший циліндр ($\emptyset B$) по колу n . Перетин кіл m та n визначає точку 1 лінії перетину поверхонь.
2. Точки перетину твірних (2, 3; 2', 3') — також за допомогою сфери радіусом R_{\max} як перетин відповідних кіл-перерізів циліндрів сферою.

Допоміжні точки лінії перетину поверхонь визначають перерізами циліндрів сферами радіусами в проміжку між R_{\max} та R_{\min} .

Лінія перетину двох циліндрів є кривою четвертого порядку.

Теорема Глазунова. Якщо дві поверхні другого порядку мають спільну площину симетрії, то лінія їх перетину проєкціюється на цю площину кривою другого порядку.

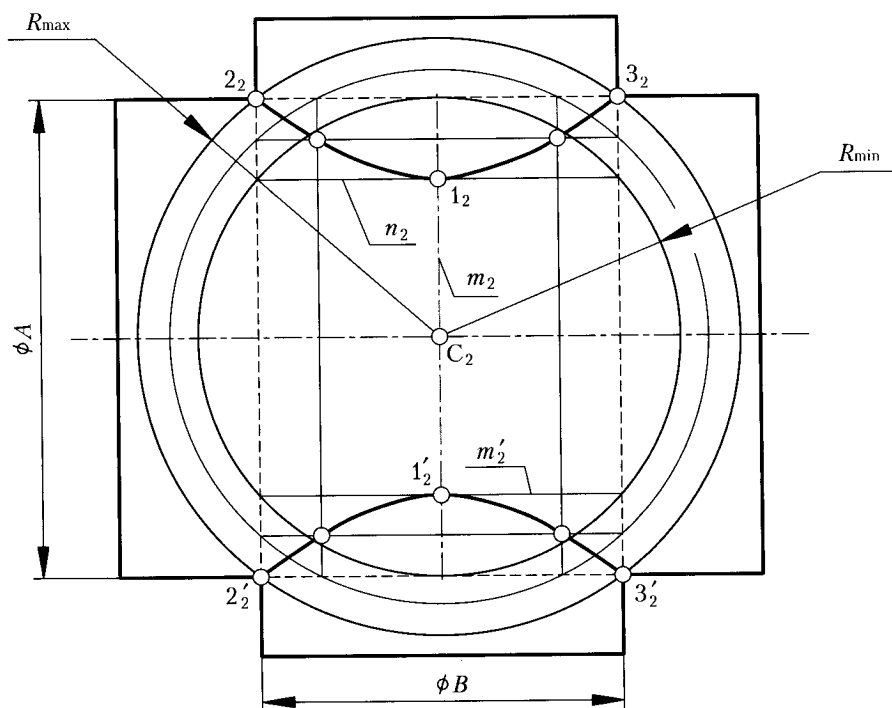


Рис. 4.23

На рис. 4.23 лінія перетину двох циліндрів проєкціюється на фронтальну площину проєкцій, паралельну до спільної площини симетрії поверхонь, гіперболою. Якщо діаметри циліндрів однакові, то точки 1 та 1' збігаються з точкою С, лінія перетину розпадається на два еліпси, а на проєкції маємо виродження гіперболи у дві прямі, що перетинаються.

Використання ексцентричних сфер-посередників

Розглянемо побудову лінії перетину конуса та сфери на комплексному рисунку (рис. 4.24). Оскільки сфера має нескінченну множину осей симетрії, будь-яку точку осі конуса можна взяти як центр допоміжної січної сфери.

Характерні точки лінії перетину сфери та конуса визначають так.

1. Найвищу точку 1 та найнижчу 2 – перетином обрисів поверхонь;
2. Крайню ліву точку 3 – за допомогою січної сфери з центра $C(C_2)$, дотичної до твірних конуса вздовж кола $m(m_2)$, яка перетинає задану сферу по колу $n(R_{\min})$.

Проміжні точки 4–6 визначено за допомогою січних сфер із центрами C' , C'' , C''' на осі конуса. Проекція лінії перетину на фронтальну площину проєкцій є параболою.

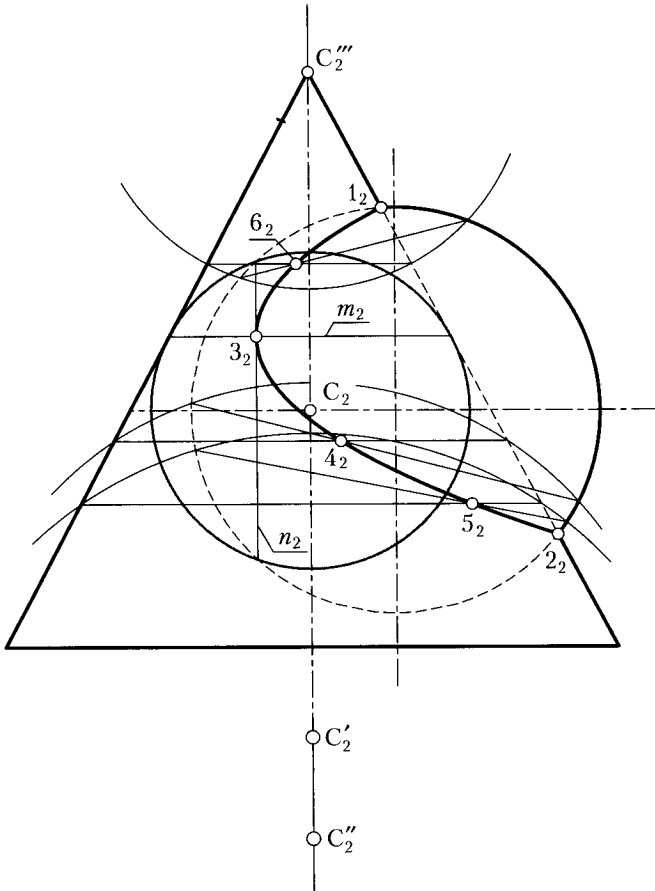


Рис. 4.24

На рис. 4.25 наведено приклад застосування способу ексцентричних сфер для визначення фронтальної проєкції лінії перетину поверхонь, коли одна з поверхонь — тор, тобто трубчаста поверхня, що має сім'ю колових перерізів, а друга — конус. Поверхні мають спільну площину симетрії.

Характерні точки — найнижчу 1 й найвищу 2 задано перетином контурних твірних конуса та контурної твірної тора на фронтальній проєкції.

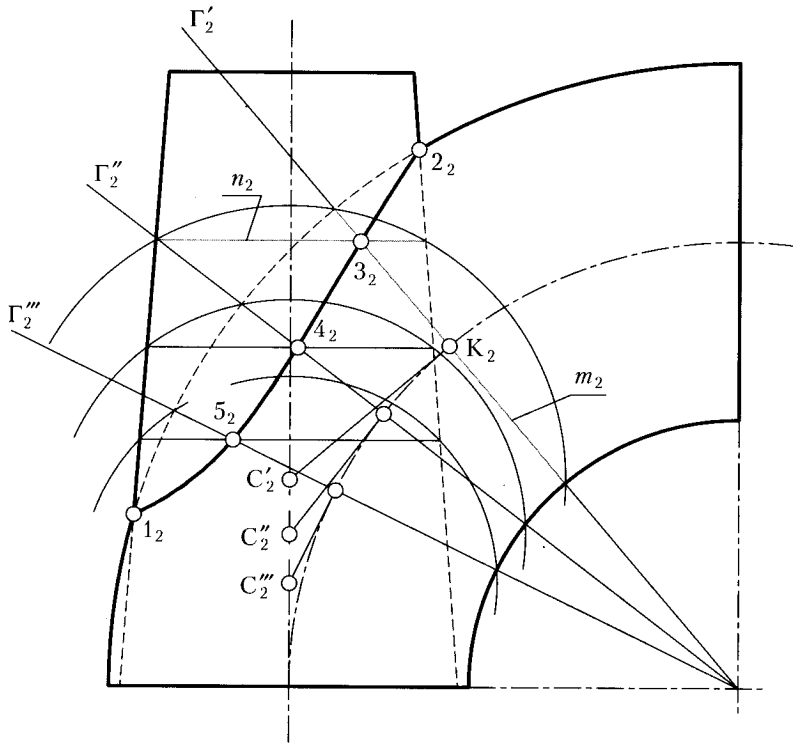


Рис. 4.25

Для визначення проміжних точок через вісь тора проводять пучок фронтально-проекціовальних площин $\Gamma(\Gamma_2)$, які перетинають тор по колових перерізах $m(m_2)$. Кожен коловий переріз вважають «миттєвим» циліндром обертання, точку перетину якого з поверхнею конуса можна визначити за загальним алгоритмом:

- провести вісь «миттєвого» циліндра, яка є перпендикуляром до колового перерізу m у центрі K ;
- знайти точку перетину C осі циліндра з віссю конуса;
- провести сферичний посередник, який перетинає «миттєвий» циліндр по колу m , а конус — по колу n ;
- перетин перерізів m та n визначає точку 3 лінії перетину конуса з тором.

Аналогічно будують інші проміжні точки.

4.3.4. Особливі випадки перетину поверхонь другого порядку

Перетин поверхонь другого порядку по плоских кривих широко застосовують у розв'язуванні технічних задач.

Лінія перетину двох поверхонь другого порядку є просторова крива четвертого порядку, яка може розпадатися на простіші лінії: дві криві другого порядку, пряму та криву третього порядку, чотири прямі, криву другого порядку та дві прямі.

Для розв'язання технічних задач найважливіше те, що крива розпадається на дві плоскі криві другого порядку. Умови, за яких це можливо, відображено в наведених нижче теоремах.

Теорема 1. Якщо дві поверхні другого порядку перетинаються по одній кривій другого порядку, то вони перетинаються ще по одній кривій другого порядку.

На рис. 4.26 показано перетин прямого кругового конуса з еліптичним циліндром. Обидві поверхні мають спільну напрямну — коло AC . Друга крива їх перетину — частина еліпса NM також плоска. На рис. 4.27 зображено перетин сфери з еліптичним конусом, основа якого — екватор AC сфери. Тоді й друга лінія перетину поверхонь являє собою коло.

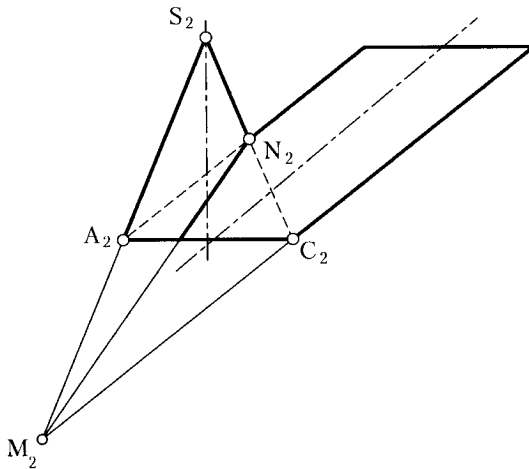


Рис. 4.26

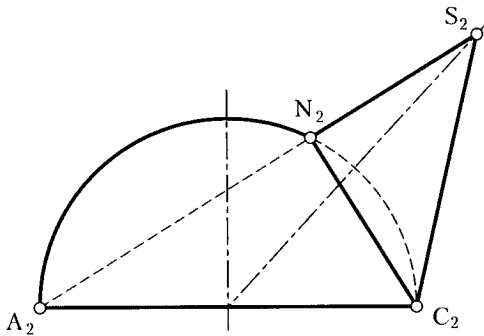


Рис. 4.27

Теорема 2 (про подвійний дотик). Якщо дві поверхні другого порядку мають дві точки дотику, то лінія їх перетину розпадається на дві криві другого порядку, площини яких проходять через пряму, що сполучає точки дотику.

Розглянемо комплексні рисунки перетину кругового циліндра й еліптичного конуса (рис. 4.28), а також двох циліндрів: кругового та еліптичного (рис. 4.29). Лінія перетину поверхонь складається з двох плоских кривих, які проходять через пряму АВ, що з'єднує точки дотику.

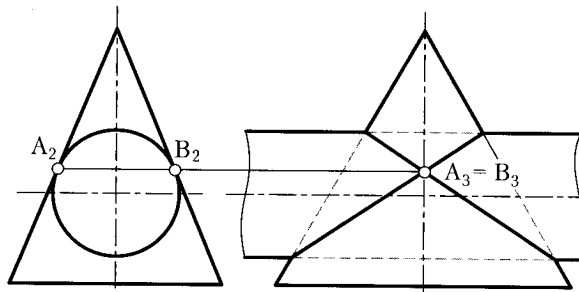


Рис. 4.28

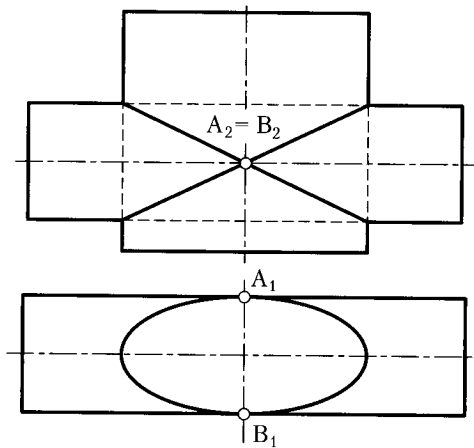


Рис. 4.29

На рис. 4.30, 4.31 показано, як за допомогою січної сфери, що має з поверхнями еліптичного циліндра та еліптичного конуса дві точки дотику, знайти на цих поверхнях колові перерізи.

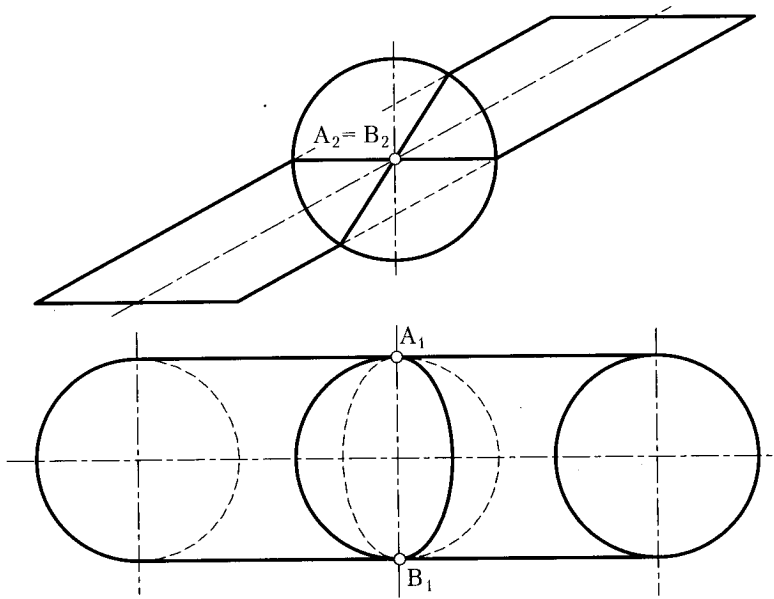


Рис. 4.30

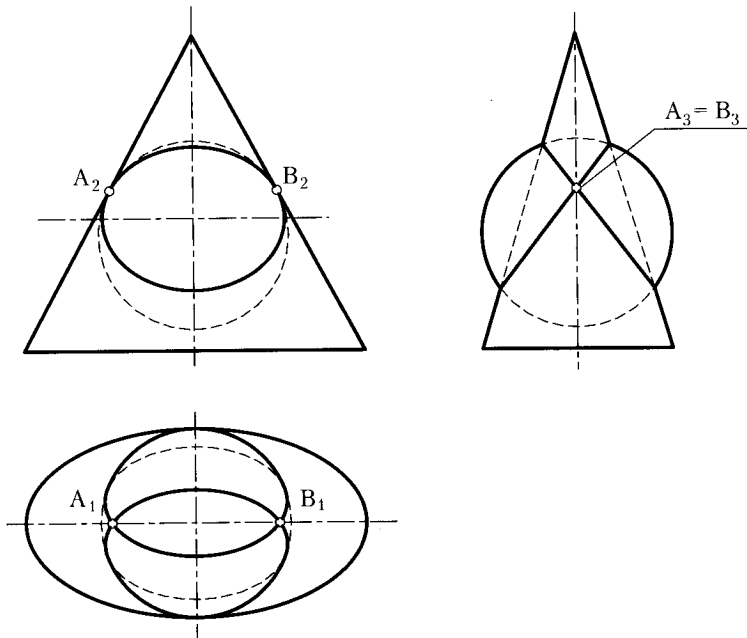


Рис. 4.31

Теорема 3 (Монжа). Якщо дві поверхні другого порядку описано навколо третьої поверхні другого порядку або вписано в неї, то вони перетинаються по двох плоских кривих. Площини таких кривих проходять через пряму, що сполучає точки дотику.

Теорема Монжа є окремим випадком теореми про подвійний дотик.

На рис. 4.32, 4.33 наведено приклади використання теореми для знаходження лінії перетину двох конусів, описаних навколо сфери, та двох еліпсоїдів, вписаних у сферу.

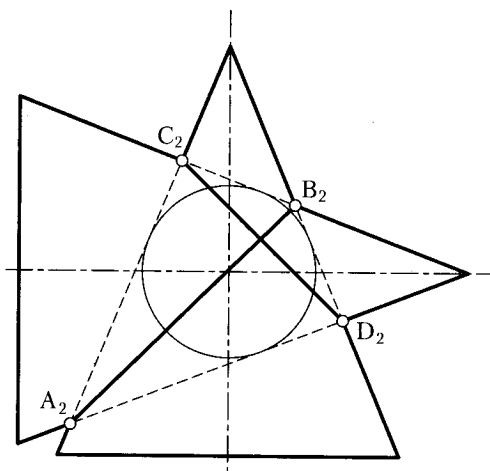


Рис. 4.32

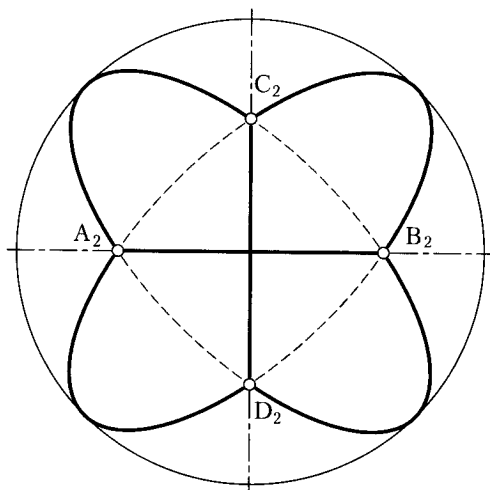


Рис. 4.33

Запитання для самоперевірки

1. Яку лінію називають перерізом?
2. Наведіть алгоритм побудови лінії перерізу поверхні площиною.
3. Які точки лінії перерізу називають характерними?
4. Як побудувати лінію перерізу поверхні січною площиною загального положення?
5. Наведіть алгоритм знаходження точок перетину прямої та поверхні.
6. Які площини використовують для знаходження точок перетину прямої та поверхні?
7. У яких випадках для знаходження точок перетину прямої та поверхні використовують площину загального положення?
8. Які типи ліній отримують унаслідок перетину двох поверхонь?
9. Який метод використовують для знаходження точок лінії перетину?
10. Які типи посередників та у яких випадках використовують для знаходження лінії перетину двох поверхонь?
11. У чому полягають особливості перетину двох поверхонь другого порядку?

Розділ 5

АксонOMETричні проєкції

- ◆ Прямокутна аксонометрія
- ◆ Косокутна аксонометрія

В інженерній практиці кресленики, як правило, складаються з двовимірних прямокутних проєкцій просторових об'єктів, що дає можливість розв'язувати різноманітні конструкторські та технологічні задачі. Однак коли на проєкції немає одного з вимірів об'єкта, наочність зображень зменшується.

Сучасні графічні пакети мають потужні засоби для моделювання об'єктів у тривимірному просторі, що не тільки надає зображенню наочності, але й дає змогу застосувати до створеної моделі операції зафарбовування, тонування, анімації.

Теоретичною базою тривимірного моделювання об'єктів є положення аксонометричного проєкціювання. В інженерній практиці, як правило, використовують паралельне аксонометричне проєкціювання.

Таке проєкціювання оборотне, тому що об'єкт прив'язано до просторової декартової системи координат, і він разом з нею проєкціюється на площину аксонометричних проєкцій. Основною теоремою паралельної аксонометрії є *теорема Польке-Шварца*: будь-які три відрізки на площині, що виходять з однієї точки, можна розглядати як паралельні проєкції трьох рівних та взаємноперпендикулярних відрізків у просторі.

Теорема передбачає свободу вибору осей аксонометричних зображень.

На рис. 5.1 наведено схему проєкціювання точки A на аксонометричну площину проєкцій Π' . Напрямок проєкціювання s показано стрілкою. Він не збігається з жодною з осей проєкцій. Осі OX , OY , OZ ортогональної системи координат проєкціюються на Π' в осі аксонометричної системи $O'X'$, $O'Y'$, $O'Z'$.

Точку $A(x, y, z)$ задано в декартовій системі координат. Якщо спроекціювати її на горизонтальну площину HOY , то можна побудувати координатну ламану OA_xA_1A , довжина ланок якої відповідає дійсним координатам точки A . У площині аксонометричних проєкцій такій ламаній відповідає аксонометрична координатна ламана $O'A'_xA'_1A'$, де точка A' — аксонометрична проєкція точки A , а A'_1 — її вторинна проєкція. Довжина ланок такої ламаної відрізняється від дійсних координат точки A .

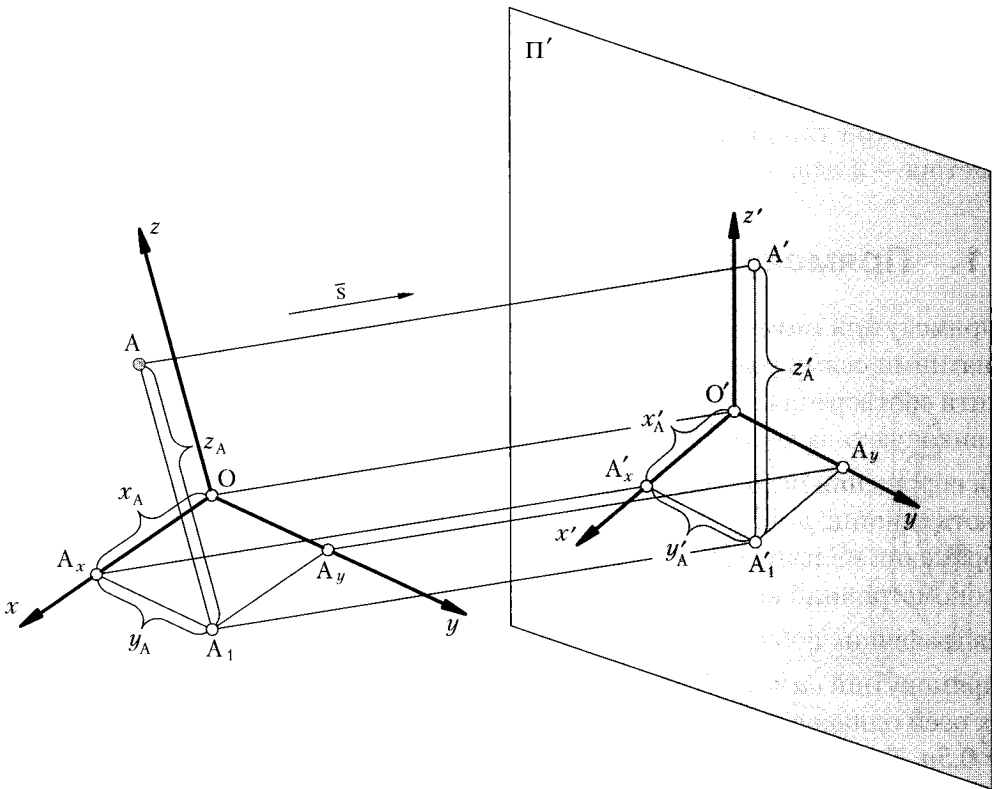


Рис. 5.1

Відношення аксонометричних проекцій відрізків до їх дійсних величин називають *коефіцієнтами (показниками) спотворення*:

$$\frac{O'A'_x}{OA_x} = \frac{x'}{x} = p, \quad \frac{O'A'_y}{OA_y} = \frac{y'}{y} = q, \quad \frac{A'A'_1}{AA_1} = \frac{z'}{z} = r.$$

Аксонометричні проекції поділяють на *триметричні*, коли всі три коефіцієнти спотворення різні, *диметричні*, коли два з них однакові, та *ізометричні*, коли всі три коефіцієнти однакові.

Якщо напрям s проєкціювання перпендикулярний до площини Π' , то аксонометрична проєкція називається прямокутною, в іншому разі — косокутною. У прямокутній аксонометрії залежність між коефіцієнтами спотворення має вигляд

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2.$$

У косокутній ця залежність така:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2 + \text{ctg}^2\varphi,$$

де φ – кут між напрямком проєкціювання та площиною аксонометричних проєкцій.

В інженерній практиці відповідно до ГОСТ 2.317–69 використовують дві прямокутні аксонометричні проєкції: ізометрію та диметрію — і три косокутні: фронтальну ізометрію, диметрію та горизонтальну ізометрію. Найбільшого поширення набули три типи аксонометричних проєкцій: дві прямокутні — ізометрія та диметрія — й одна косокутна — фронтальна диметрія.

5.1. Прямокутна аксонометрія

У прямокутній *ізометрії* (рис. 5.2) коефіцієнти спотворення за всіма трьома координатними осями однакові $p = q = r$. Згідно із залежністю $p^2 + q^2 + r^2 = 2$ коефіцієнти спотворення $p = q = r = 0,82$. Точний аксонометричний кресленик в ізометрії виконують за координатами $x' = 0,82x$, $y' = 0,82y$, $z' = 0,82z$.

Для спрощення побудови користуються коефіцієнтами спотворення, які дорівнюють одиниці: $p = q = r = 1$. Такі коефіцієнти називають зведеними. У цьому разі зображення збільшується в 1,22 рази відносно прямокутних проєкцій. Отриманий аксонометричний кресленик називають *зведеним*.

Для графічних побудов зазвичай користуються лише зведеними коефіцієнтами.

В прямокутній *диметрії* (рис. 5.3) коефіцієнти спотворення для двох координатних осей однакові: $p = r$. Для третьої координатної осі коефіцієнт спотворення $q = 0,5p$. Точні значення коефіцієнтів спотворення в диметрії такі: $p = r = 0,94$, $q = 0,47$. Точний аксонометричний кресленик у диметрії виконують за координатами $x' = 0,94x$, $y' = 0,47y$, $z' = 0,94z$. Аксонометричні координати зведеного креслення дорівнюють $x' = x$, $y' = 0,5y$, $z' = z$. Зведене зображення збільшується в 1,06 рази.

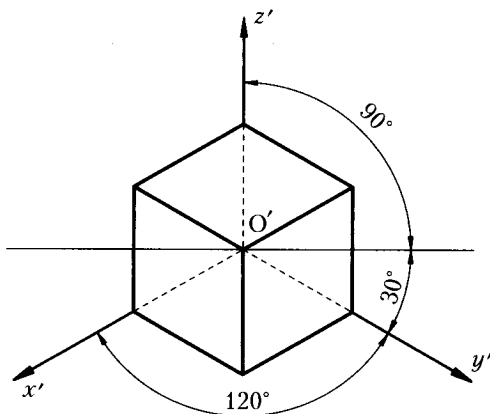


Рис. 5.2

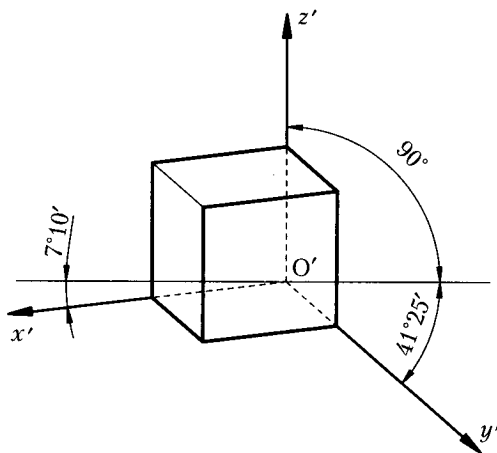


Рис. 5.3

Прямокутною аксонометричною проекцією кола, яке розташоване у площині, паралельній до будь-якого відображення площини проекцій, є еліпс. Напрямок малої осі еліпса збігається з напрямком аксонометричної осі, перпендикулярної до площини кола (рис. 5.4).

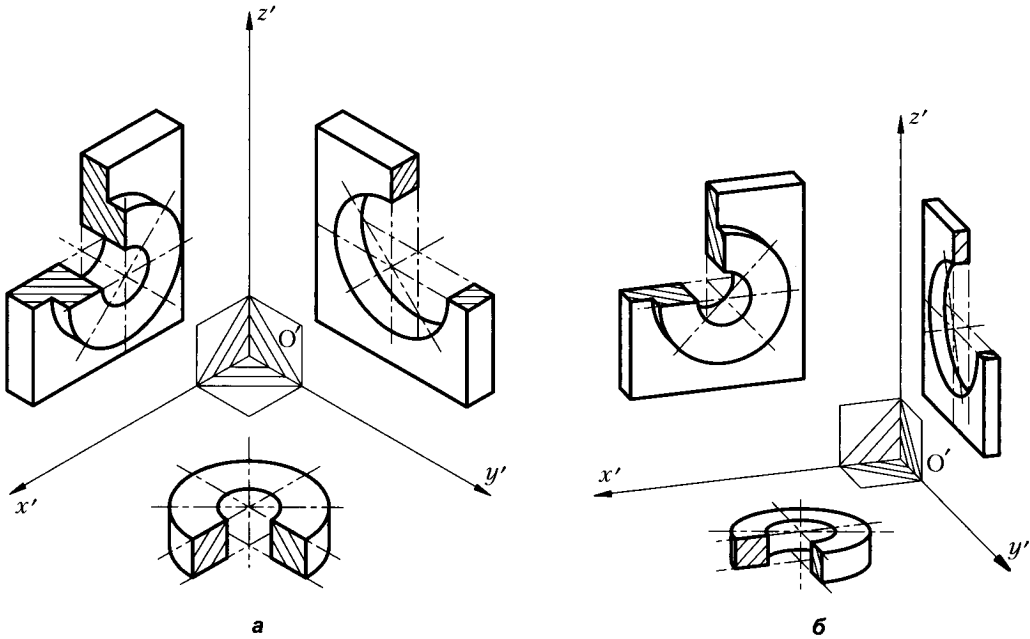


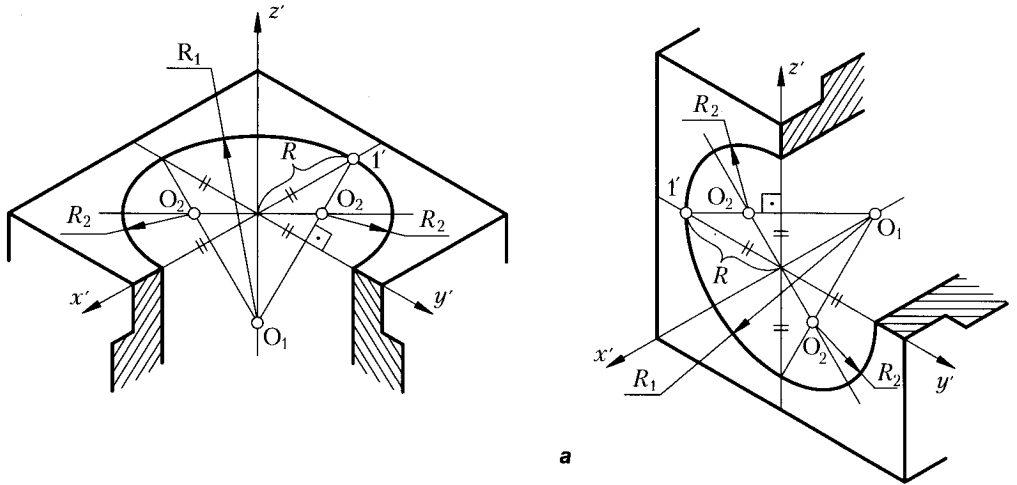
Рис. 5.4

Розміри осей еліпса такі.

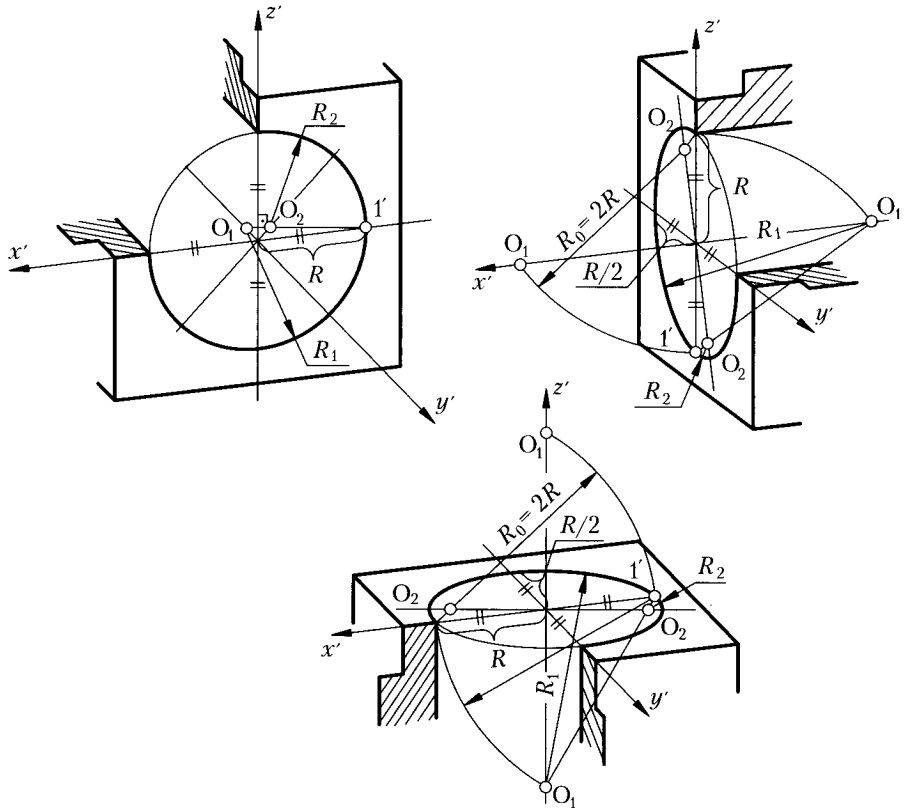
- Для зведеного зображення кола в ізометрії (див. рис. 5.4, а) велика вісь дорівнює $1,22D$, мала — $0,71D$, де D — діаметр кола.
- Для зведеного зображення кола у диметрії (рис. 5.4, б) велика вісь дорівнює $1,06D$. Мала вісь еліпса в площинах, паралельних до площини $X'O'Z'$, дорівнює $0,95D$, а в площинах, паралельних до площин $X'O'Y'$ та $Z'O'Y'$, — $0,35D$.

На рис. 5.4 наведено аксонометричні кресленики деталей із циліндричними отворами, осі яких перпендикулярні до різних площин проекцій, а також приклади побудови розрізів та штрихування перерізів, паралельних до площин проекцій.

У креслениках дозволено замінити еліпси як зображення кіл в аксонометрії овалами. Побудову таких овалів проілюстровано на рис. 5.5 (а — в ізометрії, б — у диметрії).



a



б

Рис. 5.5

Побудову аксонометричного креслення деталі за ортогональними проекціями виконують у такій послідовності (рис. 5.6).

1. Побудувати основу деталі.
2. Провести аксонометричні осі для всіх елементів деталі.
3. Побудувати перерізи, що утворюються у площинах розрізів на ортогональних проекціях деталі.
4. Виконати зображення елементів деталі.
5. Виконати штрихування.

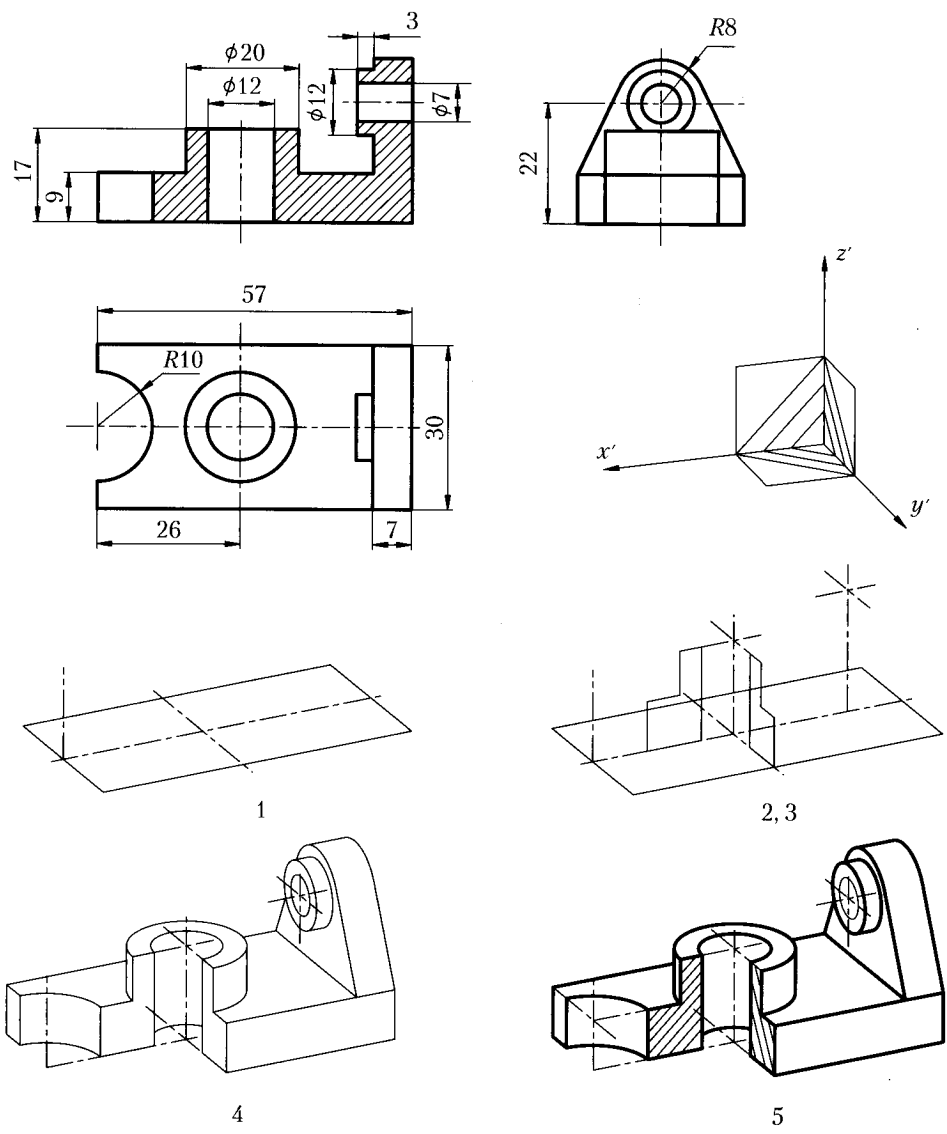


Рис. 5.6

5.2. Косокутна аксинометрія

Для косокутної аксинометрії площиною зображення обирають площину, паралельну до однієї з площин проєкцій. У цьому разі геометричні образи, що належать площинам, паралельним до обраної площини аксинометричних зображень, проєкціюються на неї без спотворень, а побудована аксинометрія має в назві позначення відповідної площини проєкцій.

На рис. 5.7 наведено схему побудови косокутних аксинометричних проєкцій: *a* — фронтальної ізометрії ($p = q = r = 1$), *б* — горизонтальної ізометрії ($p = q = r = 1$), *в* — фронтальної диметрії ($p = r = 1, q = 0,5$).

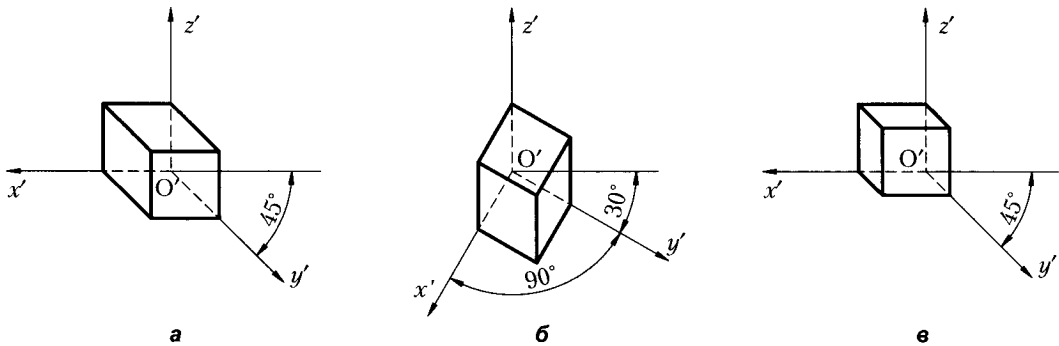


Рис. 5.7

Запитання для самоперевірки

1. У чому полягає принцип утворення аксинометричних зображень?
2. Назвіть основні типи аксинометричних проєкцій.
3. Який аксинометричний кресленик називають зведеним?
4. Яка послідовність виконання аксинометричного кресленика деталі за її ортогональними проєкціями?

Частина 2

Технічне креслення

Розділ 6

Загальні положення розробляння та оформлення конструкторської документації

- ◆ Стандартизація в оформленні конструкторської документації
- ◆ Визначення, призначеність, сфера застосування та правила позначання стандартів ЄСКД
- ◆ Види виробів
- ◆ Основні види конструкторських документів
- ◆ Стадії розробляння конструкторської документації
- ◆ Комплектність конструкторської документації
- ◆ Позначання виробів і конструкторських документів

6.1. Стандартизація в оформленні конструкторської документації

Розробляння та оформлення конструкторської документації мають здійснюватися відповідно до вимог чинних стандартів, що забезпечує єдину технічну мову і термінологію, взаємообмін конструкторською документацією без її переоформлення між галузями промисловості й окремими підприємствами, розширення уніфікації під час конструкторського розробляння проектів промислових виробів, спрощення форми документів і скорочення їх номенклатури, автоматизоване створення документації й організацію виробництва будь-якого виробу на підприємстві у найкоротший термін.

Станом на 01.01. 2008 р. на території України чинні такі нормативні документи (НД).

1. Міждержавні стандарти, настановчі документи, рекомендації.
2. Державні стандарти України.
3. Республіканські стандарти колишньої УРСР, затверджені Держпланом колишньої УРСР чи Міністерством економіки України до 1 серпня 1991 р.
4. Наставовчі документи Держспоживстандарту України.
5. Державні класифікатори.

6. Галузеві стандарти (ОСТ) і технічні умови (ТУ) колишнього СРСР, затверджені до 1 січня 1992 р., термін чинності яких продовжено, якщо вимоги цих НД не суперечать чинному законодавству України.
7. Галузеві стандарти та стандарти організацій України (ГСТУ та СОУ), зареєстровані Державним підприємством «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»).
8. Технічні умови, зареєстровані органами Держспоживстандарту України — центрами стандартизації, метрології та сертифікації.
9. Нормативні документи центральних органів виконавчої влади України.

Позначка нормативних документів складається з індексу, цифрової позначки та відокремлених рискою двох останніх цифр року затвердження. Рік затвердження НД, починаючи з 2000 р., проставляють повністю і відокремлюють двокрапкою. Вимоги до позначання національних стандартів викладено у ДСТУ 1.5:2003, а технічних умов — у ДСТУ 1.3:2004. Розпочинаючи з 01.07.2001 р. міжнародні та регіональні стандарти, прийняті як національні, позначають згідно з ДСТУ 1.7:2001 із зазначенням ступеня їх відповідності.

Індекси познач НД:

- ДСТУ — національні стандарти, затверджені Держспоживстандартом України;
- ДСТУ.../ГОСТ... — національні стандарти України, які прийняті Міждержавною радою зі стандартизації, метрології та сертифікації як міждержавні стандарти;
- ДСТУ ГОСТ — національні стандарти, через які впроваджено міждержавні стандарти (ГОСТ) методом перевидання;
- ДСТУ ISO — національні стандарти, через які впроваджено стандарти Міжнародної організації зі стандартизації (ISO). Номер стандарту відповідає номеру міжнародного стандарту, а рік — рокові затвердження національного стандарту. За таким самим правилом позначаються національні стандарти, які впроваджують стандарти Міжнародної електротехнічної комісії (IEC) чи стандарти, прийняті спільно цими організаціями (з індексом ISO/IEC);
- ДСТУ EN — національні стандарти, через які впроваджено європейські стандарти (EN);
- РСТ УССР — республіканські стандарти колишньої УРСР;
- ДК — державні класифікатори;
- ГСТУ — галузеві стандарти України;
- СОУ — стандарти організацій України.

Розробляючи конструкторську документацію на виробу машинобудування та приладобудування, слід керуватися національними стандартами, що входять до

комплексу стандартів Системи конструкторської документації (СКД), та міждержавними стандартами, що входять до комплексу стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД). При цьому слід використовувати терміни та визначення основних понять, установлені ДСТУ 3321:2003. Зазначимо, що терміни, установлені цим стандартом, треба використовувати в конструкторській документації усіх видів, а також у довідковій та навчально-методичній літературі, що стосується конструкторської документації.

6.2. Визначення, призначеність, сфера застосування та правила позначання стандартів ЄСКД

ЄСКД — це комплекс стандартів, що встановлюють взаємопов'язані норми та правила з розроблення, оформлювання та обігу конструкторської документації, яку розробляють та застосовують на усіх стадіях життєвого циклу виробу (під час проектування, розроблення, виготовлення, контролювання, приймання, експлуатації, ремонту, утилізації).

Призначеність, сферу застосування, класифікацію та правила позначання міждержавних стандартів, що входять до комплексу ЄСКД, а також порядок їх впровадження визначає ДСТУ ГОСТ 2.001:2006. Згідно з його положеннями основною призначеністю ЄСКД є встановлення єдиних норм і оптимальних правил виконання, оформлення та обігу конструкторської документації, які забезпечують:

- застосування сучасних методів та засобів на усіх стадіях життєвого циклу виробу;
- можливість взаємообміну конструкторською документацією без її переоформлення;
- оптимальну комплектність конструкторської документації;
- механізацію й автоматизацію оброблення конструкторських документів та інформації, що у ній міститься;
- високу якість виробів;
- наявність у конструкторській документації вимог, що забезпечують безпеку використання виробів для життя та здоров'я споживачів, довкілля, а також запобігання заподіянню шкоди майну;
- можливість розширення уніфікації та стандартизації в ході проектування виробів та розроблення конструкторської документації;
- можливість проведення сертифікації виробів;
- скорочення термінів та зниження трудомісткості підготовки виробництва;
- правильну експлуатацію виробів;
- оперативну підготовку документації для швидкого переналагодження діючого виробництва;

- спрощення форм конструкторських документів та графічних зображень;
- можливість створення та ведення єдиної інформаційної бази автоматизованих систем (САПР, АСУП тощо);
- можливість інформаційного забезпечення підтримки життєвого циклу виробу;
- можливість гармонізування стандартів ЄСКД з міжнародними стандартами (ISO, IEC) в галузі конструкторської документації.

Встановлені стандартами ЄСКД норми та правила поширюються на усі види конструкторських документів, на обліково-реєстраційну, нормативну та технологічну документацію, а також на науково-технічну та навчальну літературу.

Міждержавні стандарти ЄСКД розподіляються за десятьма класифікаційними групами, які наведено табл. 6.1.

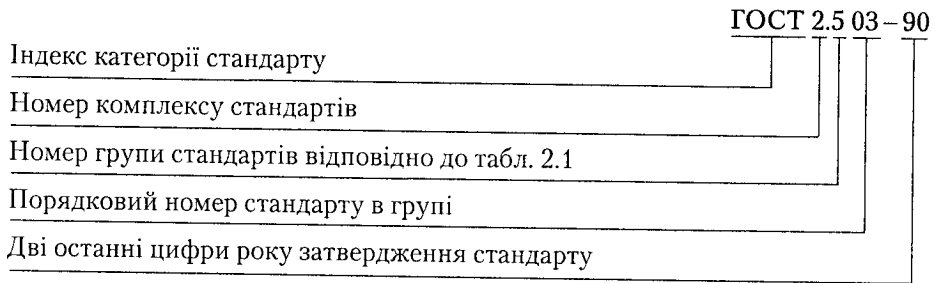
Таблиця 6.1. Класифікаційні групи стандартів ЄСКД

Номер групи	Найменування класифікаційної групи стандартів
0	Загальні положення
1	Основні положення
2	Класифікація та позначання виробів і конструкторських документів
3	Загальні правила виконання креслеників
4	Правила виконання креслеників різних виробів
5	Правила змінювання та обігу конструкторської документації
6	Правила виконання експлуатаційної та ремонтної конструкторської документації
7	Правила виконання схем
8	Правила виконання документів у разі макетного методу проектування
9	Інші стандарти

Позначка стандартів ЄСКД складається з таких елементів:

- індексу категорії стандарту – ГОСТ;
- цифри 2, яку присвоєно комплексу стандартів ЄСКД;
- цифри (після крапки), що позначає номер групи стандартів відповідно до табл. 6.1;
- двозначного числа, яке позначає порядковий номер стандарту в даній групі;
- двох останніх цифр (після тире), які вказують дві останні цифри року затвердження стандарту. Починаючи з 2000 р. позначку року вказують чотирма цифрами.

Структуру позначки ілюструє наведений нижче приклад позначки стандарту «ЄСКД. Правила внесення змін» (ГОСТ 2.503).



6.3. Види виробів

Виробом називається будь-який предмет або набір предметів, що їх виробляють на підприємстві (ДСТУ 3321:2003).

Вироби залежно від їх призначеності поділяють на *вироби основного виробництва* та *вироби допоміжного виробництва* (ГОСТ 2.101–68).

До виробів *основного виробництва* відносять такі, що призначені для постачання (реалізації). До виробів *допоміжного виробництва* відносять вироби, які призначені тільки для власних потреб підприємства, що їх виготовляє. Вироби, які призначені для поставки (реалізації) та водночас використовуються для власних потреб підприємства, що їх виготовляє, слід відносити до виробів основного виробництва.

ГОСТ 2.101–68 встановлює такі види виробів: *деталі, складанні одиниці, комплекси, комплекти*.

Залежно від наявності складових частин вироби поділяють на такі:

- *нерозспецифіковані* (деталі), що не мають складових частин;
- *розспецифіковані* (складанні одиниці, комплекси, комплекти), що складаються з двох і більше складових частин.

ДСТУ 3321:2003 подає такі визначення видів виробів.

Деталь – виріб, що його виготовляють із матеріалу однієї марки, не виконуючи складальних операцій.

Складанна одиниця – виріб, складові частини якого з'єднують між собою на підприємстві-виробнику.

Комплекс – кілька розспецифікованих виробів взаємопов'язаної призначеності, які не з'єднують між собою на підприємстві-виробнику.

Комплект – кілька виробів спільної функційної призначеності, переважно допоміжного характеру, які не з'єднують між собою на підприємстві-виробнику.

Структуру різних видів виробів показано на рис. 6.1.

На всі види виробів створюють відповідну конструкторську документацію.



Рис. 6.1

6.4. Основні види конструкторських документів

Конструкторський документ — це документ, який окремо чи разом з іншими документами визначає склад і конструкцію виробу та містить змістовну та реквізитну частини, в тому числі встановлені підписи.

До конструкторських документів відносять графічні, текстові, аудіовізуальні (мультимедійні) та інші документи, що містять інформацію про виріб, необхідну для його розроблення, виготовлення, контролювання, приймання, експлуатації, ремонту (модернізації) та утилізації.

Конструкторські документи можуть бути виконані в *паперовій* та (або) *електронній* формах.

Паперовий конструкторський документ (документ у паперовій формі) — документ, виконаний на паперовому або аналогічному за призначеністю носії (папері, кальці, мікрофільмах, мікрофішах тощо).

Електронний конструкторський документ (документ у електронній формі) — документ, виконаний як структурований набір даних, які створюють програмно-технічним засобом. Встановлені підписи в електронному конструкторському документі виконують у вигляді електронного цифрового підпису.

Конструкторські документи залежно від інформації, що її у них подають, поділяються на *графічні, текстові та аудіовізуальні (мультимедійні)*.

Графічний конструкторський документ — це документ, що містить переважно графічне зображення виробу і (або) його складових частин, будови, принципу дії

та внутрішніх і зовнішніх зв'язків його функційних частин. До графічних конструкторських документів відносять кресленики, схеми, електронні моделі виробу та його складових частин.

Текстовий конструкторський документ — це документ, що містить переважно суцільний чи поділений на колонки текст. До текстових документів відносять специфікації, технічні умови, розрахунки, пояснювальні записки, інструкції, таблиці тощо.

Аудіовізуальний (мультимедійний) конструкторський документ — конструкторський документ, що містить звукову та (або) відео інформацію.

Види та комплектність конструкторських документів на виробі усіх галузей промисловості встановлює міждержавний стандарт ГОСТ 2.102–68. Визначення (відповідно до ДСТУ 3321:2003 та ГОСТ 2.102–68) найуживаніших видів конструкторських документів подано в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Види конструкторських документів

Вид документа	Визначення
Електронна модель деталі	Документ, який містить електронну геометричну модель деталі та вимоги до її виготовлення (включаючи граничні відхилення розмірів, шорсткості поверхонь тощо)
Кресленик деталі	Графічний конструкторський документ, що містить зображення деталі та інші дані, згідно з якими її виготовляють і контролюють
Електронна модель складаної одиниці	Документ, який містить електронну геометричну модель складаної одиниці, відповідні електронні геометричні моделі складових частин, властивості, характеристики та інші дані, необхідні для складання (виготовлення) та контролювання
Складальний кресленик	Графічний конструкторський документ, що містить зображення складаної одиниці та інші дані, згідно з якими її складають (виготовляють) і контролюють
Кресленик загального виду	Графічний конструкторський документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу
Теоретичний кресленик	Графічний конструкторський документ, що визначає геометричну форму (обриси) виробу і координати розташування складових частин
Габаритний кресленик	Графічний конструкторський документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, установчими і приєднаними розмірами
Електромонтажний кресленик	Графічний конструкторський документ, що містить зображення монттованих електричних і радіоелектронних виробів, електричних комунікацій між ними і дані, згідно з якими їх монттують
Кресленик на пакування	Графічний конструкторський документ, що містить дані, згідно з якими виріб пакують

Вид документа	Визначення
Монтажний кресленик	Графічний конструкторський документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, згідно з якими його встановлюють (монтують) на місці експлуатування
Схема	Графічний конструкторський документ, на якому за допомогою умовних позначок і зображень показано складові частини виробу і зв'язки між ними
Електронна структура виробу	Документ, який містить в електронній формі склад складаної одиниці, комплексу або комплекту та ієрархічні зв'язки між його складовими частинами, а також інші дані залежно від його призначеності
Специфікація	Текстовий конструкторський документ, у якому зазначають склад розспецифікованого виробу (складаної одиниці, комплексу або комплекту) та розробленої на нього конструкторської документації
Розпис технічної пропозиції	Текстовий конструкторський документ, що містить перелік документів, долучених до технічної пропозиції
Розпис ескізного проекту	Текстовий конструкторський документ, що містить перелік документів, долучених до ескізного проекту
Розпис технічного проекту	Текстовий конструкторський документ, що містить перелік документів, долучених до технічного проекту
Пояснювальна записка	Текстовий конструкторський документ, що містить опис конструкції та принципу дії розроблюваного виробу, обґрунтування прийнятих на стадії його розроблення технічних і техніко-економічних розв'язків
Розпис електронних документів	Документ, який містить перелік документів, виконаних в електронній формі
Технічні умови	Текстовий конструкторський документ, що містить вимоги до виробу, його виготовлення, контролювання, приймання і постачання, які недоцільно зазначати в інших конструкторських документах на цей виріб
Таблиця	Текстовий конструкторський документ, що містить залежно від його призначеності певні дані, зведені в таблицю
Розрахунок	Текстовий конструкторський документ, що містить алгоритм і (або) результати обчислення параметрів і величин
Інструкція	Текстовий конструкторський документ, що містить вказівки і правила щодо виготовлення виробу (складання, регулювання, контролювання, приймання тощо)

Конструкторські документи залежно від стадії їх розроблення поділяють на *проектні* (технічна пропозиція, ескізний проект і технічний проект) і *робочі* (робоча документація).

6.5. Стадії розроблення конструкторської документації

Основним вихідним документом для розроблення продукції та конструкторської документації на неї є *технічне завдання (ТЗ)*. Технічне завдання (ДСТУ 3973–2000) має відображати вимоги до продукції та основні елементи її розроблення і не обмежувати ініціативу розробника відносно пошуку та вибору оптимального розв'язання поставленої задачі. Технічне завдання не належить до конструкторської документації, але його вимоги поширюються на всі стадії її розроблення.

Стадії розроблення конструкторської документації в загальному випадку встановлює ГОСТ 2.103–68. До них, як уже зазначалося, належать технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект і робоча конструкторська документація. Обов'язковість виконання стадій та етапів розроблення конструкторської документації визначається технічним завданням.

Технічна пропозиція — це проектна конструкторська документація, яка містить технічне і техніко-економічне обґрунтування доцільності розроблення виробу на підставі аналізу технічного завдання та опрацювання можливих варіантів конструкції виробу.

Вимоги до документів та обсяг робіт, що їх виконують у ході розроблення технічної пропозиції, встановлює ГОСТ 2.118–73. У загальному випадку це такі роботи:

- виявлення варіантів можливих рішень, встановлення особливостей варіантів, їх конструкторське розроблення;
- перевірка варіантів на патентну чистоту та конкурентоспроможність, оформлення заявок на винаходи;
- перевірка відповідності варіантів вимогам техніки безпеки та виробничої санітарії;
- порівняльна оцінка варіантів за показниками якості (наприклад, надійності, економічними, естетичними, ергономічними), а також, у разі необхідності, за показниками технологічності (трудомісткості, матеріаломісткості тощо);
- вибір оптимального варіанта виробу, встановлення вимог до виробу (технічних характеристик, показників якості тощо), а також до наступних стадій розроблення.

Документам технічної пропозиції присвоюють літеру «П». Технічна пропозиція після узгодження та затвердження є основою для розроблення ескізного (технічного проекту).

Ескізний проект — це проектна конструкторська документація, яка містить принципи конструктивні розв'язки, достатні, щоб отримати загальне уявлення про конструкцію та принципи дії виробу, а також дані, що визначають його відповідність призначеності, основні параметри і габаритні розміри.

Вимоги до документів та обсяг робіт, що їх виконують під час розроблення ескізного проекту, встановлює ГОСТ 2.119–73. Рекомендований перелік робіт наступний:

- виконання варіантів можливих рішень, встановлення особливостей варіантів, їх конструкторське пророблення;
- попереднє розв'язання питань пакування та транспортування виробу;
- виготовлення та випробування макетів з метою перевірки принципів роботи виробу та (або) його складових частин;
- розроблення та обґрунтування технічних розв'язків, спрямованих на забезпечення показників надійності, встановлених технічним завданням та технічною пропозицією;
- оцінювання виробу на технологічність і правильність вибору засобів і методів контролювання (випробовування, аналіз, вимірювання);
- оцінювання виробу за показниками стандартизації та уніфікації;
- оцінювання виробу щодо його відповідності вимогам ергономіки, технічної естетики;
- прийняття принципових рішень, підтвердження (або уточнення) вимог, що їх ставлять до виробу технічне завдання та технічна пропозиція;
- складання переліку робіт, які слід провести на наступній стадії розроблення.

Документам ескізного проекту присвоюють літеру «Э».

Ескізний проект після узгодження та затвердження є основою для розроблення технічного проекту або робочої конструкторської документації.

Технічний проект — це проектна конструкторська документація, яка містить остаточні технічні розв'язки, що дають повне уявлення про конструкцію розроблюваного виробу, та початкові дані для розроблення робочої конструкторської документації.

Вимоги до документів та обсяг робіт, що їх виконують у ході розроблення технічного проекту, встановлює ГОСТ 2.120–73. У загальному випадку під час розроблення технічного проекту виконують такі роботи:

- розроблення конструктивних розв'язків виробу та його складових частин;
- виконання необхідних розрахунків, у тому числі й таких, що підтверджують техніко-економічні показники, встановлені технічним завданням;

- виконання необхідних принципових схем, схем з'єднування та ін.;
- розроблення та обґрунтування технічних розв'язків, що забезпечують показники надійності;
- аналіз конструкції виробу на технологічність;
- розроблення, виготовлення та випробування макетів;
- проведення заходів із забезпечення заданого в технічному завданні рівня стандартизації та уніфікації;
- виявлення номенклатури покупних виробів;
- складання переліку робіт, які слід провести на стадії розроблення робочої документації, у доповнення та (або) уточнення робіт, передбачених технічним завданням, технічною пропозицією та ескізним проектом.

Документам технічного проекту присвоюють літеру «Т».

Технічний проект після узгодження та затвердження слугує основою для розроблення робочої конструкторської документації.

Робоча конструкторська документація — це документація, розроблена на основі технічного завдання чи проектної конструкторської документації, згідно з якою виготовляють, контролюють, приймають, постачають, експлуатують та ремонтують виріб.

На стадії створення робочої документації виконують такі роботи:

- розроблення конструкторської документації, призначеної для виготовлення та випробовування дослідного зразка;
- виготовлення та попереднє випробовування дослідного зразка;
- коригування конструкторської документації за результатами виготовлення та попереднього випробовування дослідного зразка з присвоєнням документам літери «О»;
- приймальні випробовування дослідного зразка;
- коригування конструкторської документації за результатами приймальних випробувань дослідного зразка з присвоєнням документам літери «О₁»;
- виготовлення та випробовування установчої серії за документами з літерою «О₁»;
- коригування конструкторської документації за результатами виготовлення та випробовування установчої серії з присвоєнням документам літери «А»;

- у разі необхідності виготовлення та випробовування головної (контрольної) серії за документацією з літерою «А» та відповідне коригування документів з присвоєнням документам літери «Б».

6.6. Комплектність конструкторської документації

Визначаючи комплектність конструкторських документів на виробі, слід розрізняти (ГОСТ 2.102–68):

- основний конструкторський документ;
- основний комплект конструкторських документів;
- повний комплект конструкторських документів.

Основний конструкторський документ — це документ, який окремо чи разом з іншими зазначеними в ньому конструкторськими документами повністю й однозначно визначає певний виріб та його склад.

За основні конструкторські документи приймають:

- для деталей — кресленик деталі або електронну модель деталі;
- для складаних одиниць, комплексів і комплектів — специфікацію або електронну структуру виробу.

Основний комплект конструкторських документів — комплект конструкторських документів, що стосуються виробу в цілому, наприклад, складальний кресленик, принципова електрична схема, технічні умови, експлуатаційні документи.

Конструкторські документи складових частин не входять до основного комплекту конструкторських документів.

Повний комплект конструкторських документів — комплект конструкторських документів, складений з основного комплекту конструкторських документів на даний виріб і основних комплектів конструкторських документів на всі його складові частини, застосовані згідно зі своїми основними конструкторськими документами.

Усі графічні документи (кресленики, схеми) можуть бути виконані в електронній формі як електронні кресленики або як електронні моделі виробу. Усі текстові документи можуть бути виконані в електронній формі. При цьому зберігаються вид документа і його назва.

Номенклатуру конструкторських документів, що їх розробляють на виробі, залежно від стадії розроблення наведено (не повністю) у табл. 6.3.

Таблиця 6.3. Номенклатура конструкторських документів за ГОСТ 2.102–68

Код документа	Назва документа	Технічна пропозиція	Ескізний проект	Технічний проект	Робоча документація на				Додаткові вказівки
					деталі	складанні одиниці	комплекси	комплекти	
—	Електронна модель деталі	—	—	○	●	—	—	—	Вимоги за ДСТУ ГОСТ 2.052
—	Кресленик деталі	—	—	○	●	—	—	—	—
ЭСБ	Електронна модель складанної одиниці	—	—	—	—	●	—	—	Вимоги за ДСТУ ГОСТ 2.052
СБ	Складальний кресленик	—	—	—	—	●	—	—	—
ВО	Кресленик загального виду	○	○	●	—	—	—	—	—
ТЧ	Теоретичний кресленик	—	○	○	○	○	○	—	—
ГЧ	Габаритний кресленик	○	○	○	○	○	○	—	—
МЭ	Електро-монтажний кресленик	—	—	—	—	○	—	—	—
МЧ	Монтажний кресленик	—	—	—	—	○	○	○	—
УЧ	Кресленик на пакування	—	—	—	○	○	○	○	—
За ГОСТ 2.701	Схема	○	○	○	—	○	○	○	Номенклатуру різних видів схем встановлено ГОСТ 2.701
—	Електронна структура виробу	○	○	○	—	●	●	●	Вимоги за ДСТУ ГОСТ 2.052
—	Специфікація	—	—	—	—	●	●	●	—
ПТ	Розпис технічної пропозиції	●	—	—	—	—	—	—	—
ЭП	Розпис ескізного проекту	—	●	—	—	—	—	—	—
ТП	Розпис технічного проекту	—	—	●	—	—	—	—	—

Код документа	Назва документа	Технічна пропозиція	Ескізний проект	Технічний проект	Робоча документація на				Додаткові вказівки
					деталі	складанні одиниці	комплекси	комплекти	
ПЗ	Пояснювальна записка	•	•	•	—	—	—	—	—
ВДЭ	Розпис електронних документів	—	○	○	—	○	○	○	Рекомендується складати на комплекси і складанні одиниці, що мають у своєму складі більше ніж три документи, виконані в електронній формі
ТУ	Технічні умови	—	—	○	○	○	○	○	—
ТБ	Таблиці	○	○	○	○	○	○	○	—
РР	Розрахунки	○	○	○	○	○	○	○	—
И...	Інструкції	—	—	—	○	○	○	○	—

Умовні позначки: • — документ обов'язковий; ○ — документ складають залежно від характеру, призначеності та умов виготовлення виробу; — — документ не складають.

6.7. Позначання виробів і конструкторських документів

Усім виробам та їх конструкторським документам мають бути надані *позначки*, які являють собою сукупність кодів, літер і цифр, складених відповідно до системи позначання конструкторських документів (ГОСТ 2.201–80).

Позначка виробу є водночас і позначкою його основного конструкторського документа (кресленика чи електронної моделі для деталі та специфікації або електронної структури виробу для складанної одиниці, комплексу, комплекту). Ця позначка не може бути використана для позначання іншого виробу та конструкторського документа. Вироби і конструкторські документи зберігають надану їм позначку незалежно від того, у яких виробих і конструкторських документах їх застосовують. Позначки виробів і конструкторських документів записують в інші документи без скорочень і змін, за винятком випадків, передбачених ГОСТ 2.113–75.

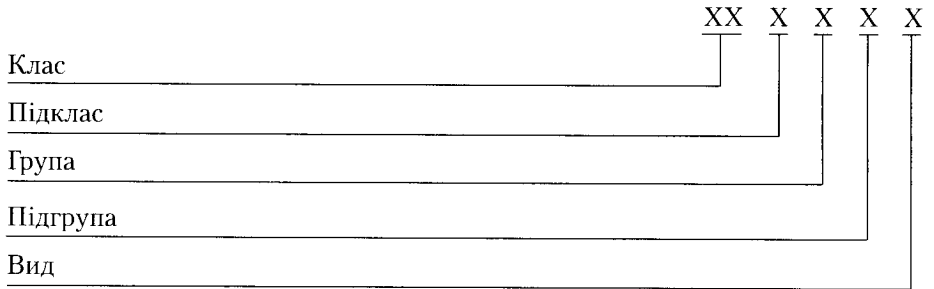
ГОСТ 2.201–80 встановлює таку структуру позначки виробу та його основного документа:



Чотиризначний літерний код організації-розробника призначають за класифікатором організацій-розробників.

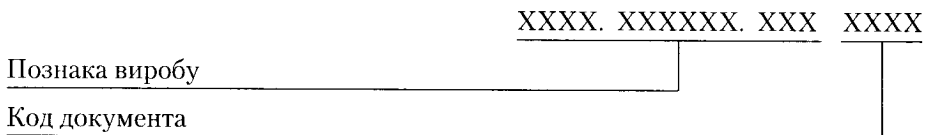
Код класифікаційної характеристики надають виробу за класифікатором виробів і конструкторських документів машинобудування та приладобудування (Класифікатором ЄСКД).

Структура класифікаційної характеристики:



Черговий реєстраційний номер надають за класифікаційною характеристикою від 001 до 999 у межах коду організації-розробника.

Позначка неосновного конструкторського документа має складатися з позначки виробу та *коду документа*, встановленої стандартами ЄСКД (див. табл. 6.3).



Код документа має містити не більше ніж чотири знаки, включаючи номер частини документа.

Електронним документам присвоюють додаткові коди відповідно до табл. 6.4, якізначають у реквізитній частині документа.

Таблиця 6.4. Додаткові коди електронних документів

Вид документа	Додатковий код документа
Електронна структура виробу	ЭС
Усі кресленики у вигляді електронної моделі виробу (деталі, складанної одиниці)	3D
Усі кресленики в електронній формі	2D
Усі текстові документи в електронній формі	ТЭ

Запитання для самоперевірки

1. Що являє собою ЄСКД та яка її основна призначеність?
2. Що називають виробом? Як поділяють вироби залежно від їх призначеності?
3. Назвіть види виробів та дайте їх визначення.
4. Що відносять до конструкторських документів?
5. Як поділяють конструкторські документи залежно від інформації, що у них подають?
6. Що таке електронна модель деталі?
7. Які існують види графічних конструкторських документів?
8. Які існують види текстових документів?
9. Назвіть стадії розроблення конструкторської документації. Які роботи виконують на кожній зі стадій?
10. У чому полягає різниця між основним конструкторським документом та основним комплектом конструкторських документів?
11. Що приймають за основні конструкторські документи для деталей, складаних одиниць, комплексів, комплектів?
12. Яка структура позначки виробів та їх основних конструкторських документів?
13. Як позначають неосновні конструкторські документи?
14. У чому полягає особливість позначання електронних документів?

Розділ 7

Загальні вимоги до оформлення конструкторських документів

- ◆ Формати і основний напис
- ◆ Масштаби
- ◆ Лінії на креслениках
- ◆ Шрифти креслярські
- ◆ Стандартні зображення — види, розрізи, перерізи
- ◆ Графічні позначки матеріалів та правила їх нанесення на креслениках
- ◆ Розміри на креслениках
- ◆ Правила нанесення на креслениках написів, технічних вимог і таблиць
- ◆ Оформлення текстової документації

7.1. Формати і основний напис

Конструкторські документи виконують на аркушах певних розмірів, які мають назву *форматів* (ГОСТ 2.301–68, ДСТУ 3321:2003). Формат аркуша визначається розмірами зовнішньої рамки конструкторського документа, виконаного тонкою лінією. Формати поділяються на *основні* та *додаткові*.

Формат з розмірами сторін 1189×841 мм, площа якого дорівнює 1 м^2 , та інші формати, що їх отримують послідовним діленням його на дві рівні частини паралельно до меншої сторони відповідного формату, приймають за *основні*. Позначки та розміри основних форматів мають відповідати наведеному в табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Позначки та розміри основних форматів

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

У разі необхідності дозволено використовувати формат А5 з розмірами сторін 148×210 мм.

Допускається застосування *додаткових форматів*, які утворюють збільшенням меншої сторони основного формату на величину, кратну до її розміру. Розміри додаткових форматів рекомендується вибирати відповідно до табл. 7.2. Познака додаткового формату складається з позначки основного формату та його кратності, наприклад А0×2, А2×5.

Таблиця 7.2. Розміри додаткових форматів

Кратність	Формат				
	А0	А1	А2	А3	А4
2	1189×1682				
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4		841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5			594×2102	420×1486	297×1051
6				420×1782	297×1261
7				420×2080	297×1471
8					297×1682
9					297×1892

На форматі виконують внутрішню рамку суцільною товстою лінією на відстані 20 мм зліва та по 5мм з інших сторін від контуру зовнішньої рамки. Компонувати формати можна як горизонтально, так і вертикально, за винятком формату А4, який компонують тільки вертикально.

У разі виведення документа в електронній формі на паперовий носій з розмірами сторін, що збігаються із зазначеними в табл. 7.1, зовнішню рамку формату можна не виконувати. Якщо розмір сторін аркуша більший за вказані в табл. 7.1, то зовнішня рамка має бути відтворена. Документи в електронній формі у своїй реквізитній частині мають містити позначку формату аркуша паперового носія, у разі виведення на який масштаб зображення буде відповідати вказаному.

Усі конструкторські документи мають супроводжуватися *основним написом* та *додатковими графами* до нього.

Основний напис – це сукупність установлених характеристик виробу і виконаного на нього конструкторського документа, які зазначають разом з установленими підписами та відомостями про зміну документа в спеціальному штампі, розміщеному в правому куті над нижньою лінією рамки поля документа (ДСТУ 3321:2003).

Форму, розміри, розташунок та порядок заповнення основного напису та додаткових граф до нього встановлює ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Основний напис на креслениках і схемах виконують за формою 1 (рис. 7.1), а в текстових документах — за формами 2 (рис. 7.2) та 2а (рис. 7.3). Для наступних аркушів креслеників та схем можна застосовувати форму 2а.

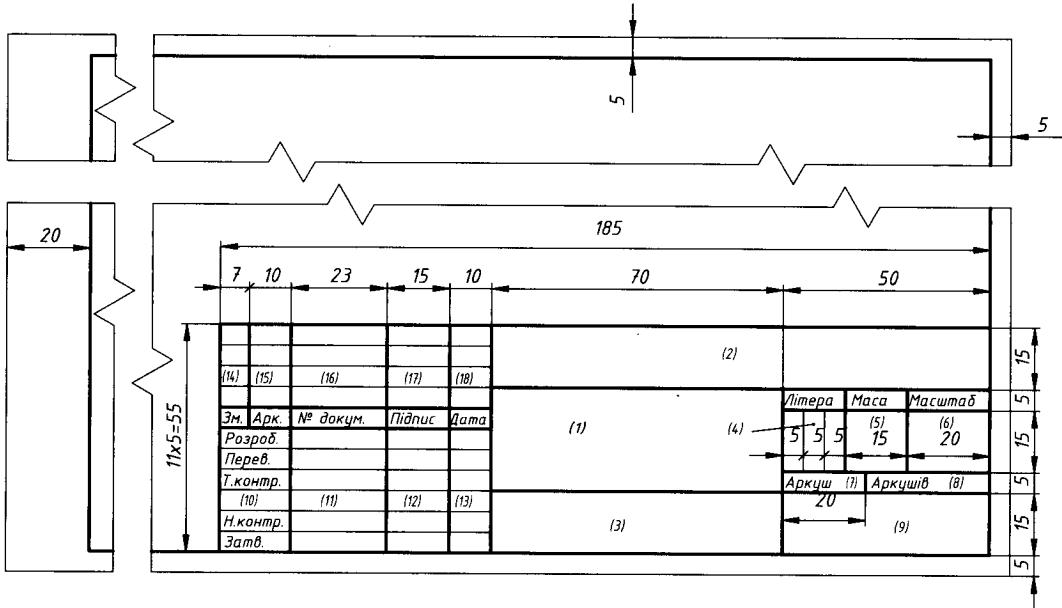


Рис. 7.1

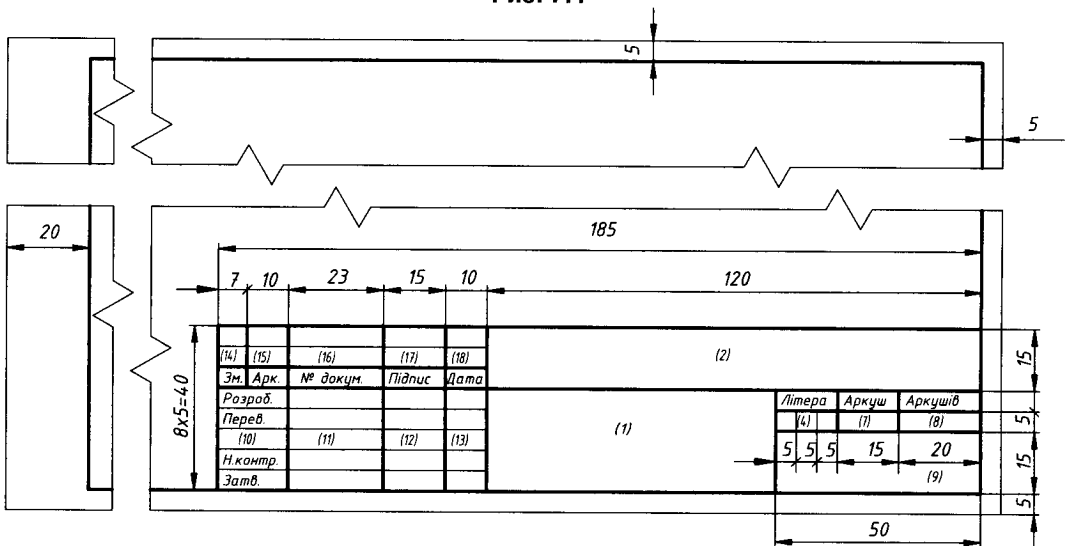


Рис. 7.2

У графах основного напису вказують:

- (1) — найменування виробу (починаючи з іменника) і найменування документа, якщо йому присвоєно код (наприклад, для робочого кресленика деталі —

«Гайка накидна», для схеми електричної принципової — «Стабілізатор напруги. Схема електрична принципова»);

- (2) — позначку документа відповідно до ГОСТ 2.201–80;
- (3) — позначку матеріалу деталі (графу заповнюють лише на креслениках деталей);
- (4) — літеру, яка присвоєна даному документу відповідно до ГОСТ 2.103–68;
- (5) — масу виробу відповідно до ГОСТ 2.109–73;
- (6) — масштаб (проставляють згідно з ГОСТ 2.302–68);
- (7) — порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- (8) — загальну кількість аркушів документа (графу заповнюють лише на першому аркуші);
- (9) — назву або розрізнявальний індекс підприємства, що випускає документ (графу не заповнюють, якщо індекс підприємства міститься у позначці документа);
- (10) — характер роботи, що виконує особа, яка підписує документ;
- (11) — прізвища осіб, що підписали документ;
- (12) — підписи осіб, вказаних у графі 11;
- (13) — дату підписання документа;
- (14)–(18) — зміни, які вносяться відповідно до вимог ГОСТ 2.503–90.

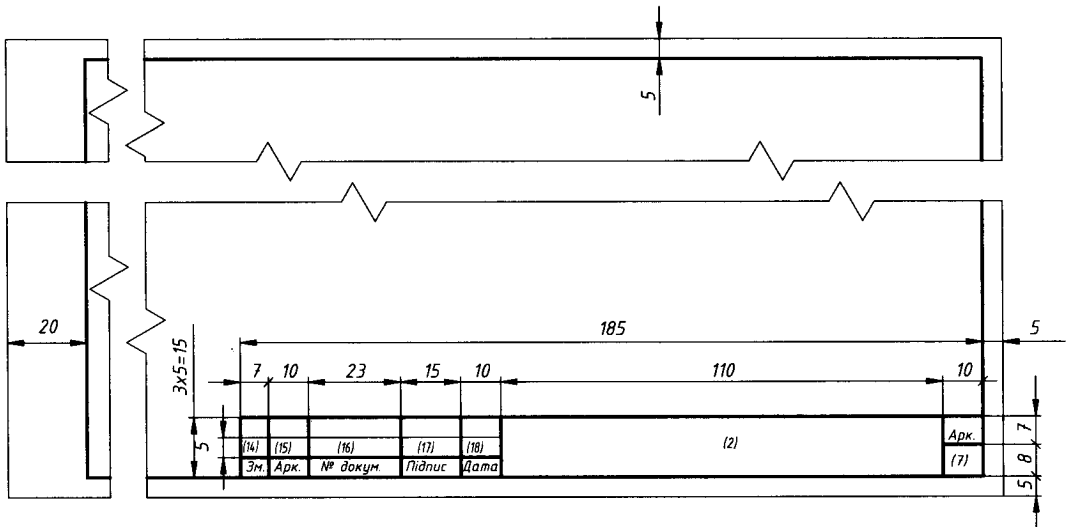


Рис. 7.3

Додаткові графи до основного напису на навчальних креслениках, як правило, не заповнюють, тому ми не будемо детально зупинятися на їх розгляді. Зазначимо лише, що поміж інших реквізитів документа у них зазначають відомості про одиниці вимірювання, систему проєкціювання, ім'я файла, в якому міститься документ у електронній формі.

7.2. Масштаби

Масштаб — це відношення розмірів об'єкта, виконаних без спотворення, до їхніх номінальних значень (ДСТУ 3321:2003).

Масштаб з відношенням 1:1 називають *масштабом натуральної величини*, масштаб з відношенням більшим ніж 1:1 (2:1 і т. д.) називають *масштабом збільшення*, а з відношенням меншим ніж 1:1 (1:2 і т. д.) — *масштабом зменшення*. Масштаби зображень на креслениках слід вибирати з такого ряду (ГОСТ 2.302–68):

- 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.

У разі необхідності дозволено використовувати масштаб збільшення $(100n):1$, де n — ціле число.

Виконуючи кресленики на графічних пристроях ЕОМ, допускається використовувати масштаби зменшення $1:n$ та збільшення $n:1$, де n — раціональне число (ГОСТ 2.004–88).

Масштаб у відповідній графі основного напису слід позначати 1:1; 1:2; 2:1; 10:1 і т. д. На полі кресленика масштаб вказують у дужках поряд з умовною позначкою зображення, наприклад: А–А (2:1); Б (5:10).

Документи в електронній формі у своїй реквізитній частині мають містити реквізит, що вказує на масштаб зображення. У разі виведення документа в електронній формі на паперовий носій масштаб зображення має відповідати зазначеному в основному написі.




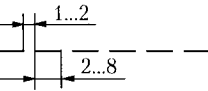
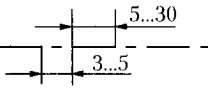
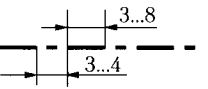
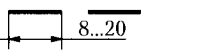
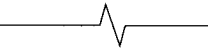
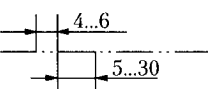
7.3. Лінії на креслениках

7.3.1. Основні вимоги ЄСКД щодо зображення та застосування ліній на технічних креслениках

ГОСТ 2.303–68 встановлює зображення та основні призначеності ліній на креслениках. Назва, зображення та товщина ліній щодо основної лінії, а також їх призначеність мають відповідати наведеним у табл. 7.3. Товщина суцільної основної

лінії s вибирається в межах від 0,5 до 1,4 мм залежно від розмірів та складності зображення, а також формату кресленника.

Таблиця 7.3. Лінії на креслениках

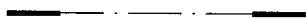
Зображення	Назва лінії	Товщина лінії щодо основної лінії	Основна призначеність
1 	Суцільна товста основна	s	Лінії видимого контуру; лінії переходу видимі; лінії контуру перерізу
2 	Суцільна тонка	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії контуру накладеного перерізу; лінії розмірні та виносні; лінії штриховки; лінії-виноски; полиці ліній-виносок; лінії для зображення примезових деталей («обстановки»)
3 	Суцільна хвиляста	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії обриву; лінії розмежування виду та розрізу
4 	Штрихова	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії невидимого контуру; лінії переходу невидимі
5 	Штрихово-пунктирна тонка	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії осьові та центрові; лінії перерізів, що є осями симетрії для накладених або винесених перерізів
6 	Штрихово-пунктирна потовщена	Від $s/2$ до $2s/3$	Лінії, які позначають поверхні, що підлягають термооброблянню або покриванню; лінії для зображення елементів, розміщених перед розтинальною площиною («накладена проекція»)
7 	Розімкнена	Від s до $3s/2$	Лінії перерізів
8 	Суцільна тонка зі зломом	Від $s/3$ до $s/2$	Довгі лінії обриву
9 	Штрихово-пунктирна з двома крапками тонка	Від $s/3$ до $s/2$	Лінії згинання на розгортках; лінії для зображення частин виробів у крайніх або проміжних положеннях; лінії для зображення розгортки, суміщеної з видом

Товщина лінії одного й того самого типу має бути однаковою для всіх зображень на даному кресленнику, що їх виконують в однаковому масштабі.

Довжину штрихів у штрихових та штрихово-пунктирних лініях вибирають залежно від розміру зображення; вони (так само, як і проміжки між ними) мають бути приблизно однакової довжини. Штрихово-пунктирні лінії мають перетинатися і закінчуватися штрихами. У разі виконання креслеників та схем на друкувальних та графічних пристроях виведення ЕОМ допускається виконувати довжину штрихів у штрихових та штрихово-пунктирних лініях постійною, незалежно від розмірів зображення, а також перетинати та закінчувати штрихово-пунктирні лінії не тільки штрихами (ГОСТ 2.004–88).

Штрихово-пунктирні лінії, що їх використовують як центрові, слід замінювати суцільними тонкими лініями, якщо діаметр кола чи розміри інших геометричних фігур в зображенні менше ніж 12 мм.

Для складних розрізів та перерізів допускається кінці розімкненої лінії з'єднувати штрихово-пунктирною тонкою лінією:



Приклад використання окремих типів ліній показано на рис. 7.4.

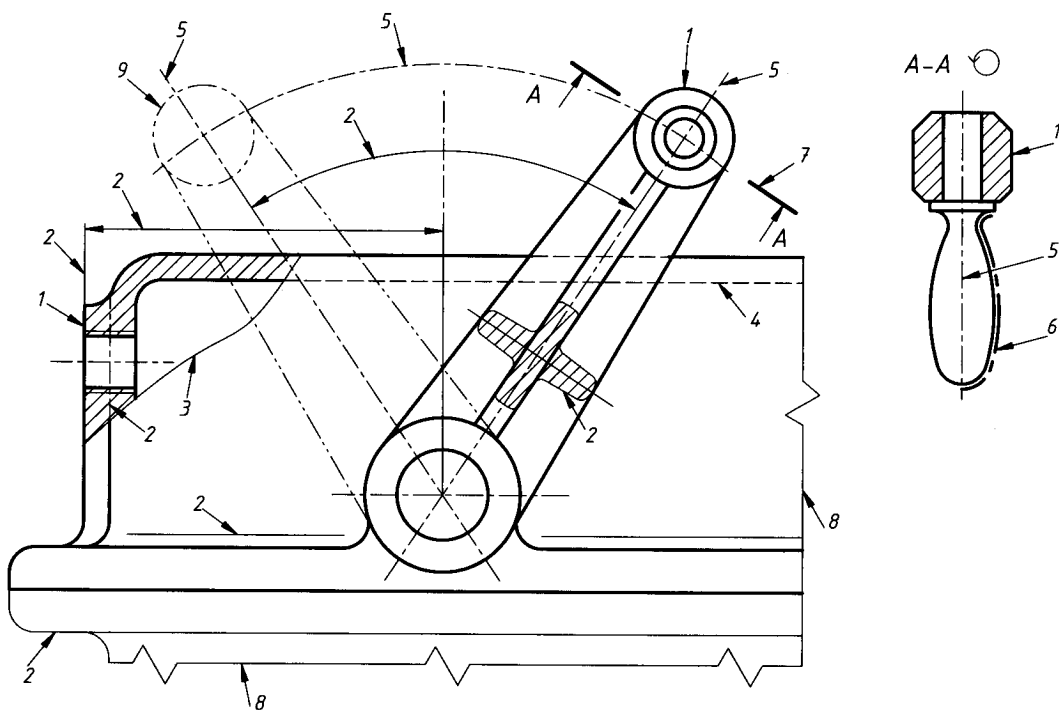

















Рис. 7.4

7.3.2. Виконання ліній відповідно до ДСТУ ISO 128-20:2003

Лінії на кресленнях можна також виконувати відповідно до ДСТУ ISO 128-20:2003 (*Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії*). Цей та інші стандарти ДСТУ ISO 128 з груповим заголовком «Кресленики технічні. Загальні принципи подавання» діють в Україні на альтернативних засадах зі стандартами Єдиної системи конструкторської документації та мають однаковий юридичний статус. У разі виконання технічних креслеників згідно з вимогами і правилами стандартів ДСТУ ISO 128 у відповідних документах про це обов'язково роблять запис.

Основні типи ліній, що встановлені ДСТУ ISO 128-20:2003, наведено у табл. 7.4.

Таблиця 7.4. Основні типи ліній відповідно до ДСТУ ISO 128-20:2003

Номер типу лінії	Зображення	Назва лінії
01		Суцільна
02		Штрихова
03		Штрихова розріджена
04		Довгоштрихово-пунктирна
05		Довгоштрихово-двопунктирна
06		Довгоштрихово-трипунктирна
07		Пунктирна
08		Довгоштрихово-короткоштрихова
09		Довгоштрихово-двокороткоштрихова
10		Штрихово-пунктирна
11		Двоштрихово-пунктирна
12		Штрихово-двопунктирна
13		Двоштрихово-двопунктирна
14		Штрихово-трипунктирна
15		Двоштрихово-трипунктирна

Товщина d ліній будь-якого типу залежно від виду та розміру зображення має набувати одного з таких значень: 0,13 мм; 0,18 мм; 0,25 мм; 0,35 мм; 0,5 мм; 0,7 мм; 1,4 мм; 2 мм. Цей ряд побудовано на простому співвідношенні $1 : \sqrt{2}$ (1 : 1,4).

Товщини надтовстої, товстої та тонкої ліній перебувають у співвідношенні 4 : 2 : 1.

Товщина будь-якої лінії має бути незмінною вздовж усієї лінії; значення довжин елементів лінії наведено в табл. 7.5.

Таблиця 7.5. Довжини елементів ліній відповідно до ДСТУ ISO 128-20:2003

Елементи лінії	Номери типів ліній	Довжина
Пунктири	Від 04 до 07 та від 10 до 15	Не більше ніж $0,5d$
Пробіли	02, а також від 04 до 15	$3d$
Короткі штрихи	08 і 09	$6d$
Штрихи	02, 03, а також від 10 до 15	$12d$
Довгі штрихи	Від 04 до 06, а також 08 і 09	$24d$
Проміжки	03	$18d$

Лінії основних типів з номерами від 02 до 06 і від 08 до 15 мають перетинатися, як правило, штрихами, а основного типу з номером 07 — пунктиром.

Лінії на креслениках треба зображувати чорним або білим кольором залежно від кольору фону. Інші застандартизовані кольори також можна використовувати для нанесення стандартних ліній. У цьому разі значення кольорів треба пояснювати.

Познаки ліній основних типів треба складати з поданих нижче елементів у такому порядку:

- а) «Лінія»;
- б) посилання на частину 20 стандарту ISO 128;
- в) номер основного типу згідно з табл. 7.4;
- г) товщина лінії;
- д) колір (якщо його застосовано).









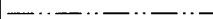
Так, познака лінії з номером 05 завтовшки 0,25 мм білого кольору буде такою: *Лінія ISO 128-20-05×0,25/білий*.

Кожен з основних типів ліній може мати чотири різновиди, які відповідно утворюються накресленням даного типу лінії від руки, у вигляді рівномірно хвилястої, рівномірно спіральної та рівномірно зигзагової.

Правила щодо застосування різних типів ліній на машинобудівних креслениках визначає ДСТУ ISO 128-24:2005. Ці правила відображено у табл. 7.6. Перша частина номера лінії в таблиці є номером основного типу лінії.

На машинобудівних креслениках, як правило, використовують дві товщини однієї й тієї самої лінії. Співвідношення між товщинами ліній має бути 1 : 2.

Таблиця 7.6. Типи ліній та їх застосування відповідно до ДСТУ ISO 28-24:2005

Номер типу лінії	Назва та зображення лінії	Застосування
01.1	Суцільна тонка лінія  Суцільна тонка лінія, виконана від руки 	Уявні лінії переходу, розмірні лінії, виносні лінії, лінії-виноски та полиці ліній-виносок, штриховка, контури накладених перерізів, короткі центрові лінії, контур гвинтової нарізі по внутрішньому діаметру, діагоналі для позначання плоских поверхонь, лінії згинання на розгортках і деталях після процесу згинання, позначання виносних елементів, положення повторюваних елементів (наприклад, внутрішніх діаметрів зубчастих коліс), позначання розміщення багат шарових (пластинчатих) елементів (наприклад, пластин трансформатора), проєкціувальні лінії, лінії координатної сітки
	Суцільна тонка лінія із зигзагами 	Інструментально виконана позначка межі частинних або переривчастих видів (видів з розривами) і перерізів, якщо ця межа не є лінією симетрії чи центральною лінією
01.2	Суцільна товста лінія 	Видимі грані; видимі контури; контур гвинтової нарізі по зовнішньому діаметру; межа ділянки гвинтової нарізі з повним профілем; зображення основних ліній на діаграмах, картах, графіках; лінії систем (металевих інженерних конструкцій); лінії розніму форм на литих деталях; лінії вказівних стрілок розрізів і перерізів
02.1	Штрихова тонка лінія 	Невидимі грані, невидимі контури
02.2	Штрихова товста лінія 	Позначання поверхні, що підлягає оброблянню (наприклад, термічному)
04.1	Довгоштрихово-пунктирна тонка лінія 	Осьові лінії; лінії симетрії; ділильні кола зубчастих коліс; центрові кола
04.2	Довгоштрихово-пунктирна товста лінія 	Позначання (обмежених) площ поверхонь обов'язкового оброблення (наприклад, термічного); положення розтинальних площин
05.1	Довгоштрихово-двопунктирна тонка лінія 	Контури суміжних деталей; граничне положення рухомих деталей; центроїдальні лінії; початкові контури перед наданням форми; частини предмета, що розміщені перед розтинальною площиною; контури можливих положень; контури готової деталі на зображенні заготованки; позначання окремих зон/площ; контур заданого виступового поля допуску (розташунку)

7.4. Шрифти креслярські

Усі написи на креслениках і схемах виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304–81. Цей стандарт встановлює такі типи шрифтів:

- тип А без нахилу;
- тип А з нахилом близько 75° ;
- тип Б без нахилу;
- тип Б з нахилом близько 75° .

За основний параметр шрифту беруть його розмір h , що визначається висотою його великої літери, яку вимірюють перпендикулярно до основи рядка. Усі інші параметри шрифту (висоту рядкових літер c , ширину літер g , відстані між літерами a , словами e та рядками b) визначаються через відношення їх значень до розміру шрифту або до товщини d ліній шрифту. Співвідношення між товщиною ліній шрифту та його висотою таке:

- для шрифту типу А — $d = h/14$;
- для шрифту типу Б — $d = h/10$.

Розміри шрифту слід вибирати з ряду 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Зазначимо, що застосування шрифту розміром 1,8 не рекомендується і дозволяється лише для шрифту типу Б.

Значення параметрів шрифтів наведено в табл. 7.7, 7.8 (для типів А та Б відповідно), а їх геометричну інтерпретацію показано на рис. 7.5, 7.6.

Таблиця 7.7. Параметри шрифту типу А ($d = h/14$)

Параметр шрифту	Познака	Відносний розмір	Розміри, мм							
			2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	4,0	20,0	
Розмір шрифту — висота великих літер	h	$(14/14)h$ $14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	4,0	20,0	
Висота малих літер	c	$(10/14)h$ $10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
Відстань між літерами	a	$(2/14)h$ $2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	
Мінімальний крок рядків	b	$(22/14)h$ $22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0	
Мінімальна відстань між словами	e	$(6/14)h$ $6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
Товщина ліній шрифту	d	$(1/14)h$ d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	

Таблиця 7.8. Параметри шрифту типу Б ($d = h/10$)

Параметри шрифту	Позначка	Відносний розмір		Розміри, мм							
				1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Розмір шрифту – висота великих літер	h	$(10/10)h$	$10d$								
Висота малих літер	c	$(7/10)h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами	a	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок рядків	b	$(17/10)h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами	e	$(6/10)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	2,0	6,0	8,4	12,0
Товщина ліній шрифту	d	$(1/10)h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

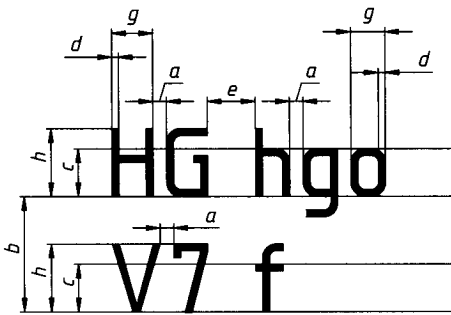


Рис. 7.5

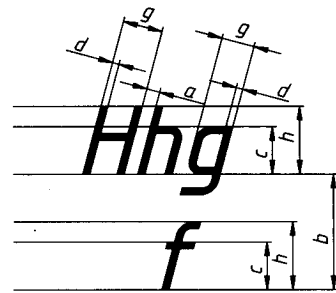


Рис. 7.6

Побудова шрифту здійснюється на допоміжній сітці, крок якої дорівнює товщині ліній шрифту. На рис. 7.7–7.11 ілюструється відповідно написання літер кирилиці, латини, грецького алфавіту, арабських та римських цифр, а також деяких символів шрифтом типу Б з нахилом.

Назви літер грецького алфавіту, показаних на рис. 7.9:

- | | | | | |
|-------------|------------|--------------|--------------|------------|
| 1 – альфа | 6 – дзета | 11 – ламбда | 16 – пі | 21 – фі |
| 2 – бета | 7 – ета | 12 – мю | 17 – ро | 22 – хі |
| 3 – гамма | 8 – тета | 13 – ню | 18 – сигма | 23 – пси |
| 4 – дельта | 9 – йота | 14 – ксі | 19 – тау | 24 – омега |
| 5 – епсилон | 10 – капта | 15 – омікрон | 20 – іпсилон | |

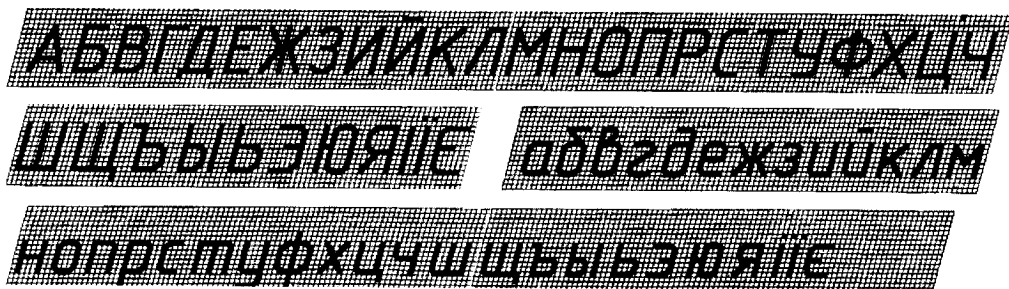


Рис. 7.7

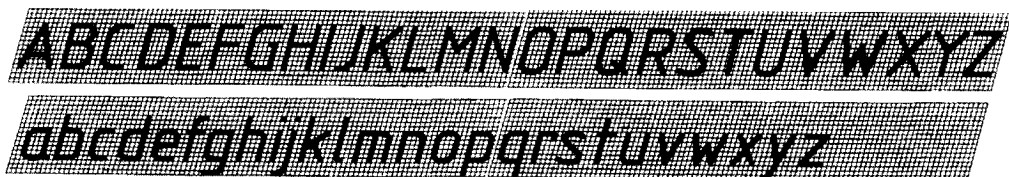


Рис. 7.8

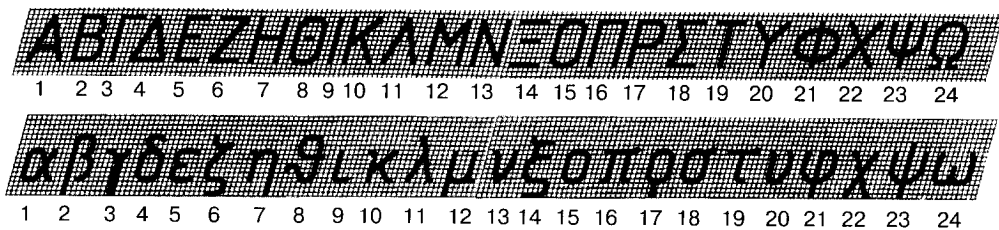


Рис. 7.9



Рис. 7.10

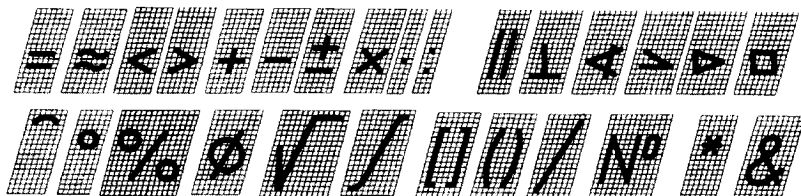


Рис. 7.11

У разі виконання документів автоматизованим способом допускається застосовувати шрифти, що їх використовують у засобах обчислювальної техніки.

7.5. Стандартні зображення — види, розрізи, перерізи

7.5.1. Загальні відомості

Зображення предметів на технічних креслениках мають виконуватися за методом ортогонального (прямокутного) проєкціювання. При цьому слід дотримуватися положень ГОСТ 2.305–68 або ж ДСТУ ISO 128-30:2005, ДСТУ ISO 128-50:2005 та ДСТУ ISO 128-44:2005. Стандарти ДСТУ ISO серії 128 з груповим заголовком «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення» чинні в Україні на альтернативних засадах зі стандартами Єдиної системи конструкторської документації та мають однакову з ними юридичну силу. У разі виконання технічних креслеників згідно з вимогами і правилами стандартів ДСТУ ISO 128 у відповідних документах про це обов'язково роблять запис, а на креслениках ставлять умовну графічну позначку застосованого способу проєкціювання згідно з ДСТУ ISO 5456-2:2005. Відповідно до ДСТУ ISO 5456-2:2005 «Кресленики технічні. Методи проєкціювання. Частина 2. Ортогональні зображення» основними способами ортогонального проєкціювання, які дозволено використовувати для виконання технічних креслеників, є спосіб *проєкціювання у першому квадранті* (який формально називають способом E) та спосіб *проєкціювання у третьому квадранті* (який формально називають способом A).

У разі побудови зображень методом проєкціювання у першому квадранті вважають, що предмет розміщено між спостерігачем та площинами, на які він проєкціюється. Площини проєкцій суміщають з площиною кресленика, як показано на рис. 7.12. У результаті такого суміщення зображення предмета на кресленику займають положення відповідно до рис. 7.13.

Спосіб проєкціювання у третьому квадранті припускає, що предмет і спостерігач розташовані по різні боки від площин проєкцій. Площини проєкцій вважають прозорими, а зображення предмета на кожній з них подають таким, яким побачив би предмет спостерігач, спрямовуючи свій погляд перпендикулярно до даної площини проєкцій. Після суміщення площин проєкцій з площиною кресленика, як показано на рис. 7.14, отримують розташунок зображень відповідно до рис. 7.15.

Незалежно від способу проєкціювання зображення на фронтальній площині проєкцій приймають за *головне*. Тому предмет потрібно розташовувати відносно фронтальної площини проєкцій таким чином, щоб на ній відобразилась найбільш інформативна проєкція предмета з урахуванням його робочого положення, положення під час виготовлення та монтування.

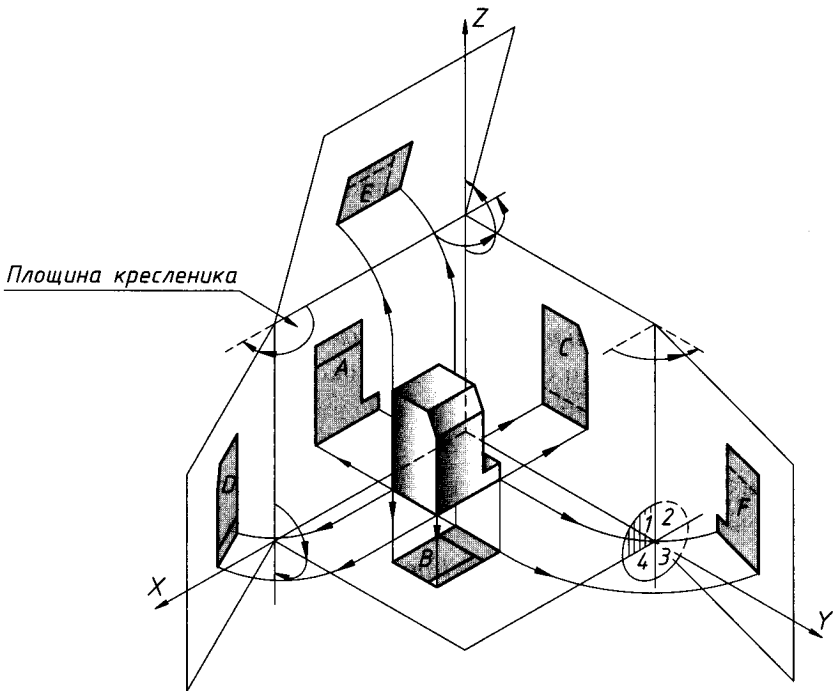


Рис. 7.12

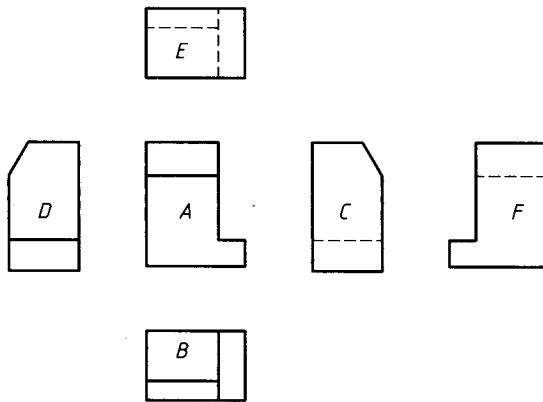


Рис. 7.13

На поточний момент переважну більшість креслеників виконують відповідно до ГОСТ 2.305–68. За своєю суттю його положення та положення ДСТУ ISO 128-30:2005, ДСТУ ISO 128-50:2005 та ДСТУ ISO 128-44:2005 здебільшого збігаються, тому далі ми будемо детально розглядати вимоги ГОСТ 2.305–68, а наприкінці зупинимося на особливостях положень зазначених вище ДСТУ ISO серії 128. Відповідно до ГОСТ 2.305–68 для побудови зображень предметів використовують лише спосіб проєкціювання у першому квадранті (див. рис. 7.12).

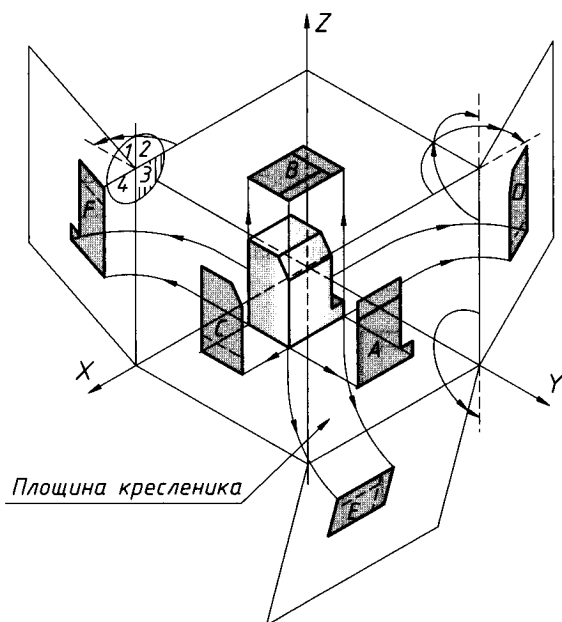


Рис. 7.14

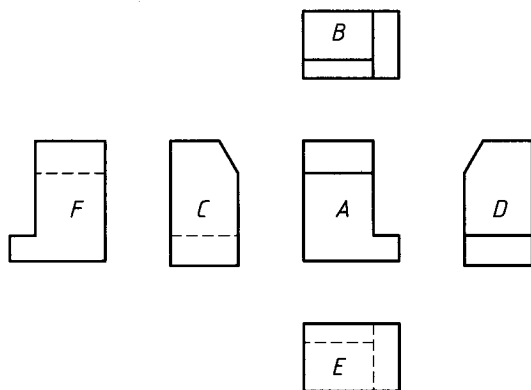


Рис. 7.15

Залежно від їх змісту зображення поділяють на *види, розрізи, перерізи*. Кількість зображень має бути найменшою, але такою, що забезпечує повне уявлення про предмет у разі застосування встановлених у відповідних стандартах умовних познач, знаків та написів.

7.5.2. Види

Вид — це ортогональна проекція повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета (ДСТУ 3321:2003). Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидні частини предмета за допомогою штрихових ліній.

Види поділяють на *основні*, *допоміжні* та *місцеві*.

Основний вид — це результат суміщення зображення предмета на одній з граней порожнистого куба, усередині якого уявно розміщено предмет, із площиною кресленика.

Залежно від вибраної взаємної розташованості спостерігача і предмета основні види такі (рис. 7.16): 1 — вид спереду (головний вид); 2 — вид зверху; 3 — вид зліва; 4 — вид справа; 5 — вид знизу; 6 — вид ззаду.

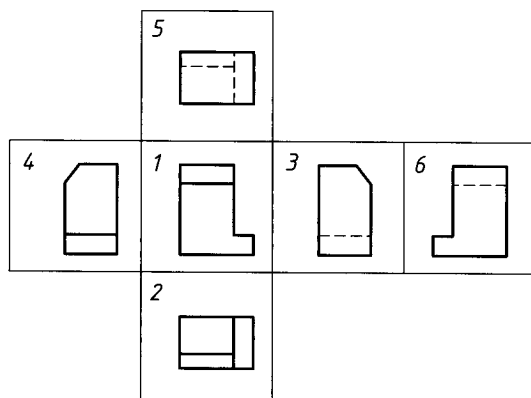


Рис. 7.16

Якщо види зверху, зліва, справа, знизу, ззаду не перебувають у безпосередньому проєкціювальному зв'язку з головним зображенням (видом чи розрізом, зображеним на фронтальній площині проєкції), то напрямок проєкціювання має бути вказаний стрілкою біля відповідного зображення. Біля стрілки і над отриманим зображенням (видом) слід нанести одну й ту саму велику літеру кирилиці (рис. 7.17). Так само оформляють кресленики і тоді, коли названі види відділені від головного зображення іншими зображеннями або розміщені не на одному аркуші з ним. Зауважимо, що (відповідно до ГОСТ 2.316-68) розмір шрифту літерних познач має бути більшим за розмір цифр розмірних чисел, які застосовуються на цьому самому кресленику, приблизно у два рази. Коли ж масштаб зображення відрізняється від вказаного в основному написі, його слід зазначити у дужках безпосередньо за написом, що позначає зображення.

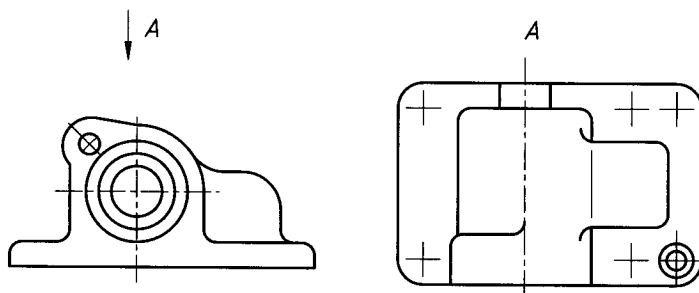


Рис. 7.17

Допоміжний (додатковий) вид — це вид предмета на площині, непаралельній до жодної з основних площин проєкцій, який призначений для неспотвореного зображення поверхні, якщо його неможливо отримати на основному виді.

Допоміжний вид має бути позначений на кресленнику великою літерою, а біля пов'язаного з допоміжним видом зображення предмета має бути стрілка, що вказує напрямком погляду, з відповідною літерною позначкою (рис. 7.18, а і б).

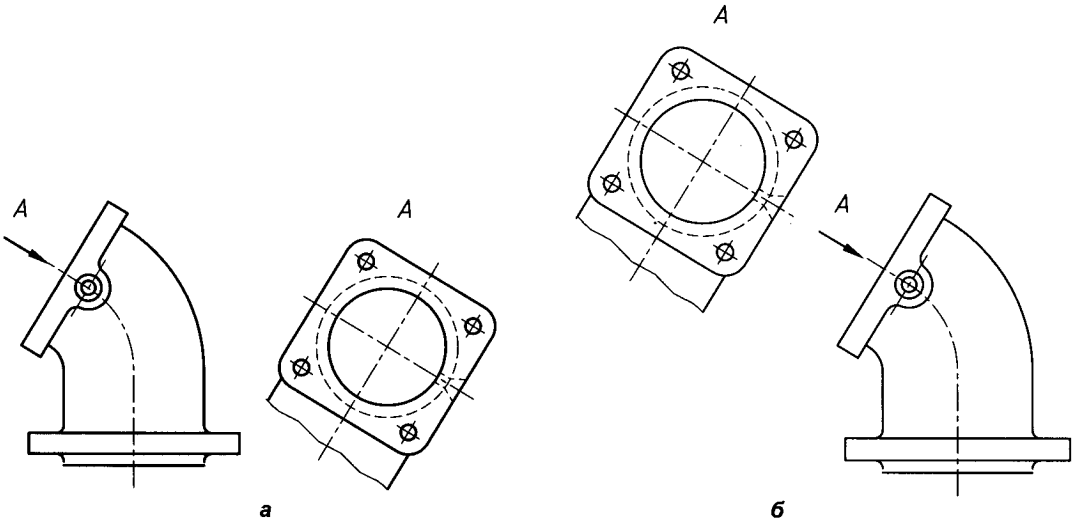


Рис. 7.18

Якщо допоміжний вид розташований у безпосередньому проєкціювальному зв'язку з відповідним зображенням, стрілку та позначку виду не наносять (рис. 7.19, а).

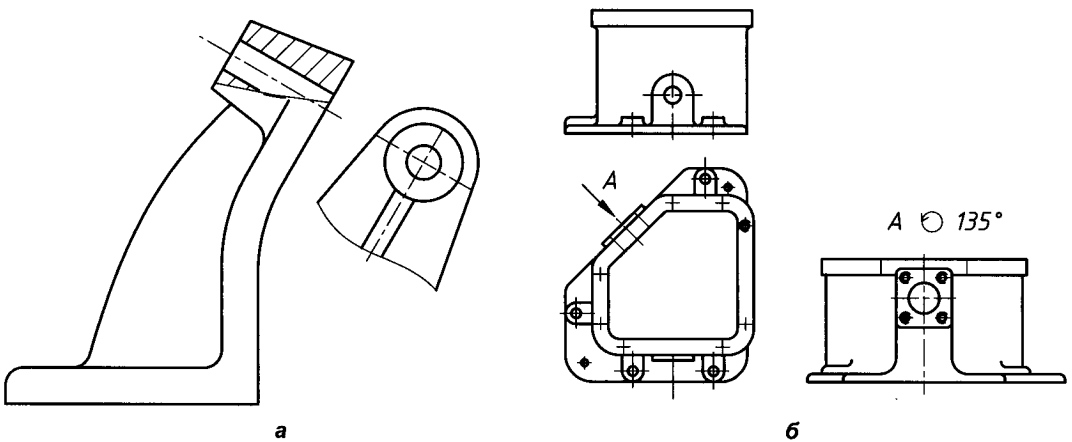


Рис. 7.19

Допоміжний вид можна повертати, але зі збереженням положення, прийнятого для даного предмета на головному зображенні. При цьому позначка виду має бути

доповнена умовною графічною позначкою \odot . У разі необхідності вказують кут повороту (рис. 7.19, б).

Розміщуючи допоміжний вид, слід віддавати перевагу розташуванням, показаним на рис. 7.18, а та 7.19, а.

Місцевий вид — це зображення окремої обмеженої ділянки поверхні предмета. Він може бути обмежений лінією обриву, по можливості в найменшому розмірі (*A* на рис. 7.20), або лініями контуру елемента (*B* на рис. 7.20). Місцеві види позначають так само, як і допоміжні. Співвідношення розмірів стрілок, що вказують напрямок погляду, має відповідати зазначеним на рис. 7.21.

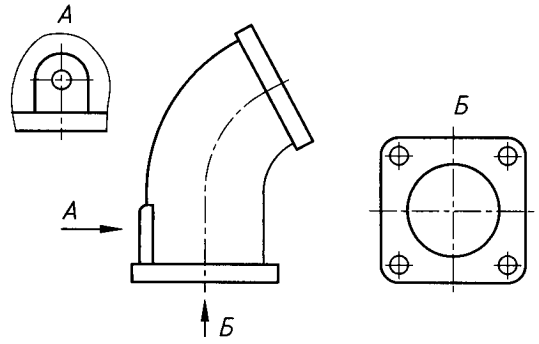


Рис. 7.20

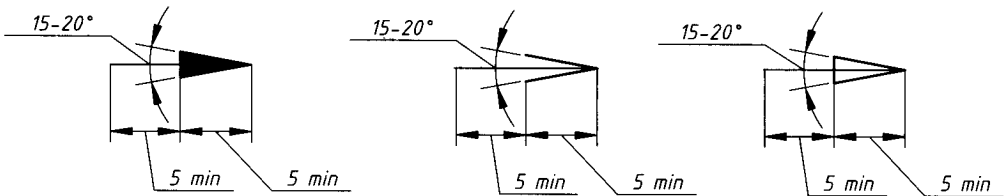


Рис. 7.21

7.5.3. Розрізи

Розріз (розтин) — це ортогональна проекція предмета, якого цілком чи частково уявно розітнено одною чи кількома площинами, щоб показати його невидні поверхні. На розрізі показують те, що одержано в розтинальній площині та що розміщено за нею.

Залежно від положення розтинальної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи поділяють на такі:

- *горизонтальні* — розтинальна площина паралельна до горизонтальної площини проєкцій;
- *вертикальні* — розтинальна площина перпендикулярна до горизонтальної площини проєкцій;
- *похилі* — розтинальна площина утворює з горизонтальною площиною проєкцій кут, який відрізняється від прямого.

Залежно від кількості розтинальних площин розрізи поділяють на такі:

- *прості* — отримані за допомогою однієї розтинальної площини (рис. 7.22);
- *складні* — отримані за допомогою кількох розтинальних площин (рис. 7.23, 7.24).

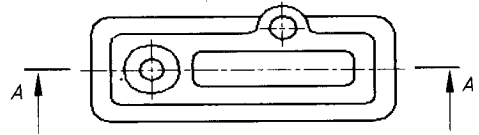
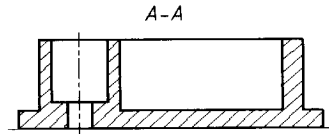
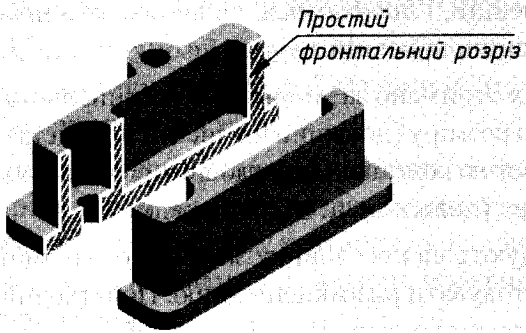


Рис. 7.22

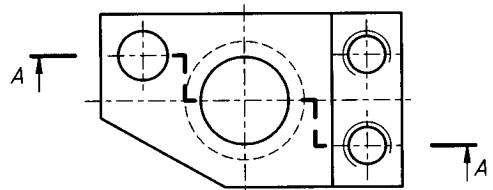
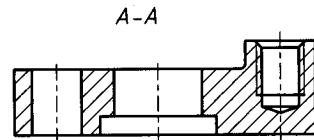
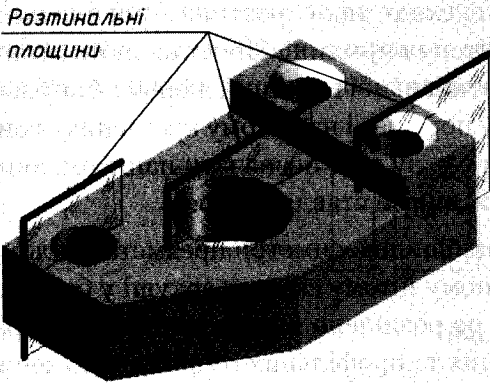


Рис. 7.23

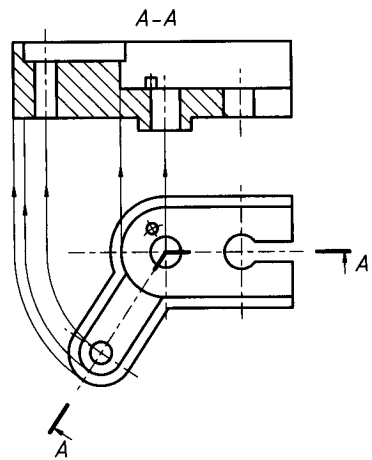
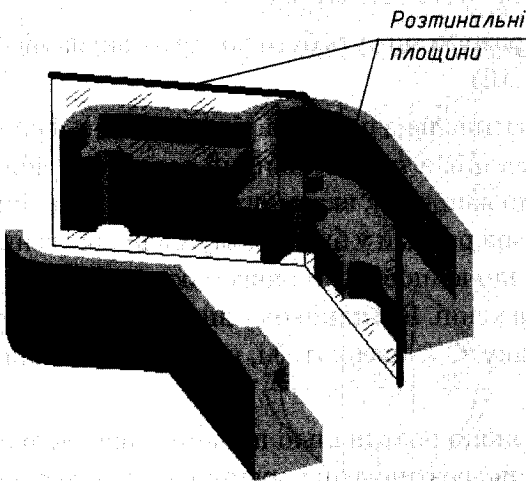


Рис. 7.24

Вертикальний розріз називають *фронтальним*, якщо розтинальна площина паралельна до фронтальної площини проєкцій, і *профільним*, якщо розтинальна площина паралельна до профільної площини проєкцій.

Розрізи називають *повздовжніми*, якщо їх отримано за допомогою розтинальних площин, розміщених уздовж найбільшого розміру (довжини чи висоти предмета), і *поперечними*, якщо їх отримано за допомогою розтинальних площин, розміщених перпендикулярно до найбільшого розміру (довжини чи висоти предмета).

Положення розтинальної площини вказують на кресленнику за допомогою лінії перерізу. Для лінії перерізу слід використовувати розімкнену лінію. Початковий та кінцевий її штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. Напрямок проєціювання показують стрілками, які розміщують на відстані 2...3 мм від зовнішніх кінців штрихів (див. рис. 7.22). На початку та в кінці лінії перерізу, а, якщо необхідно, і біля місць переходу однієї розтинальної площини в іншу, ставлять одну й ту саму велику літеру кирилиці. Проставляють літери біля стрілок і у місцях переходу однієї розтинальної площини в іншу з боку зовнішнього кута. Їх слід брати в алфавітному порядку, і на одному кресленнику вони не повинні повторюватись. Зображення розрізу слід позначати написом, який складається з тих самих великих літер, між якими ставлять тире.

Якщо розтинальна площина збігається з площиною симетрії предмета в цілому, а відповідні зображення розміщено на одному й тому самому аркуші у безпосередньому проєціювальному зв'язку і їх не розділено якимись іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних та профільних розрізів положення розтинальної площини не показують, і розріз написом не позначають.

Фронтальним та профільним розрізам, як правило, надають положення, що відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні.

Горизонтальні, фронтальні та профільні розрізи можуть бути розташовані на місці відповідних основних видів (див. рис. 7.16).

Вертикальний розріз у випадку, коли розтинальна площина непаралельна фронтальній або профільній площинам проєкцій, а також похилий розріз потрібно будувати та розташовувати відповідно до напрямку, вказаного стрілками на лінії перерізу. Допускається розташовувати такі розрізи у будь-якому місці кресленника, а також з поворотом до положення, що відповідає положенню, прийнятому для даного предмета на головному зображенні. В останньому випадку до напису потрібно додати умовну графічну позначку \curvearrowright (повернуто) і, якщо це необхідно, вказати кут повороту.

Складні розрізи бувають *східчастими*, якщо розтинальні площини паралельні між собою (див. рис. 7.23), і *ламаними*, якщо розтинальні площини перетинаються (див. рис. 7.24).

Зображуючи східчастий розріз розтинальні площини умовно сумішають в одну площину, паралельну до площини зображення (див. рис. 7.23).

На ламаних розрізах розтинальні площини умовно повертають до суміщення в одну площину (див. рис. 7.24), при цьому напрямок повороту може не збігатися з напрямком погляду.

Якщо суміщені площини виявляться паралельними до однієї з основних площин проєкцій, то ламаний розріз допускається розташовувати на місці відповідного виду. У разі повороту розтинальної площини елементи предмета, розташованого за нею, зображають так, як вони проєкціюються на площину, з якою здійснюють суміщення.

Розріз, призначений для з'ясування конструкції предмета в окремому обмеженому місці, називають *місцевим* (рис. 7.25).

Місцевий розріз виділяють на виді суцільною хвилястою лінією (рис. 7.25, *а*) чи суцільною тонкою лінією зі зломом (рис. 7.25, *б*). Ці лінії не повинні збігатися з якимись іншими лініями зображення.

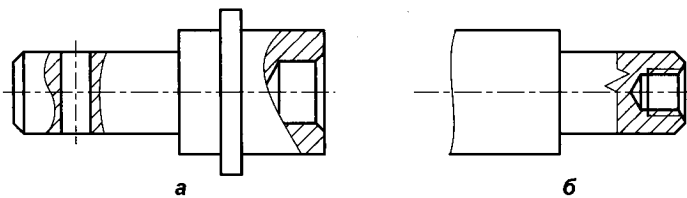


Рис. 7.25

Для зменшення кількості зображень на кресленнику частину виду та частину відповідного розрізу дозволяється з'єднувати, відокремлюючи їх суцільною хвилястою лінією або суцільною тонкою лінією зі зломом. Якщо при цьому з'єднуються половина виду та половина розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, то лінією, що їх розділяє, є вісь симетрії (рис. 7.26).

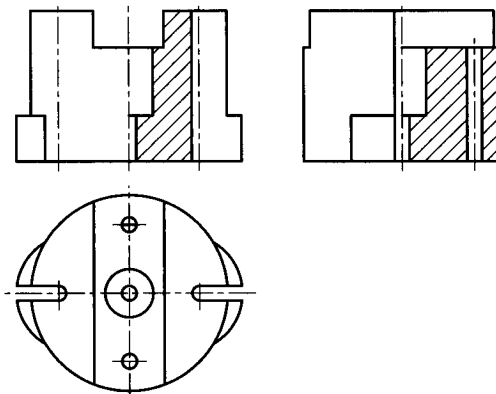


Рис. 7.26

Допускається також розділяти розріз та вид штрихово-пунктирною тонкою лінією, яка збігається зі слідом площини симетрії не всього предмета, а лише його частини, якщо остання є тілом обертання.

У випадку, коли з віссю симетрії збігається лінія видимого чи невидимого контуру деталі (наприклад, ребро), розріз від виду відділяється суцільною хвилястою лінією (рис. 7.27, а-в).

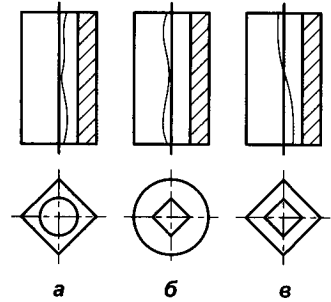


Рис. 7.27

7.5.4. Перерізи

Переріз — це ортогональна проекція фігури, що утворилася внаслідок уявного розитнення предмета одною чи кількома площинами (рис. 7.28). На перерізі показують тільки те, що одержано в розтинальній площині.

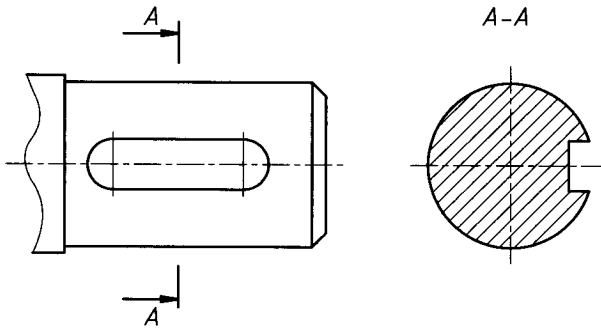


Рис. 7.28

Допускається як розтинальну застосовувати циліндричну поверхню, яку потім розгортають у площину (рис. 7.29).

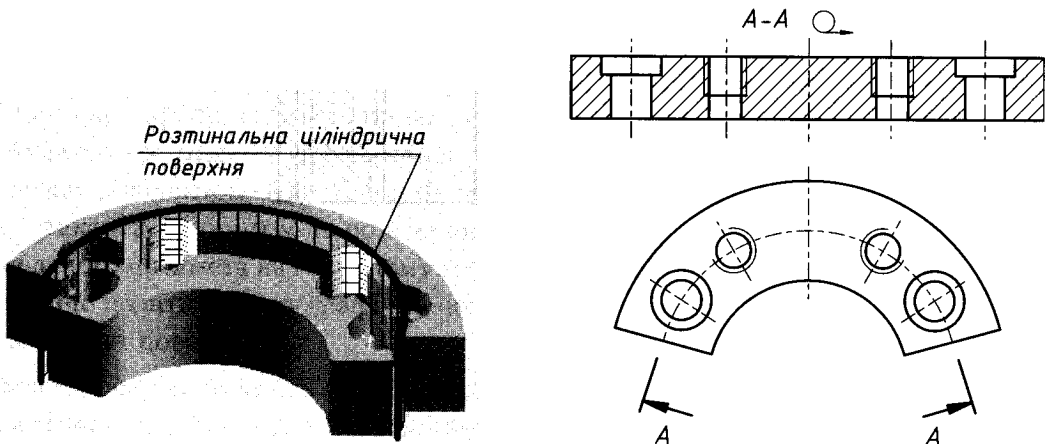


Рис. 7.29

Перерізи поділяють на *винесені* та *накладені*. Винесені перерізи розташовують на кресленику поза контуром виду предмета (рис. 7.30, *а* і *б*). Допускається також розміщувати їх в розриві між частинами виду (рис. 7.30, *в*). Накладені перерізи розташовують безпосередньо на виді предмета вздовж сліду розтинальної площини (рис. 7.31). Винесеним перерізам слід надавати перевагу над накладеними.

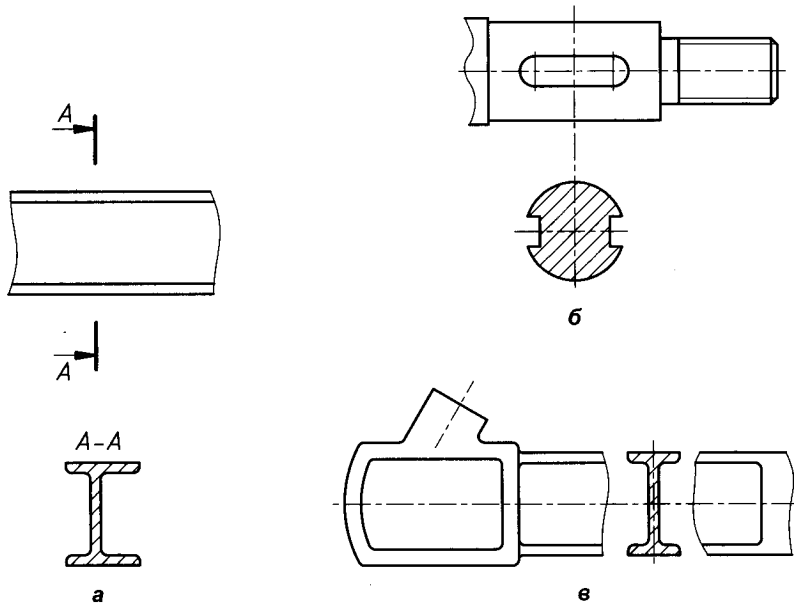


Рис. 7.30

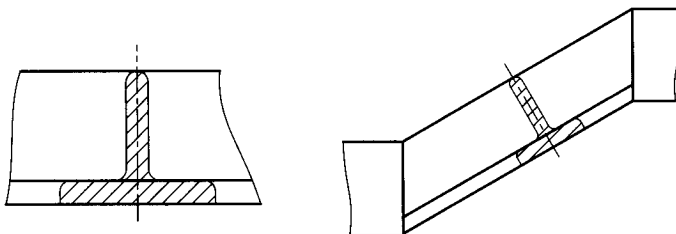


Рис. 7.31

Контур винесеного перерізу зображають суцільними основними лініями, а контур накладеного перерізу — суцільними тонкими, причому контур зображення у місці накладеного перерізу не переривають (див. рис. 7.31).

Положення розтинальної площини винесеного перерізу показують за допомогою лінії перерізу аналогічно до того, як це робиться для розрізів (див. рис. 7.28, 7.30, *а*). Зображення перерізу супроводять написом типу «А-А». У випадках, подібних до зображеного на рис. 7.30, *в*, коли фігура перерізу є симетричною, лінію перерізу не проводять. Для несиметричних перерізів, розташованих у розриві

виду (рис. 7.32, а) чи накладених (рис. 7.32, б), лінію перерізу проводять і зазначають стрілками напрямком погляду, але літерами не позначають.



Рис. 7.32

Якщо розтинальна площина проходить через вісь поверхні обертання, що обмежує отвір чи заглибину, то контур отвору або заглибини в перерізі показують повністю (рис. 7.33, а і б). Якщо переріз складається з окремих частин, слід застосовувати розріз (рис. 7.34).

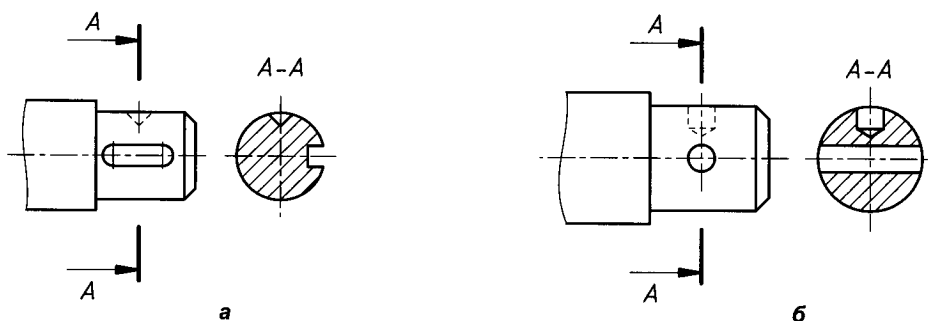


Рис. 7.33

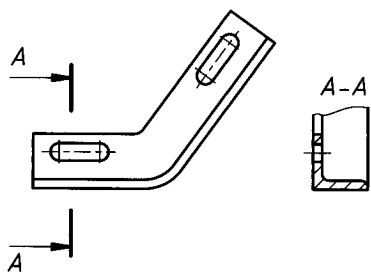


Рис. 7.34

7.5.5. Виносні елементи

Виносний елемент — це додаткове окреме, зазвичай збільшене, зображення частини предмета, щоб з'ясувати її форму, розміри, шорсткість поверхні та інші дані.

Виносний елемент може вміщувати в собі подробиці, не зазначені на відповідному зображенні, і може відрізнятися від нього за змістом (наприклад, зображення може бути видом, а виносний елемент — розрізом).

У разі застосування виносного елемента відповідне місце обмежують замкнутою тонкою суцільною лінією — колом, овалом тощо із позначкою виносного елемента великою літерою або поєднанням великої літери з арабською цифрою на полиці лінії-виноски. Над зображенням виносного елемента вказують позначку та масштаб, в якому воно виконане (рис. 7.35).

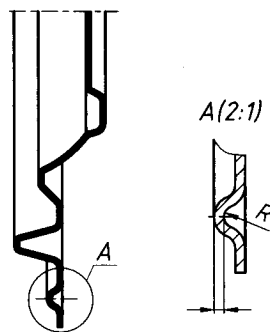


Рис. 7.35

Виносний елемент розміщують якомога ближче до відповідного місця на зображенні предмета.

7.5.6. Умовності та спрощення

Для полегшення виконання креслярських робіт стандарт передбачає низку умовностей та спрощень.

Якщо вид, розріз чи переріз є симетричною фігурою, допускається подавати лише половину зображення (рис. 7.36) або трохи більше за половину з проведенням в останньому випадку лінії обриву.

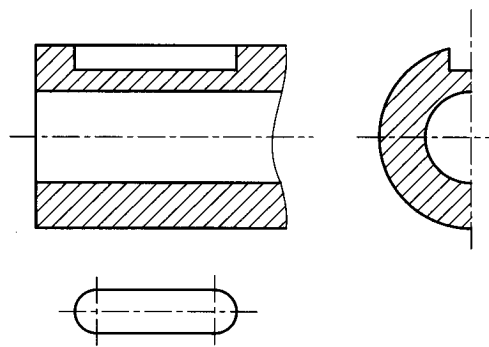


Рис. 7.36

Якщо предмет має кілька однакових рівномірно розташованих елементів, то на зображенні такого предмета повністю показують один-два таких елементи

(див. рис. 7.17), а решту елементів показують спрощено або умовно.

На видах і розрізах допускається спрощено зображати проекції лінії перетину поверхонь, якщо не потрібна їх точна побудова. Наприклад, замість лекальних кривих проводять дуги кіл і прямі лінії. Допускаються також спрощення, подібні до показаних на рис. 7.36.

Плавний перехід від однієї поверхні до іншої зображують умовно тонкою суцільною лінією (рис. 7.37, а) або зовсім не показують (рис. 7.37, б).

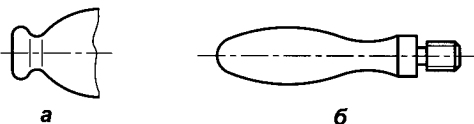


Рис. 7.37

Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, непустотілі вали та шпинделі, рукоятки тощо в разі повздовжнього розрізу показуються нерозітненими. Як правило, нерозітненими на складальних креслениках показують гайки та шайби.

Такі елементи, як спиці маховиків, зубчастих коліс, тонкі стінки типу ребер жорсткості тощо показують незаштрихованими, якщо розтинальну площину спрямовано вздовж осі або довгої сторони такого елемента. Коли у подібних елементах деталі є отвори або заглибини, слід застосовувати місцевий розріз, як показано на рис. 7.38.

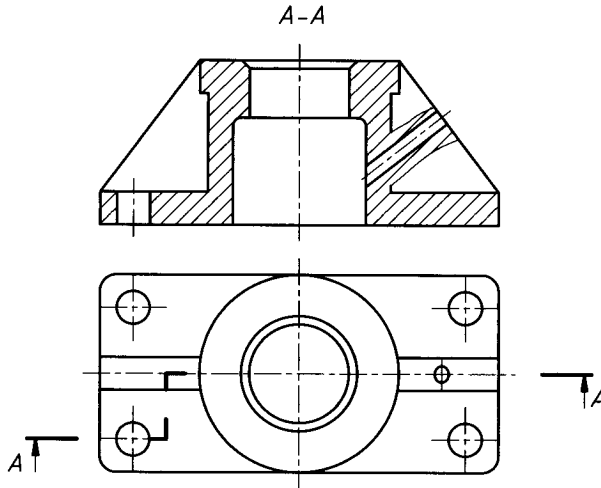


Рис. 7.38

Якщо на кресленнику необхідно виділити плоскі поверхні предмета, на них проводять діагоналі суцільними тонкими лініями (рис. 7.39).

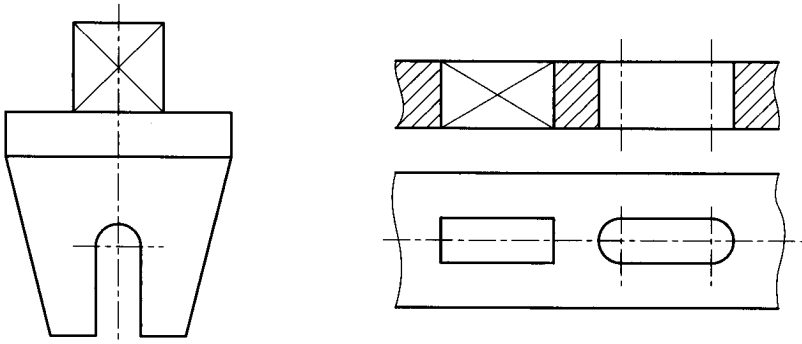


Рис. 7.39

Довгі елементи, що мають постійний або змінний поперечний переріз, допускається зображати із розривами (рис. 7.40).

Зображення з розривами обмежують одним з таких способів:

- суцільною тонкою лінією зі зломом, яка може виходити за лінії контуру зображення на довжину від 2 до 4 мм (рис. 7.40, а). Ця лінія може бути похилою відносно лінії контуру;

- суцільною хвилястою лінією, яка з'єднає відповідні лінії контуру (рис. 7.40, б);
- лініями штриховки (рис. 7.40, в).

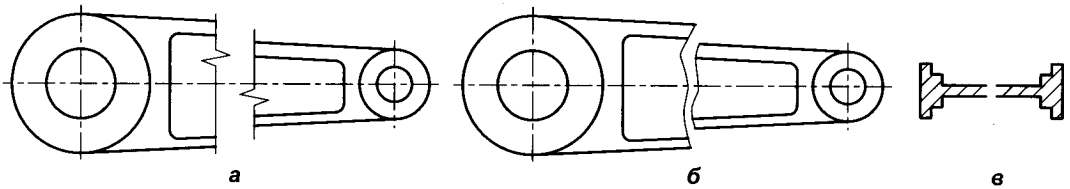


Рис. 7.40

Для спрощення креслеників або скорочення кількості зображень допускається:

- частину предмета між спостерігачем та розтинальною площиною, зображати штрихово-пунктирною потовщеною лінією безпосередньо на розрізі (накладена проекція, рис. 7.41);
- застосовувати складні розрізи (рис. 7.42);

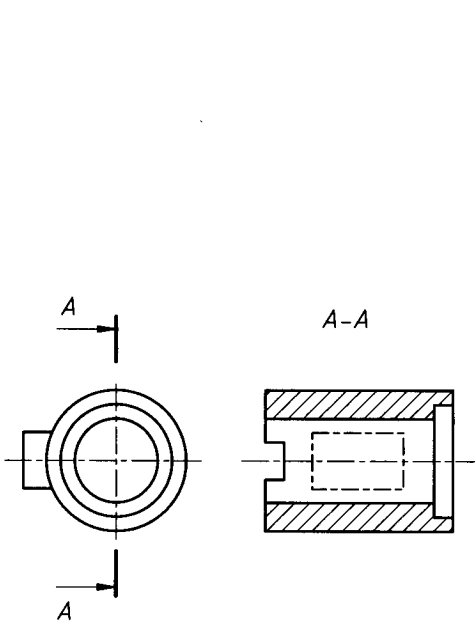


Рис. 7.41

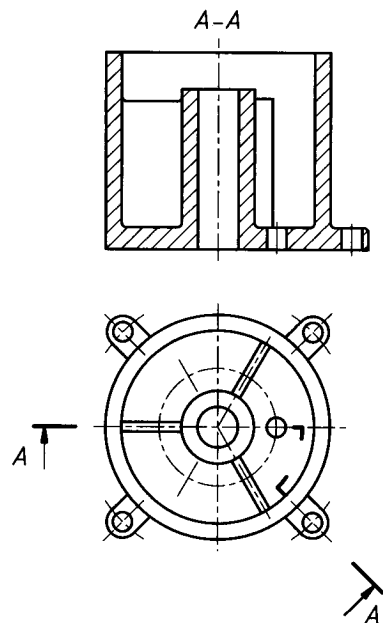


Рис. 7.42

- для показу отворів у ступицях шківів, зубчастих коліс тощо, а також шпонкових пазів замість повних зображень давати лише контур отвору чи пазу (див. рис. 7.36).

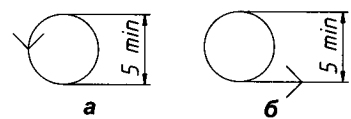


Рис. 7.43

Умовна графічна позначка «повернуто» має відповідати рис. 7.43, а, а «розгорнуто» — рис. 7.43, б.

7.5.7. Побудова зображень відповідно до стандартів ДСТУ ISO серії 128

Як уже зазначалося, у разі виконання технічних креслеників згідно з вимогами і правилами стандартів ДСТУ ISO серії 128 на креслениках ставлять умовну графічну позначку застосованого способу проєкціювання. Розташунок та розмір додаткової графи до основного напису, в якій вказують спосіб проєкціювання, на паперовому носії визначається розробником (ДСТУ ГОСТ 2.104:2006).

Умовна графічна позначка проєкціювання у першому квадранті показана на рис. 7.44, а, а у третьому — на рис. 7.44, б. Розміри зазначають за допомогою таких літерних позначок:

- h — розмір шрифту, яким виконано ідентифікаційні написи на кресленику (наприклад, позначка виду чи напрямку погляду);
- d — товщина лінії, якою виконано графічний символ;
- $H = 2h$.

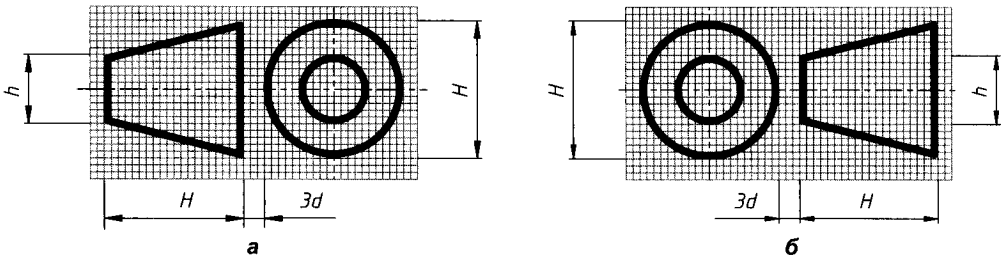


Рис. 7.44

Розміщення видів на кресленику у разі застосування методу проєкціювання у першому квадранті має відповідати показаному на рис. 7.13, а в разі застосування методу проєкціювання у третьому квадранті — показаному на рис. 7.15. Якщо ж види розташовують не в проєкціовальному зв'язку, то кожен вид, за винятком виду спереду (головного), має бути чітко позначений великою літерою, яка повторює літеру біля посилальної стрілки, що визначає напрямок погляду в разі отримування відповідного виду. Яким би не був напрямок погляду, велику літеру розміщують над посилальною стрілкою або з її правого боку, але завжди в положенні зручного читання написів. Зображення посилальної стрілки, а також висота ідентифікаційних написів відповідно до ДСТУ ISO 128-30:2005 «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види» показані рис. 7.45.

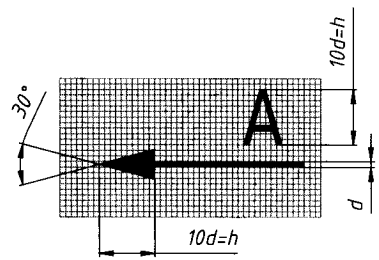


Рис. 7.45

Позначені види можна розташовувати будь-де відносно головного виду. Великі літери, якими позначають винесені види, розташовують безпосередньо над відповідними видами.

Частинні види, на яких показують конструктивні особливості, які недоцільно зображати на повному виді (за ГОСТ 2.305–68 такі види називаються *місцевими*), слід обмежувати тонкою суцільною лінією із зигзагами типу 01.1 згідно з ДСТУ ISO 128-24:2005 (рис. 7.46).

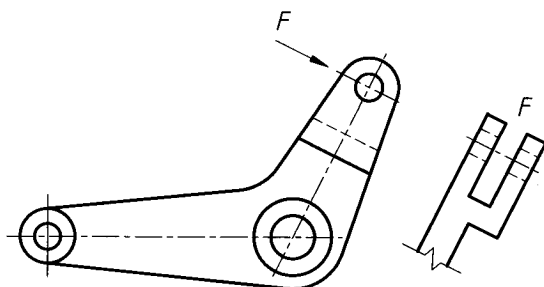


Рис. 7.46

Частинні види, що зображують симетричні предмети як частину від цілого, обмежують лініями симетрії, на обох кінцях яких розміщують умовну графічну позначку симетрії (рис. 7.47, а і б). Ця позначка має вид двох тонких коротких паралельних ліній. Її слід виконувати відповідно до рис. 7.48.

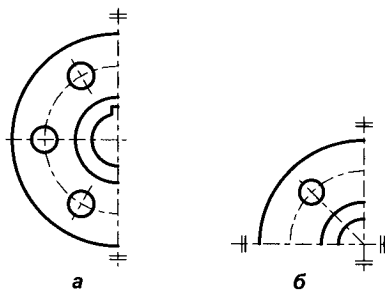


Рис. 7.47

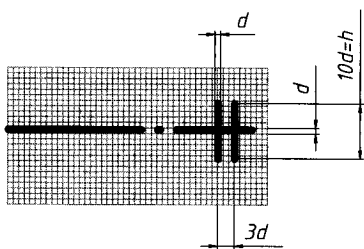


Рис. 7.48

Додаткові види, що їх одержують проєкціюванням на площину, непаралельну до жодної з основних площин проєкцій, за необхідності дозволено подавати у положенні, відмінному від положення, що відповідає посилальним стрілкам. Факт подання у іншому положенні слід пояснити за допомогою дугоподібної стрілки, що відповідає напрямку повороту, як це показано на рис. 7.49, а і б. Кут повороту може бути вказаний після великої літери, що позначає вид. Дугоподібну стрілку слід зображувати відповідно до рис. 7.50.

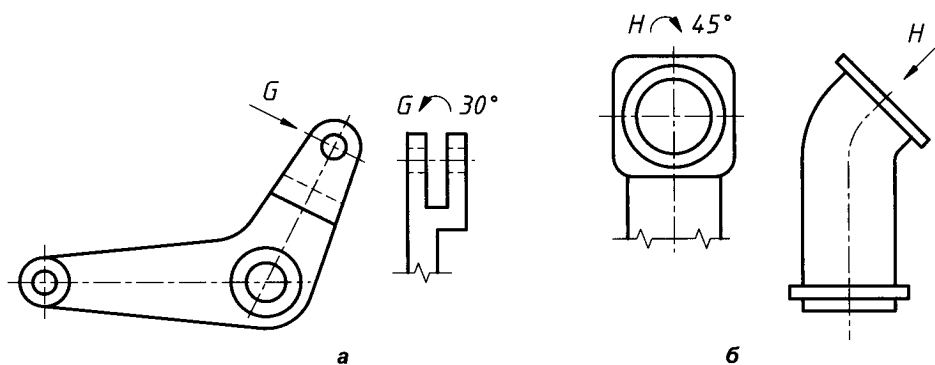


Рис. 7.49

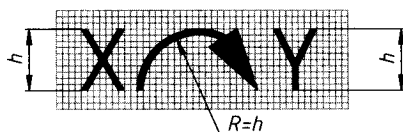


Рис. 7.50

Правила зображення розрізів та перерізів визначають ДСТУ ISO 128-50:2005 «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів» та ДСТУ ISO 128-44:2005 «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних креслениках». Зазначимо основні відмінності цих правил від правил ГОСТ 2.305–68.

Положення розтинальних площин на розрізах та перерізах позначають довгоштрихово-пунктирною товстою лінією типу 04.2 згідно з ДСТУ ISO 128-24:2005 (рис. 7.51). Внутрішні кінці її дозволяється з'єднувати довгоштрихово-пунктирною тонкою лінією типу 04.1 (рис. 7.52). У тих випадках, коли необхідно розмістити розтинальну площину частково поза предметом, її показують не довгоштрихово-пунктирною тонкою лінією, а так, як на рис. 7.53.

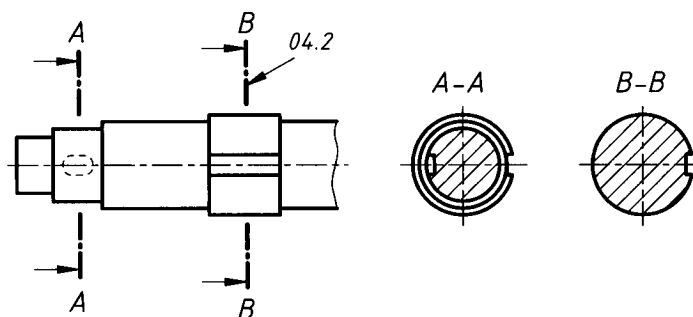


Рис. 7.51

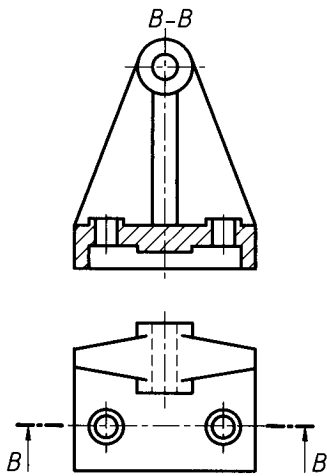


Рис. 7.52

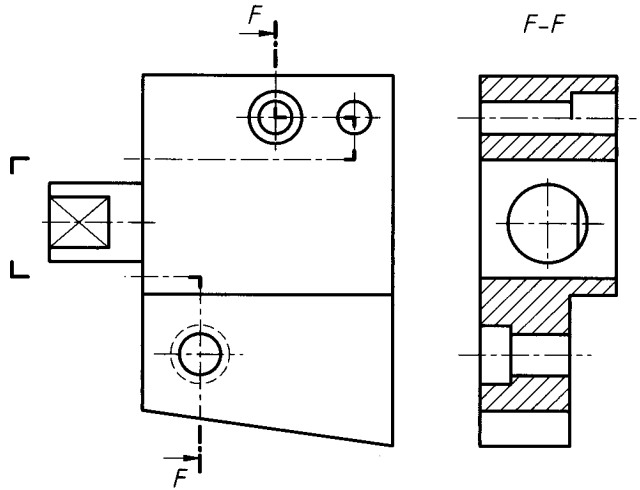


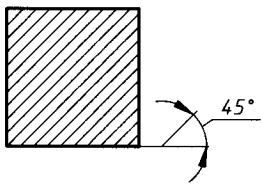
Рис. 7.53

7.6. Графічні позначки матеріалів та правила їх нанесення на креслениках

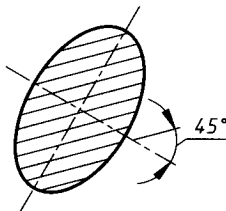
Позначання матеріалів на креслениках здійснюють відповідно до ГОСТ 2.306–68. Згідно з його положеннями для позначання конкретних видів матеріалів слід використовувати графічні позначки, наведені у табл. 7.9.

Загальна позначка матеріалів у перерізах незалежно від виду матеріалів має вигляд похилих паралельних суцільних тонких ліній.

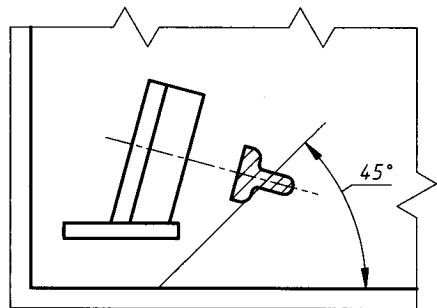
Похилі паралельні лінії штриховки слід проводити під кутом 45° до лінії контуру зображення (рис. 7.54, а), або до його осі (рис. 7.54, б), або до ліній рамки кресленика (рис. 7.54, в).



а



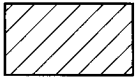
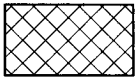
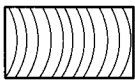
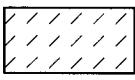
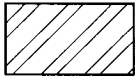


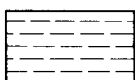
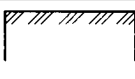
б



в

Рис. 7.54

Таблиця 7.9. Графічні позначки матеріалів у перерізах

Матеріал	Позначка
Метали та тверді сплави, а також композитні матеріали, до складу яких входить метал	
Неметалеві матеріали, за винятком наведених нижче	
Деревина	
Камінь природний	
Кераміка та силікатні матеріали для кладки	
Бетон	
Скло та інші прозорі матеріали	
Рідини	
Ґрунт природний	

Якщо лінії штриховки, проведені під кутом 45° до ліній рамки кресленика, збігаються за напрямком з лініями контуру або осьовими лініями, то замість кута 45° слід брати кут 30° або 60° (рис. 7.55, а і б).

Лінії штриховки наносять з нахилом вліво або вправо, але як правило, в один і той самий бік на усіх перерізах, що належать до однієї й тієї самої деталі. Відстань між паралельними лініями штриховки вибирається залежно від площі штриховки і має бути в межах від 1 до 10 мм. Для перерізів однієї й тієї самої деталі, які виконуються в однаковому масштабі, ця відстань має бути однаковою.

Вузькі площі перерізів, ширина яких на кресленику менше ніж 2 мм, допускається показувати зачорненими, залишаючи між суміжними перерізами відстань не менше ніж 0,8 мм (рис. 7.56, а і б).

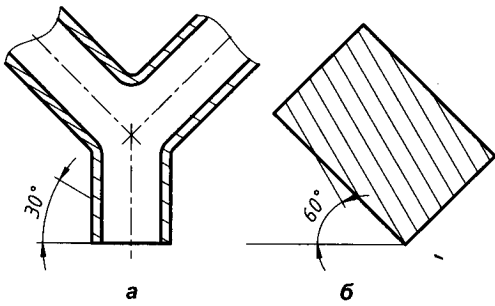


Рис. 7.55

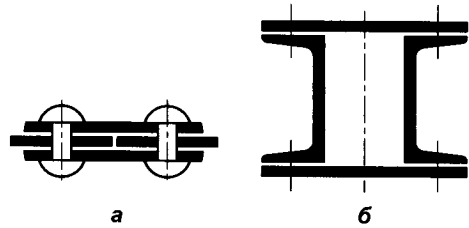


Рис. 7.56

Суміжні перерізи штрихують у різні боки або з різним інтервалом між лініями (рис. 7.57).

У разі великої площі перерізу штриховка може бути звужена до смужки, що прилягає до контуру цієї площі (рис. 7.58).

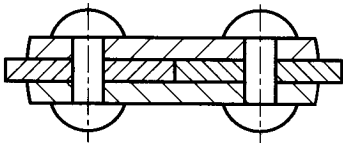


Рис. 7.57

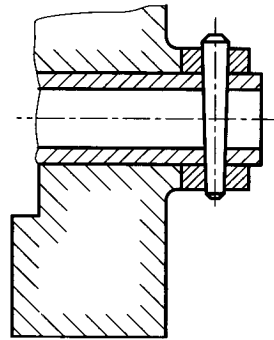


Рис. 7.58

7.7. Розміри на кресленнях

Незалежно від масштабу та точності графічного виконання креслення вказані на ньому розмірні числа — єдина підстава для визначення розмірів зображеного виробу та його елементів. Виняток становлять випадки, передбачені в ГОСТ 2.414–75, ГОСТ 2.417–91, ГОСТ 2.419–91, коли розміри виробу та його елементів визначають за зображеннями, виконаними з достатнім ступенем точності.

Правила нанесення розмірів регламентуються ГОСТ 2.307–68. Згідно з його положеннями загальна кількість розмірів на кресленку має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення та контролювання виробу. Розміри, що не підлягають виконанню за даним кресленком і зазначаються для більшої зручності користування ним, називаються довідковими. Довідкові розміри на кресленку позначають знаком «*», а у технічних вимогах записують «* Розміри для довідок».

Якщо усі розміри на кресленнику є довідковими, їх знаком «*» не позначають, а у технічних вимогах записують «Розміри для довідок». Не допускається повторювати розміри одного й того самого елемента на різних зображеннях. Не можна також наносити розміри у вигляді замкнутого ланцюга, за винятком випадків, коли один із розмірів вказано як довідковий.

Лінійні розміри на кресленниках та у специфікаціях вказують у міліметрах, без зазначення одиниці вимірювання. Для розмірів, що їх наводять у технічних вимогах та пояснювальних написах на полі кресленника, одиниці вимірювання слід зазначати обов'язково. Кутові розміри вказують у градусах, мінутах і секундах із зазначенням одиниці вимірювання, наприклад: 4° ; $4^\circ 30'$; $12^\circ 45' 30''$; $0^\circ 30' 40''$. Не дозволяється застосовувати для розмірних чисел прості дроби, за винятком розмірів у дюймах.

Розміри на кресленнику вказують розмірними числами та розмірними лініями. Розмірні лінії з обох кінців обмежують стрілками, за винятком розмірної лінії радіуса та випадків нанесення розмірної лінії з обривом. Розмір елементів стрілок вибирають залежно від товщини ліній видимого контуру. Форма стрілки та співвідношення між її елементами мають відповідати показаним на рис. 7.59.

У разі нанесення розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно до цього відрізка, а виносні — перпендикулярно до нього. У разі нанесення розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у його вершині, а виносні — радіально (рис. 7.60).

У разі нанесення розміру дуги кола розмірну лінію проводять концентрично до дуги, а виносні лінії — паралельно до бісектриси кута, і над розмірним числом наносять знак « \frown » (рис. 7.61).

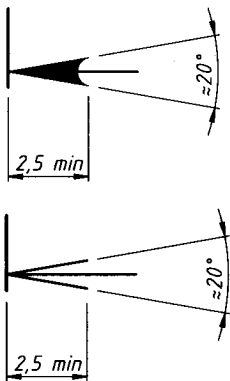


Рис. 7.59

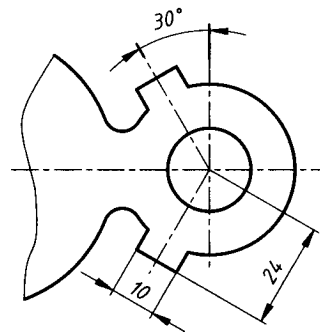


Рис. 7.60

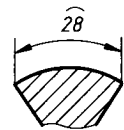


Рис. 7.61

У випадках, показаних на рис. 7.62, а і б, розмірну та виносні лінії проводять таким чином, щоб вони разом з відрізком, що вимірюється, утворювали паралелограм. Допускається проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осевих, центрових та інших ліній (рис. 7.63, 7.64).

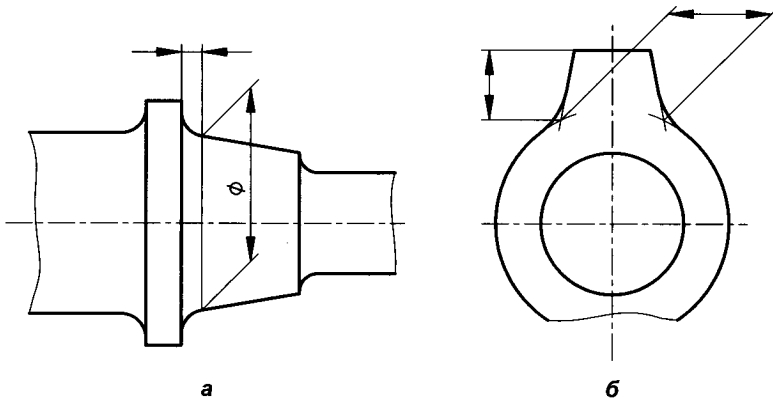


Рис. 7.62

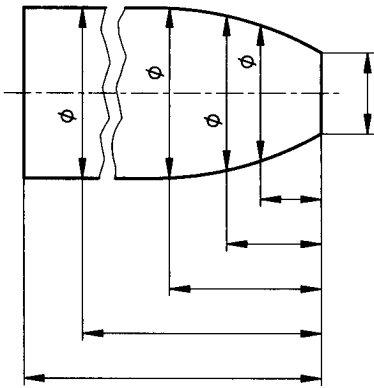


Рис. 7.63

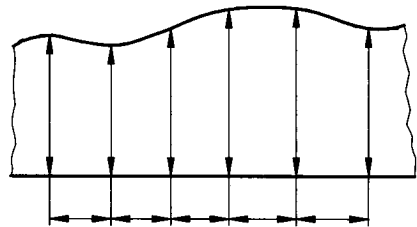


Рис. 7.64

Наносячи розміри, слід надавати перевагу розміщенню розмірної лінії поза межами зображення. Виносні лінії мають виступати за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм. Мінімальні відстані між паралельними розмірними лініями мають бути 7 мм, а між розмірною та лінією контуру — 10 мм. Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або відповідно за контурні, осьові, центрові тощо), і стрілки наносять, як показано на рис. 7.65.

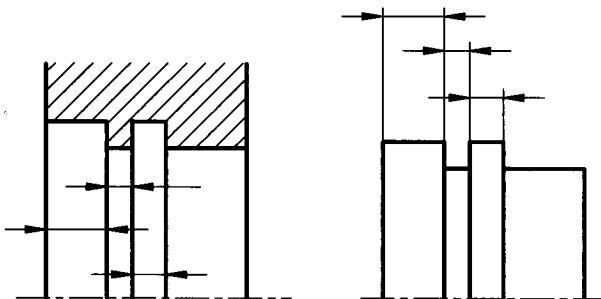


Рис. 7.65

Якщо недостатньо місця для стрілок на розмірних лініях, розміщених ланцюгом, стрілки допускається замінювати засічками, які наносять під кутом 45° до розмірних ліній (рис. 7.66, *а*), або чітко нанесеними точками (рис. 7.66, *б*). Якщо ж місця для стрілки недостатньо через близькість контурної або виносної лінії, останні допускається переривати (рис. 7.66, *в*).

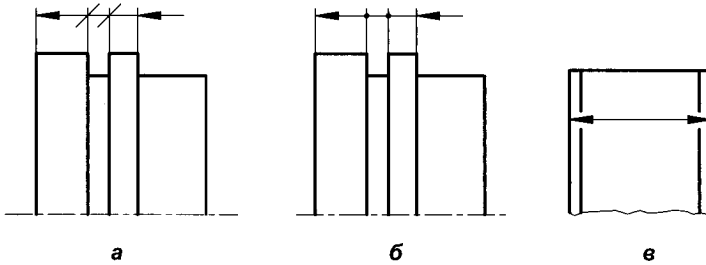


Рис. 7.66

Наносячи розміри, необхідно уникати перетину розмірних та виносних ліній. Не допускається використовувати як розмірні лінії контуру, осьові, центрові та виносні лінії.

Виносні лінії проводять від ліній видимого контуру, за винятком випадків нанесення розмірів криволінійного профілю (див. рис. 7.63, 7.64) та випадків, коли необхідно показати координати центра дуги скруглення чи вершини кута, що скруглюється (див. рис. 7.62, *б*), а також випадків, коли в ході нанесення розміру на невидимому контурі відпадає потреба у побудові додаткового зображення.

Якщо вид або розріз симетричного предмета чи окремих симетрично розташованих елементів зображають тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, які належать до цих елементів, проводять з обривом, і обрив розмірної лінії роблять далі осі або лінії обриву предмета (рис. 7.67).

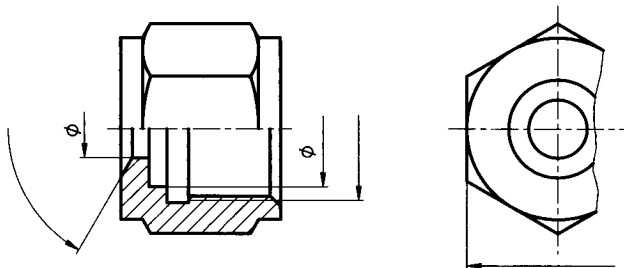
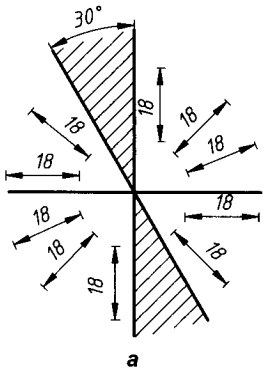


Рис. 7.67

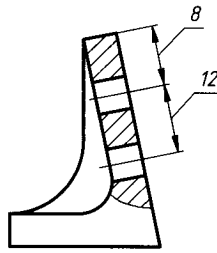
Розмірні лінії можна проводити з обривом також у разі нанесення діаметра кола, незалежно від того, зображено коло повністю чи частково; при цьому обрив розмірної лінії роблять далі від центра кола.

Розмірні числа наносять над розмірною лінією якомога ближче до її середини. У разі нанесення діаметра всередині кола розмірні числа зміщують відносно середини розмірних ліній. У випадку, коли кілька паралельних або концентричних розмірних ліній наносяться на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа над ними слід розташовувати у шаховому порядку.

Розмірні числа лінійних розмірів для різних нахилів розмірних ліній розміщують, як показано на рис. 7.68, а. Якщо кут нахилу розмірної лінії лежить у межах заштрихованої зони, розмірне число наносять на полиці лінії-виноски (рис. 7.68, б). Кутові розміри наносять так, як показано на рис. 7.69.



а



б

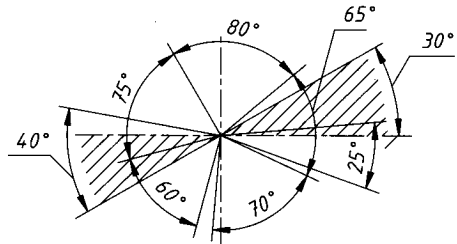
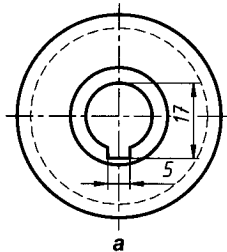


Рис. 7.69

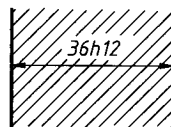
Рис. 7.68

Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, його розташовують над її продовженням або на полиці лінії-виноски. Спосіб нанесення розмірного числа для різних положень розмірних ліній на кресленику визначається найбільшою зручністю читання.

Розмірні числа не дозволяється розділяти або перетинати жодними лініями кресленика. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа, а також наносити розмірні числа у місцях перетину розмірних, осевих чи центрових ліній. У місці нанесення розмірного числа осеві, центрові та лінії штриховки переривають (рис. 7.70).



а



б

Рис. 7.70

Якщо елемент зображено з відступом від масштабу, то розмірне число слід підкреслити (рис. 7.71).

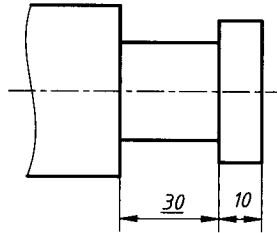


Рис. 7.71

Призначаючи розміри виробу, рекомендується розмірні числа вибирати з ряду нормальних лінійних розмірів (табл. 7.10 за ГОСТ 6636–69), причому перевагу слід надавати більшим градаціям (ряду *Ra5* над рядом *Ra10*, ряду *Ra10* над рядом *Ra20* і т. д.). Додаткові лінійні розміри, наведені в табл. 7.10, можна застосовувати лише в окремих технічно обґрунтованих випадках.

Таблиця 7.10. Нормальні лінійні розміри

У міліметрах

Ряди				Додаткові розміри	Ряди				Додаткові розміри
<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>		<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	
1,0	1,0	1,0	1,0	—	—	3,2	3,2	3,2	3,3
—	—	—	1,05	—	—	—	—	3,4	3,5
—	—	1,1	1,1	—	—	—	3,6	3,6	3,7
—	—	—	1,15	—	—	—	—	3,8	3,9
—	1,2	1,2	1,2	1,25	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1
—	—	—	1,3	1,35	—	—	—	4,2	4,4
—	—	1,4	1,4	1,45	—	—	4,5	4,5	4,6
—	—	—	1,5	1,55	—	—	—	4,8	4,9
1,6	1,6	1,6	1,6	1,65	—	5,0	5,0	5,0	5,2
—	—	—	1,7	1,75	—	—	—	5,3	5,5
—	—	1,8	1,8	1,85	—	—	5,6	5,6	5,8
—	—	—	1,9	1,95	—	—	—	6,0	6,2
—	2,0	2,0	2,0	2,05	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5
—	2,1	—	2,1	2,15	—	—	—	6,7	7,0
—	—	2,2	2,2	2,3	—	—	7,1	7,1	7,3
—	—	—	2,4	—	—	—	—	7,5	7,8
2,5	2,5	2,5	2,5	—	—	8,0	8,0	8,0	8,2
—	—	—	2,6	2,7	—	—	—	8,5	8,8
—	—	2,8	2,8	2,9	—	—	9,0	9,0	9,2
—	—	—	3,0	3,1	—	—	—	9,5	9,8
—	—	—	—	—	10	10	10	10	—

У табл. 7.10 наведено значення нормальних розмірів у межах від 1 до 10. Нормальні лінійні розміри поза межами цього інтервалу можна отримати множенням або діленням на 10^n , де n — ціле число.

Кутові розміри виробів слід вибирати з ряду нормальних кутів (табл. 7.11 за ГОСТ 8908–81).

Таблиця 7.11. Нормальні кути

1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
0°	0°	0°	—	10°	10°	—	—	70°
—	—	0°15′	—	—	12°	—	75°	75°
—	0°30′	0°30′	15°	15°	15°	—	—	80°
—	—	0°45′	—	—	18°	—	—	85°
1°	1°	1°	—	20°	20°	90°	90°	90°
—	—	1°30′	—	—	22°	—	—	100°
—	2°	2°	—	—	25°	—	—	110°
—	—	2°30′	30°	30°	30°	120°	120°	120°
—	3°	3°	—	—	35°	—	—	135°
—	—	4°	—	—	40°	—	—	150°
5°	5°	5°	45°	45°	45°	—	—	180°
—	—	6°	—	—	50°	—	—	270°
—	—	7°	—	—	55°	—	—	360°
—	8°	8°	60°	60°	60°	—	—	—
—	—	9°	—	—	65°	—	—	—

З метою підвищення інформативності розмірів перед розмірними числами ставлять символи, що пояснюють форму елемента, до якого відноситься розмірне число.

Наносячи радіус, перед розмірним числом ставлять велику літеру R . На розмірну лінію, розміщену між центром та дугою кола, наносять лише одну стрілку з боку дуги кола. Якщо необхідно вказати розміри, що визначають положення центра дуги, то останній зображають у вигляді перетину центрових або виносних ліній. Якщо ці розміри вказувати не потрібно, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра і зміщувати відносно нього (рис. 7.72, *а*). За великого значення радіуса центр дозволяється наближати до дуги кола, при цьому розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом 90° (рис. 7.72, *б*).



Рис. 7.72

У разі нанесення діаметра перед розмірним числом ставлять знак \varnothing . Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також ставиться знак \varnothing (R) без напису «Сфера». Якщо на кресленіку складно відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери допускається наносити слово «Сфера» або знак \circ (рис. 7.73). Діаметр знака сфери має дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленіку.

Для позначання квадрата використовують знак \square , який наносять перед розмірним числом, що відноситься до сторони квадрата (рис. 7.74). Висота знака \square має дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленіку.

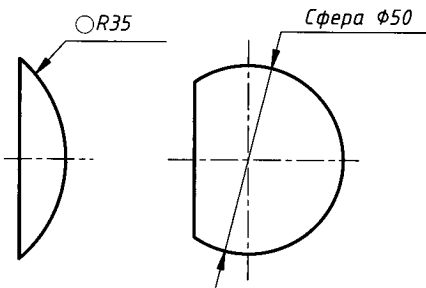


Рис. 7.73

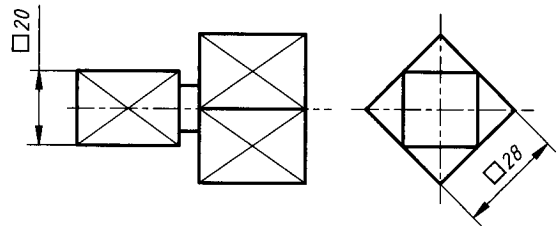


Рис. 7.74

Для позначання форми деталей на кресленіках часто використовують уклон і конусність. *Уклон* — це величина, що характеризує відхилення прямої лінії або площини відносно базової прямої або площини. Уклон являє собою тангенс кута нахилу. На кресленіку його вказують безпосередньо біля зображення поверхні уклону або на полиці лінії виноски у вигляді відношення чи у процентах. Перед розмірним числом, що визначає уклон, наносять знак \sphericalangle , гострий кут якого має бути направлений у бік уклону (рис. 7.75). Найуживаніші значення уклонів (ГОСТ 8908–81): 1:500; 1:200; 1:100; 1:50; 1:20; 1:10.

Конусність — це величина, що дорівнює відношенню діаметра основи прямого конуса до його висоти. Для зрізаного конуса ця величина дорівнює відношенню різниці діаметрів основ до висоти. Перед розмірним числом, що характеризує конусність, наносять знак \sphericalangle , гострий кут якого має бути направлений у бік вер-

шини конуса. Знак конуса і конусність у вигляді відношення слід наносити над осьовою лінією або на полиці лінії-виноски (рис. 7.76).

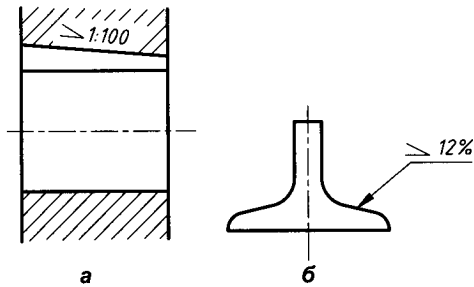


Рис. 7.75

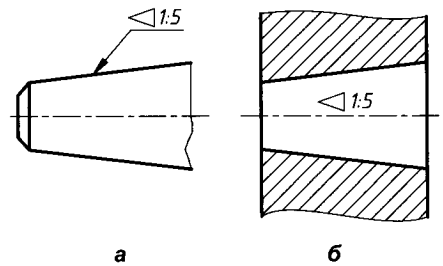


Рис. 7.76

Найуживаніші значення конусності (ГОСТ 8593–81): 1:500; 1:200; 1:100; 1:50; (1:30); 1:20; (1:15); (1:12); 1:10; (1:8); (1:7); (1:6); 1:5; (1:4); 1:3.

У разі зображення деталі в одній проекції розмір її товщини або довжини наносять, як показано на рис. 7.77.

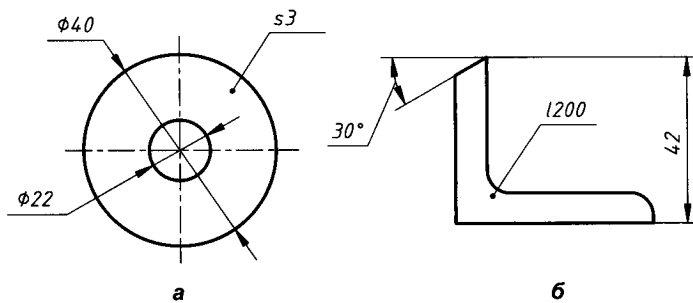


Рис. 7.77

7.8. Правила нанесення на креслениках написів, технічних вимог і таблиць

Окрім зображення предмета з розмірами кресленик може містити (ГОСТ 2.316–68*):

- текстову частину, що складається з технічних вимог та (або) технічних характеристик;
- написи з позначками зображень, а також такі, що стосуються окремих елементів виробу;
- таблиці з розмірами та іншими параметрами, технічними вимогами, умовними позначками тощо.

Текстову частину, написи й таблиці включають у кресленик у тих випадках, коли дані, які у них містяться, вказівки та роз'яснення неможливо або недоцільно

виразити графічно чи умовними позначками. Зміст тексту та написів має бути коротким та точним. Вони не мають містити скорочень слів, за винятком загальноприйнятих та встановлених стандартами. Текст на полі кресленика, таблиці та написи, як правило, розміщують паралельно до основного напису.

Біля зображень на полицях ліній-виносок наносять лише короткі написи, які відносяться безпосередньо до зображення предмета. Лінію-виноску, що перетинає контур зображення та не відводиться від якоїсь лінії, закінчують точкою (рис. 7.78, *а*). Лінію-виноску, що відводиться від ліній видимого та невидимого контурів, а також від ліній, що позначають поверхні, закінчують стрілкою (рис. 7.78, *б* і *в*). На кінцях ліній-виноски, що відводиться від усіх інших ліній, не має бути ні стрілки, ні точки (рис. 7.78, *г*).

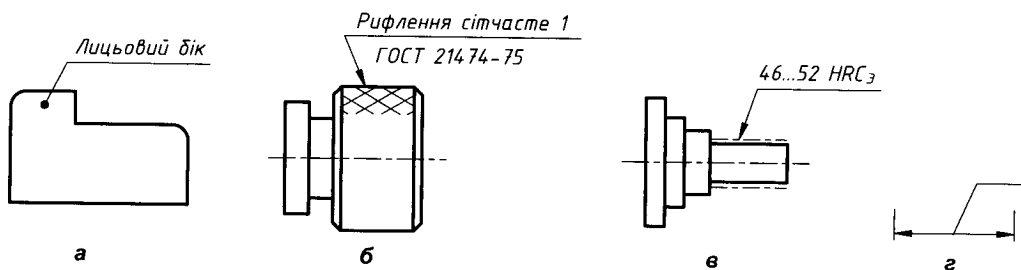


Рис. 7.78

Лінії-виноски мають бути непаралельними до ліній штриховки (якщо вони проходять по заштрихованому полю), не перетинатися між собою та, по можливості, не перетинати розмірні лінії та лінії зображення, до яких не відноситься розташований на полиці напис.

Допускається виконувати лінії-виноски з одним зломом (рис. 7.79, *а*), а також проводити від однієї полиці дві та більше ліній-виносок (рис. 7.79, *б*).

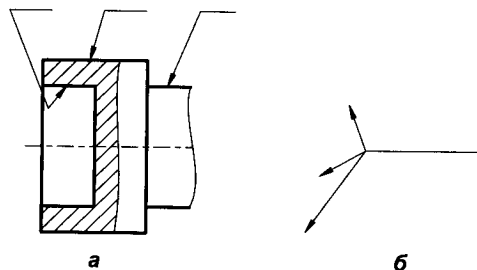


Рис. 7.79

Написи, що відносяться безпосередньо до зображення, можуть містити не більше ніж два рядки, розташованих над полицею ліній-виноски та під нею.

Текстову частину, що має бути на полі кресленика, розташовують над основним написом; при цьому між ними не дозволяється розміщувати зображення, таблиці тощо. На форматах, більших за А4, дозволяється розташовувати текст у дві та більше колонок.

Таблиці, для яких правила розташування не встановлені окремим стандартом, розташовують на вільному місці поля кресленика справа від зображення чи нижче нього і виконують відповідно до ГОСТ 2.105–95.

Технічні вимоги викладають, групуючи однорідні та близькі за своїм характером; при цьому, по можливості, слід дотримуватися такої послідовності:

- вимоги, що їх ставлять до матеріалу, заготованки, термічного оброблення, а також до властивостей матеріалу готової деталі (електричні, магнітні, діелектричні, міцність тощо);
- розміри, граничні відхилення розмірів, форми та взаємного розташунок поверхонь, маси тощо;
- вимоги до якості поверхонь, вказівки щодо покриття;
- зазори, розташунок окремих елементів конструкції;
- вимоги, що їх ставлять до налагодження та регулювання виробу;
- інші вимоги до якості виробу (наприклад, безшумність, вібростійкість тощо);
- умови та методи випробувань;
- вказівки щодо маркування та таврування;
- правила транспортування та зберігання;
- особливі умови експлуатації;
- посилання на документи, що містять інші вимоги, які поширюються на даний виріб, але не наведені на кресленику.

Кожний пункт технічних вимог записують з нового рядка та нумерують. Заголовок «Технічні вимоги» не пишуть.

У випадку, коли необхідно вказати технічну характеристику виробу, її слід розташовувати окремо від технічних вимог, з власною нумерацією пунктів, на вільному полі кресленика під заголовком «Технічна характеристика». При цьому над технічними вимогами слід помістити заголовок «Технічні вимоги». Заголовки не підкреслюють.

Якщо на кресленику пошук додаткових зображень (розрізів, перерізів, допоміжних видів, виносних елементів) ускладнений внаслідок великої насиченості кресленика чи виконання його на двох і більше аркушах, то біля позначки додаткових зображень зазначають номери аркушів або позначки зон, на яких ці зображення розташовано (рис. 7.80, а, б, в). У цих випадках над додатковими зображеннями

біля їх познач зазначають номери аркушів або позначки зон, на яких відмічені додаткові зображення (рис. 7.80, з, д, е).

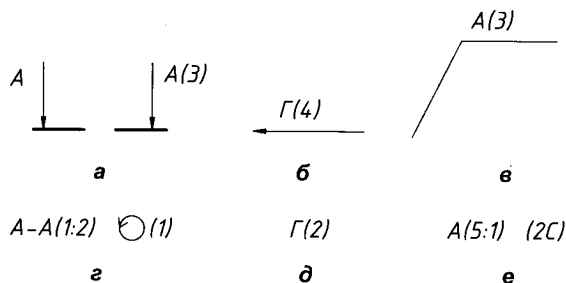


Рис. 7.80

У разі виконання кресленика на двох та більше аркушах текстову частину розміщують тільки на першому аркуші незалежно від того, на яких аркушах знаходяться зображення, до яких відносяться вказівки, викладені у текстовій частині.

У разі виконанні креслеників та схем на графічних пристроях ЕОМ технічні вимоги, таблиці та іншу текстову інформацію допускається поміщати на окремих аркушах формату А3 або А4, які нумерують як перші та (або) наступні аркуші кресленика (схеми) (ГОСТ 2.004–88).

7.9. Оформлення текстової документації

7.9.1. Загальні положення

Загальні вимоги до виконання текстових документів викладено в ГОСТ 2.105–95. Вимоги щодо оформлення та змісту окремих видів текстових документів регламентовано ГОСТ 2.106–96. Відповідно до ГОСТ 2.105–95 текстові документи поділяють на документи, що містять в основному суцільний текст (технічні умови, розрахунки, пояснювальні записки, інструкції тощо), та текст, розбитий на графи (специфікації, розписи, таблиці тощо). Текстові документи виконують у паперовій та (або) електронній формі або у вигляді електронного конструкторського документа (ДЭ).

Усі текстові документи виконують на формах, встановлених відповідними стандартами ЄСКД.

Спосіб виконання текстових документів може бути одним із таких:

- машинописним, при цьому необхідно дотримуватися вимог ГОСТ 13.1.002;
- рукописним — креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304 з висотою літер і цифр не менше ніж 2,5 мм; цифри та літери необхідно писати чітко чорною тушшю;

- із застосуванням ЕОМ та їх друкувальних і графічних пристроїв виведення (за ГОСТ 2.004);
- на електронних носіях даних.

Відстань від рамки форми, на якій виконують документ, до меж тексту на початку і в кінці рядків має бути не менша за 3 мм, відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої лінії рамки — не менша за 10 мм. Абзаци в тексті починають відступом, рівним п'яти ударам друкарської машинки (15–17 мм).

Для електронних документів у разі виведення на паперовий носій або пристрій відображення з використанням програмних засобів допускаються відхилення у розміщенні тексту.

7.9.2. Вимоги до текстових документів, що містять в основному суцільний текст

Текст документа поділяють на розділи і підрозділи. Документи великого обсягу дозволяється поділяти на частини, а у разі необхідності — на книги. Усім частинам дають назву і присвоюють позначку документа. Починаючи з другої частини, до цієї позначки додають порядковий номер. Усім книгам дають назву і присвоюють порядковий номер.

Аркуші документа нумерують у межах кожної частини, кожен аркуш починають на аркушах з основним написом за формою ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Розділи мають мати порядкові номери в межах всього документа (частини, книги), позначені арабськими цифрами без крапки і записані з абзацного відступу. Підрозділи мають мати нумерацію у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номерів розділу і підрозділу, відокремлених крапкою. У кінці номера підрозділу крапка не ставиться.

Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з одного або кількох пунктів. Якщо документ не має підрозділів, то нумерація пунктів у ньому має бути у межах кожного розділу і номер пункту має складатися з номерів розділу і пункту, відокремлених крапкою. Якщо документ має підрозділи, то нумерація пунктів здійснюється у межах підрозділу і номер пункту має складатися з номерів розділу, підрозділу і пункту, відокремлених крапками. У кінці номера пункту крапка не ставиться. У разі необхідності пункти можуть бути розбиті на підпункти, пронумеровані в межах кожного пункту.

Якщо у тексті є переліки, то перед кожною позицією переліку потрібно ставити дефіс або малу літеру, за якою ставиться дужка. У разі подальшої деталізації переліків необхідно використовувати арабські цифри, за якими ставиться дужка, а запис робиться з абзацного відступу, як показано в прикладі.

Приклад

а) _____

б) _____

1) _____

2) _____

в) _____

У разі розробляння текстових документів з використанням текстових редакторів у переліках можуть використовуватися літери не лише кирилиці, а й латини.

Кожний пункт, підпункт і перелік записують з абзацного відступу.

У розділів і підрозділів мають бути заголовки. Пункти, як правило, заголовків не мають. Заголовки слід писати з великої літери без крапки в кінці, не підкреслюючи. Переноси слів у заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, їх відокремлюють крапкою. У разі виконання документів рукописним способом відстань між заголовком і текстом документа має бути 15 мм, а між заголовками розділу і підрозділу — 8 мм. У разі виконання текстових документів автоматизованим способом допускається використовувати близькі до вказаних у міліметрах інтервали.

У документі великого обсягу на першому (заголовковому) аркуші та, у разі необхідності, на наступних аркушах поміщають зміст, який включає номери та назви розділів і підрозділів із зазначенням сторінок. Слово «Зміст» записують у вигляді заголовка (симетрично до тексту) з великої літери.

Повна назва виробу на титульному аркуші, в основному написі та в першому згадуванні в тексті документа має збігатися з його назвою в основному конструкторському документі. У подальшому тексті порядок слів у назві має бути прямим, тобто на першому місці має бути означення (прикметник), а потім — назва виробу (іменник); при цьому допускається використовувати скорочену назву виробу.

Текст документа має бути коротким, чітким і не допускати різних тлумачень. У ньому слід застосовувати науково-технічні терміни, позначки та визначення, встановлені відповідними стандартами, а коли їх нема — загальноприйняті у науково-технічній літературі. Якщо у документі прийнята специфічна термінологія, то в кінці нього (перед списком літератури) має бути перелік прийнятих термінів з відповідними роз'ясненнями.

У тексті документа не допускається:

- застосовувати для одного й того самого поняття різні науково-технічні терміни, близькі за значенням (синоніми);
- використовувати скорочення слів, окрім тих, які встановлені стандартами; якщо в документі прийнята особлива система скорочення слів і назв, то у ньому

має бути перелік прийнятих скорочень, який поміщають в кінці документа перед переліком термінів;

- скорочувати позначки фізичних величин, якщо їх вживають без цифр;
- використовувати математичний знак мінус (–) перед від’ємними значеннями величин (слід писати слово «мінус»);
- використовувати знак «Ø» для позначання діаметра (слід писати слово «діаметр»);
- використовувати без числових значень математичні знаки (наприклад, >, ≥, <, ≤, =, ≠), а також знаки № і %;
- використовувати індекси стандартів, технічних умов та інших документів без реєстраційного номера.

У тексті документа числові значення величин з позначкою одиниць фізичних величин і одиниць лічення слід писати цифрами, а числа без позначок одиниць фізичних величин і одиниць лічення від одного до дев’яти – словами. Якщо в тексті наводиться ряд або діапазон числових значень, виражених в одній і тій самій одиниці фізичної величини, то її зазначають лише після останнього числового значення, наприклад: 1,50; 1,75; 2,00 м.

Дробові числа необхідно наводити у вигляді десяткових дробів, за винятком розмірів у дюймах, котрі слід записувати $\frac{1}{4}$ ”, $\frac{1}{2}$ ”. У разі неможливості виразити числове значення у вигляді десяткового дробу допускається записувати його у вигляді простого дробу в один рядок через похилу риску (наприклад, 5/32).

У формулах слід використовувати позначки, встановлені відповідними стандартами. Пояснення символів, що входять у формулу, якщо їх не пояснено раніше в тексті, мають бути наведені безпосередньо за формулою. Пояснення кожного символу слід давати з нового рядка у тій послідовності, в якій символи наведені у формулі. Перший рядок має починатися зі слова «де» без двокрапки після нього. Формули, що йдуть одна за одною і не розділені текстом, розділяють комою.

Нумерують формули наскрізною нумерацією арабськими цифрами, які записують на рівні формули справа у круглих дужках. Посилання у тексті на порядкові номери формул дають у дужках, наприклад: ... у формулі (1). Допускається нумерація формул у межах розділу. У цьому випадку номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, відокремлених крапкою.

Ілюстрації можуть бути розміщені як по тексту документа, так і в кінці нього. Вони мають бути виконані відповідно до вимог ЄСКД. Нумерувати ілюстрації слід арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Допускається нумерувати ілюстрації у межах розділу. У цьому випадку номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад: Рисунок 1.1. При посиланні на ілюстрації слід писати: «...відповідно до рисунка 2»

в разі наскрізної нумерації та «... відповідно до рисунка 1.2» в разі нумерації у межах розділу. У разі розроблення текстових документів з використанням програмних засобів допускається не нумерувати дрібні ілюстрації, розміщені безпосередньо в тексті та на які в подальшому немає посилань.

Ілюстрації у разі необхідності можуть мати назву і пояснювальні дані (підрисунковий текст). Слово «Рисунок» і назву поміщують після пояснювальних даних і розміщують так: Рисунок 1 – Деталі приладу.

Для кращої наочності та зручності порівняння показників застосовують таблиці. Назва таблиці, за її наявності, має бути точною та короткою. Назву слід розміщувати над таблицею. У разі переносу таблиці на ту саму або інші сторінки назву розташовують тільки над першою частиною таблиці. Цифровий матеріал, як правило, оформляють у вигляді таблиць відповідно до рис. 7.81.

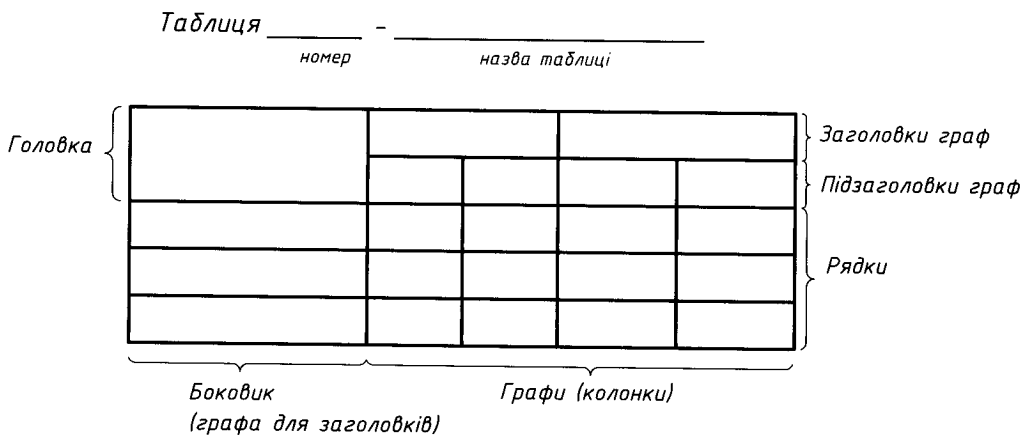


Рис. 7.81

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Допускається нумерувати таблиці у межах розділу. У цьому випадку номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою. У разі посилання на таблицю слід писати слово «таблиця» із зазначенням її номера.

Заголовки граф і рядків таблиці потрібно писати з великої літери, а підзаголовки граф – з малої літери, якщо вони складають одне речення із заголовком, або з великої, якщо вони мають самостійне значення. У кінці заголовків і підзаголовків крапки не ставлять. Заголовки та підзаголовки граф зазначають в однині.

Таблиці зліва, справа і знизу, як правило, обмежують лініями. Розділяти заголовки та підзаголовки боковика і граф діагональними лініями не допускається. Лінії, що розмежовують рядки таблиці, допускається не проводити, якщо це не ускладнює користування таблицею.

Таблицю залежно від її розміру розміщують під текстом, в якому вперше дається посилання на неї, або на наступній сторінці. Якщо рядки або графи виходять за формат сторінки, таблицю ділять на частини, розміщуючи одну під іншою або поряд; при цьому в кожній частині таблиці повторюють її головку і боковик. У разі поділу таблиці на частини допускається її головку або боковик замінювати відповідно номерами граф і рядків. При цьому нумерують арабськими цифрами графи і (або) рядки першої частини таблиці. Слово «Таблиця» пишуть один раз над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова «Продовження таблиці» із зазначенням номера. У разі підготовки документів із застосуванням прикладних програмних засобів напис «Продовження таблиці» дозволяється не робити.

Графу «Номер по порядку» в таблицю включати не допускається. У разі необхідності нумерації даних рядкові номери слід зазначати у першій графі (боковику) таблиці безпосередньо перед їх назвою.

Якщо усі показники у графах таблиці наведені в одній і тій самій одиниці фізичної величини, то її позначку записують над таблицею справа (у наступному за словом «Таблиця» рядку), наприклад: «У міліметрах». У разі поділу таблиці на частини цей запис розташовують над кожною її частиною під словами «Продовження таблиці». Якщо у більшості граф таблиці наведено показники, виражені в одних і тих самих одиницях фізичних величин, але є графи з показниками, вираженими в інших одиницях, то над таблицею слід писати назву показника, що переважає, разом з позначкою його фізичної величини (наприклад, «Розміри у міліметрах»), а в підзаголовках решти граф наводити назви показників і позначки інших одиниць фізичних величин (наприклад, «Маса, кг»).

Для скорочення тексту заголовків граф окремі поняття замінюють літерними позначками, встановленими ГОСТ 2.321, або іншими позначками, якщо вони пояснені в тексті або наведені на ілюстраціях, наприклад: D — діаметр, H — висота, L — довжина. Обмежувальні слова «більше», «не більше», «менше», «не менше» та ін. розміщують в одному рядку (або графі) з назвою відповідного показника після позначки його одиниці фізичної величини, відокремлюючи комою. Позначки одиниць плоского кута слід вказувати не в заголовках граф, а у кожному рядку таблиці. Числове значення показника проставляють на рівні останнього рядка назви показника. Значення показника, наведене у вигляді тексту, записують на рівні першого рядка назви показника.

Прикладом документа, що містить в основному суцільний текст, є *пояснювальна записка*. Пояснювальну записку виконують на аркушах формату А4. Перший аркуш оформляють за формою 9, а наступні — за формою 9а ГОСТ 2.106–96. Ці форми передбачають рамку, виконану суцільною товстою лінією, на відстані 20 мм зліва і по 5 мм з інших боків від краю аркуша. Основний напис на формі 9 —

за формою 2, а на формі 9а — за формою 2а ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Необхідні схеми, таблиці та кресленики допускається виконувати на аркушах будь-яких форматів, встановлених ГОСТ 2.301; при цьому основний напис виконують відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 (форма 2а).

У загальному випадку пояснювальна записка має складатися з таких розділів:

- вступ;
- назва та галузь застосування виробу, який проектують;
- технічна характеристика;
- опис та обґрунтування вибраної конструкції;
- розрахунки, що підтверджують працездатність виробу і надійність конструкції;
- очікувані техніко-економічні показники.

Залежно від особливостей виробу окремі розділи допускається об'єднувати або вилучати, а також вводити нові розділи.

7.9.3. Вимоги до текстових документів, що містять текст, розбитий на графи

Текстові документи, що містять текст, розбитий на графи, у разі необхідності поділяють на розділи і підрозділи, які не нумерують. Назви розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків малими літерами (окрім першої великої) та підкреслюють. Нижче кожного заголовка має бути залишено один вільний рядок, а вище — не менше ніж один. У текстових документах у паперовій формі, що мають рядки, запис виконують на кожному рядку в один ряд.

Прикладом текстового документа, що містить текст, розбитий на графи, є *специфікація*, виконання якої буде розглянуто пізніше.

Запитання для самоперевірки

1. Чим визначається формат та які формати аркушів встановлено для креслеників?
2. Що таке основний напис та які форми основних написів встановлено для конструкторських документів?
3. Що називають масштабом? Як зазначають масштаб на кресленику?
4. Як використовують різні типи ліній на креслениках?
5. Скільки основних типів ліній визначає ДСТУ ISO 128-20:2003? Які різновиди може мати кожний тип лінії?
6. Яку структуру позначки встановлює ДСТУ ISO 128-20:2003 для ліній основних типів?

7. Які шрифти встановлює ГОСТ 2.304–81?
8. Які основні способи ортогонального проєкціювання дозволено використовувати на креслениках згідно з ДСТУ ISO 5456-2:2005?
9. Як поділяють зображення залежно від їх змісту? Дайте їх визначення.
10. Які види називають місцевими?
11. Як поділяють розрізи залежно від положення розтинальної площини?
12. Що називають виносним елементом?
13. Які спрощення дозволено використовувати для зображення розрізів?
14. Як позначають положення розтинальних площин на розрізах та перерізах згідно з ДСТУ ISO128-24:2005?
15. Як вибирають відстань між лініями штриховки?
16. Які основні правила нанесення розмірів на креслениках?
17. Що таке уклон та конусність та як їх позначають на креслениках?
18. Які основні правила нанесення на кресленику написів, що відносяться безпосередньо до зображення?
19. Як розміщують на кресленику та у якій послідовності викладають технічні вимоги?
20. Які правила оформлення у текстових конструкторських документах переліків? Таблиць?
21. Яким вимогам мають відповідати оформлення та зміст пояснювальної записки?

Розділ 8

Виконання креслеників деталей

- ◆ Загальні вимоги
- ◆ Зображення деталей
- ◆ Нанесення розмірів
- ◆ Граничні відхилення розмірів
- ◆ Допуски форми та розташування поверхонь
- ◆ Нанесення позначок шорсткості поверхонь
- ◆ Позначання матеріалів
- ◆ Нанесення на креслениках позначок покриттів, термічного та інших видів оброблення поверхонь
- ◆ Нарізь та елементи деталей з нарізкою
- ◆ Приклади типових креслеників деталей

8.1. Загальні вимоги

Кресленики деталей (робочі кресленики) належать до обов'язкових документів робочої конструкторської документації. Вони мають містити усі дані, що визначають форму, розміри, точність, шорсткість поверхонь, матеріал, термообробіток, оздоблення та інші відомості, необхідні для виготовлення деталей відповідної якості та їх контролювання. Ці дані подають у вигляді зображень, спеціальних умовних позначок та текстових написів на полі кресленика.

Розроблення креслеників деталей виробу здійснюють після розроблення кресленика загального виду. Основні вимоги до їх виконання викладено у ГОСТ 2.109–73. Робочі кресленики розробляють, як правило, на усі деталі, що входять до складу виробу. Допускається не виготовляти кресленики на такі деталі (ГОСТ 2.109–73):

- деталі, що їх виготовляють з фасонного чи листового матеріалу відрізанням під прямим кутом, з листового матеріалу відрізанням по колу або по периметру прямокутника без подальшого оброблення;

- деталі виробів з нерознімними з'єднаннями (зварних, паяних, клепанних, склеєних тощо), що є складовими частинами виробів одиничного виробництва, якщо конструкція такої деталі настільки проста, що для її виготовлення достатньо трьох-чотирьох розмірів на складальному кресленнику або одного зображення такої деталі на вільному полі цього кресленника;
- деталі виробів одиничного виробництва, форму та розміри яких (довжину, радіус згинання тощо) встановлюють по місцю;
- покупні вироби, що їх піддають антикорозійному або декоративному покриттю, яке не змінює характеру сполучення із суміжними деталями;

Необхідні дані для виготовлення та контролювання деталей, на які не випускають кресленники, вказують на складальних кресленниках або у специфікації.

На кожен виріб випускається окремий кресленник. Виняток складає група виробів, що мають спільні конструктивні ознаки. На такі вироби виконують *груповий кресленник* за ГОСТ 2.113.

8.2. Зображення деталей

Зображення деталі виконують відповідно до ГОСТ 2.305–68 (див. підрозділ 7.5.2). Кількість зображень має бути мінімальною, але достатньою для визначення форми деталі та її елементів.

Зображення виконують у масштабах, передбачених ГОСТ 2.302–68. Елементи деталей з розмірами (або різницею у розмірах) на кресленнику 2 мм і менше зображають збільшеними з деяким відхиленням від масштабу, прийнятого для всього зображення. Незначну конусність та уклони допускається зображати зі збільшенням та деяким порушенням масштабу на тих видах, де вони чітко не виявляються.

Деталі рекомендується зображати в положенні, зручному для читання кресленника під час її виготовлення. Так, у разі виготовлення деталей, обмежених переважно поверхнями обертання, основною технологічною операцією є обробка на токарних та аналогічних їм верстатах, за якої вісь деталі займає, як правило, горизонтальне положення, а різець переміщується справа наліво. На кресленниках таких деталей головне зображення зазвичай розташовують так, щоб вісь деталі була паралельна основному напису. При цьому деталь на зображенні обертають вправо тим боком, з якого виконуються більшість токарних операцій. Головне зображення деталі, яка частково чи повністю обмежена конічною поверхнею обертання зазвичай розташовують так, щоб вершина конічної поверхні була справа. Якщо деталь окрім зовнішніх поверхонь обертання обмежена співвісними внутрішніми поверхнями обертання, то як головне зображення беруть фронтальний розріз, що дає повне уявлення про деталь та полегшує нанесення розмірів. У випадках, коли

деталь має східчастий отвір, головне зображення розташовують так, щоб східчини з більшим діаметром були правіше, ніж східчини з меншим діаметром. Головне зображення деталі, що має отвір конічної форми, розташовують так, щоб вершина конічної поверхні розміщувалася зліва. Якщо деталь має глухі отвори чи порожнини, форму останніх виявляють за допомогою місцевого розрізу. У разі, коли кресленик деталі має давати інформацію як про зовнішню поверхню деталі, так і про її внутрішню поверхню, на кресленнику суміщають частину виду та частину фронтального розрізу. При цьому розміри для зовнішніх та внутрішніх форм розташовують по різні боки від осі симетрії.

Для деталей, що їх виготовляють гнуттям з листового матеріалу, буває доцільним показати на кресленнику часткову або повну розгортку деталі (рис. 8.1). Коли форма та розміри усіх елементів визначаються за зображенням готової деталі, розгортку не наводять.

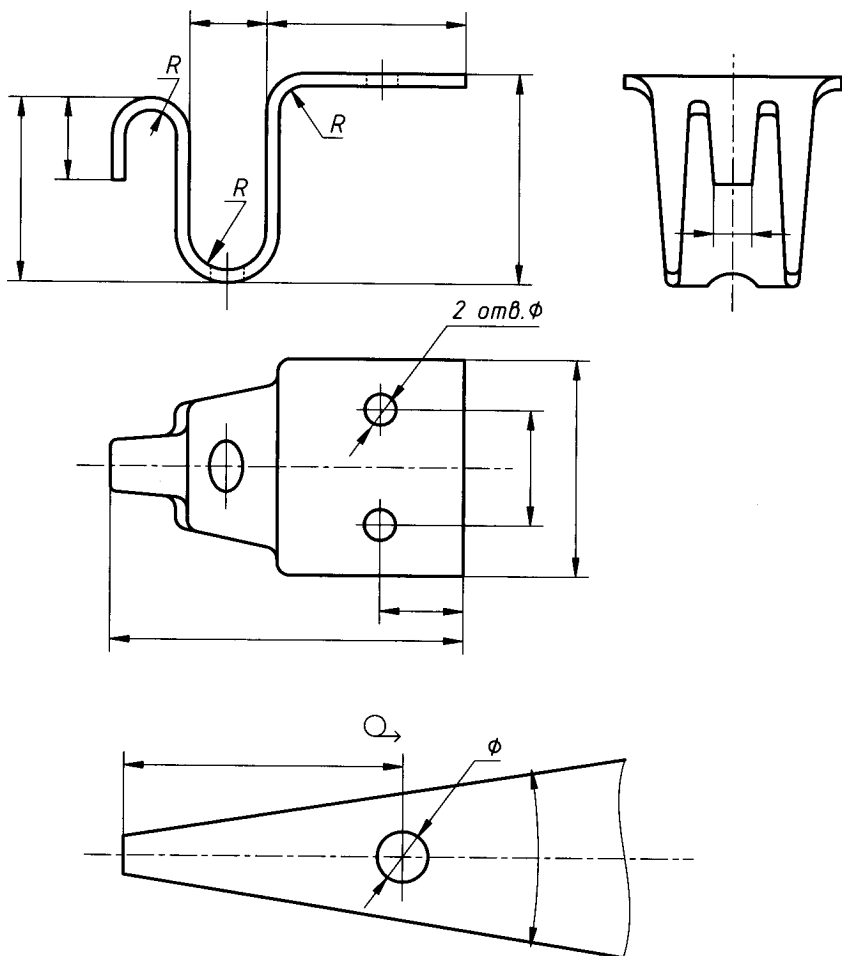


Рис. 8.1

На зображенні розгортки наносять лише ті розміри, які неможливо вказати на зображенні готової деталі. Над зображенням розгортки поміщають умовну графічну позначку Q . Розгортку зображають суцільними основними лініями, товщина яких має дорівнювати товщині ліній видимого контуру на зображенні деталі. У разі потреби на зображенні розгортки наносять лінії згинання, які виконують штрихово-пунктирною тонкою лінією з двома крапками із зазначенням на полиці лінії-виноски «Лінія згинання». Допускається суміщати зображення частини розгортки з видом деталі. Тоді розгортку зображають штрихово-пунктирними тонкими лініями з двома крапками, а умовну графічну позначку Q не наносять (рис. 8.2).

Деталі, які отримують за допомогою вирубування з листового матеріалу, прийнято зображати на креслениках таким чином, щоб вісь симетрії була горизонтальною або вертикальною. Форму деталі передають однією проекцією із зазначенням товщини матеріалу (рис. 8.3).

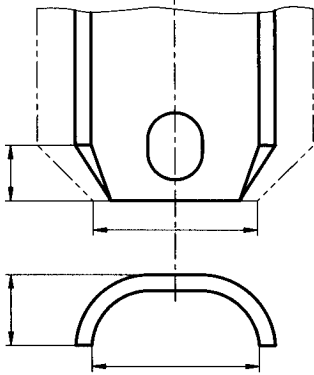


Рис. 8.2

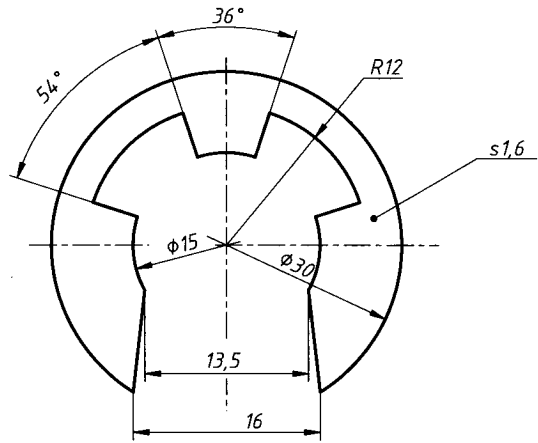


Рис. 8.3

Вибираючи положення головного виду литої деталі, слід брати до уваги положення деталі у вузлі, положення деталі під час розмічування на розмічувальній плиті та положення деталі на металорізальному верстаті в разі виконання найбільш трудомісткої технологічної операції. Наприклад, деталі типу фланців, маховиків, циліндрів, тобто деталі, що є тілами обертання, слід розташовувати відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб їх вісь була паралельною до основного напису. Деталі типу кронштейнів, опор, стояків прийнято розташовувати щодо фронтальної площини проєкцій так, щоб їх опорні базові поверхні займали фронтальне, горизонтальне або профільне положення, тобто проєкціювалися паралельно або перпендикулярно до основного напису. Корпусні деталі коробчастого типу прийнято розташовувати так, щоб їх базові опорні поверхні займали горизонтальне положення.

8.3. Нанесення розмірів

Розміри на кресленіку деталі наносять, виходячи з міркувань її взаємодії з іншими деталями, а також беручи до уваги процес її виготовлення та контролювання. Система нанесення розмірів має забезпечувати мінімальні похибки під час виготовлення деталі, а також зручність її контролювання. Для цього нанесення розмірів слід виконувати, беручи до уваги *базування* деталі — надання заготованці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат (ДСТУ 2232–93, ГОСТ 21495–76).

Поверхня або сукупність поверхонь, вісь, точка, які належать заготованці або виробові, що їх використовують для базування, називаються *базами* (ДСТУ 3321:2003).

Базування необхідне на всіх стадіях створення виробів: конструювання, виготовлення, вимірювання, а також у разі розглядання виробу в цілому. Звідси випливає необхідність поділу баз за призначенням на три види: *конструкторські, технологічні та вимірювальні*.

Конструкторською базою називається база, яку використовують для визначення положення деталі чи складанної одиниці у виробі.

Групу конструкторських баз складають *основні та допоміжні бази*. *Основна база* — це конструкторська база даної деталі чи складанної одиниці, що її використовують для визначення їх положення у виробі. *Допоміжна база* — це конструкторська база даної деталі чи складанної одиниці, яку використовують для визначення положення приєднаного до них виробу.

Від конструкторських баз наносять, як правило, розміри, що визначають положення сполучуваних поверхонь, беручи до уваги при цьому можливість дотримання та контролювання цих розмірів.

Вимірювальною базою називається поверхня, лінія або точка, від яких здійснюють відлік розмірів під час оброблення або вимірювання заготованок, а також у ході перевірки взаємного розташування поверхонь деталей чи елементів виробу.

Технологічна база — це база, що її використовують для визначення положення заготованки або виробу в процесі виготовлення або ремонту.

Усі розміри на робочих креслениках деталей, окрім розмірів положення сполучуваних поверхонь, рекомендується наносити від технологічних або вимірювальних баз.

Від правильності призначення технологічних баз значною мірою залежать фактична точність виконання лінійних розмірів, заданих конструктором, правильність взаємного розташування поверхонь, що їх обробляють, точність оброблення, яку має витримати робітник, виконуючи запроєктовану технологічну операцію. Призначання технологічних баз починають з вибору технологічної бази для ви-

конання першої операції. Технологічна база, що її використовують під час першого встановлювання заготовки, називається *чорною* технологічною базою. За чорну технологічну базу вибирають поверхню, відносно якої на першій операції можуть бути оброблені поверхні, які в ході подальших операцій будуть використані як технологічні бази. Таким чином, чорнова база призначена для оброблення *чистових* баз. Чорнову базу слід використовувати в разі оброблення заготовки тільки один раз — під час виконання першої операції. Усі подальші операції необхідно здійснювати з використанням чистових баз. Якщо на деталі є поверхні, що не підлягають механічному обробленню, за чорнові технологічні бази приймають саме ці поверхні, які залишаються необробленими. У цьому разі розміри поверхонь, що їх обробляють, наносять від чистової бази, а розміри поверхонь, що механічно не обробляються, — від чорнової бази. Обидві базові поверхні по кожному координатному напрямку мають бути пов'язані одним розміром (рис. 8.4).

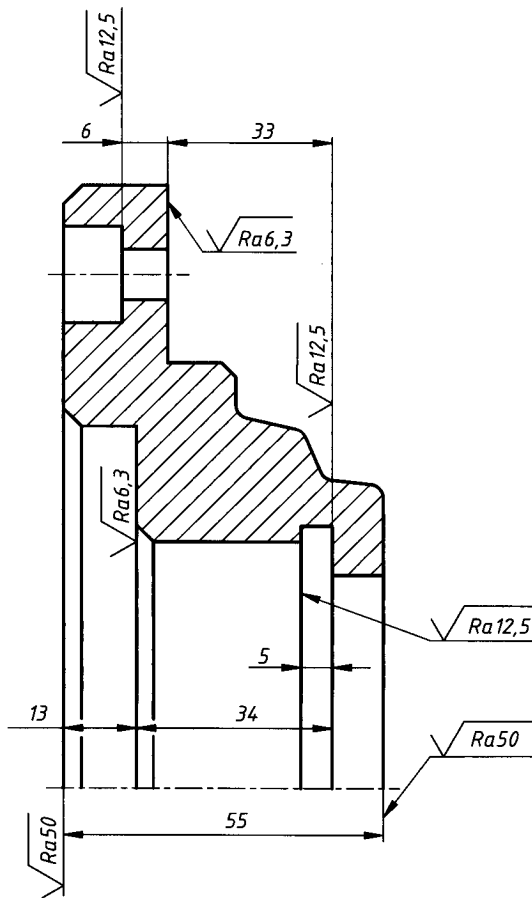


Рис. 8.4

У разі розміщення елементів предмета (отворів, пазів тощо) на одній осі або на одному колі розміри, що визначають їх взаємний розташунок, наносять такими способами:

- від спільної бази (поверхні, осі) (рис. 8.5, а і б);
- заданням розмірів кількох груп елементів від кількох спільних баз (рис. 8.5, в);
- заданням розмірів між суміжними елементами (ланцюжком) (рис. 8.6).

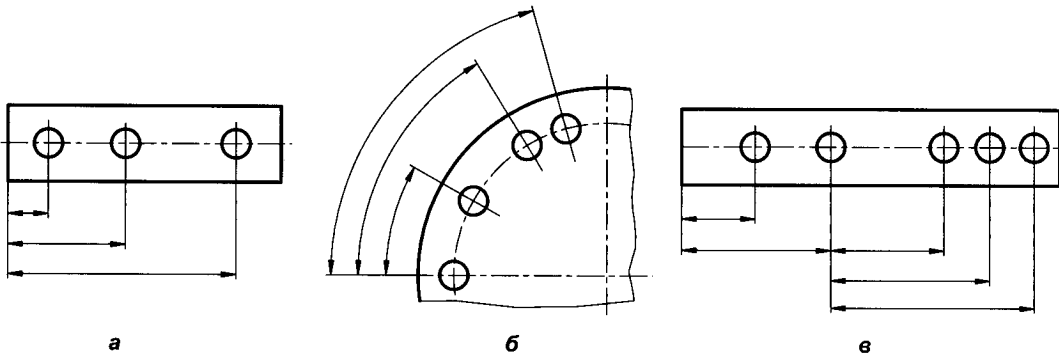


Рис. 8.5

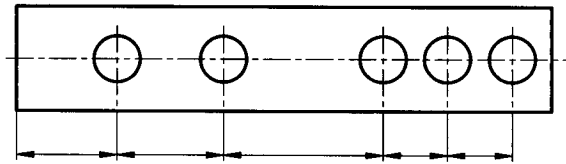


Рис. 8.6

Перевагу слід надавати тому способу, який в конкретній конструкції дає мінімальну накопичену похибку для найточнішого розміру.

Розміри фасок під кутом 45° наносять, як показано на рис. 8.7, а. Якщо лінійний розмір фаски в масштабі кресленника 1 мм і менше, допускається фаску не зображати, а її розміри вказувати на полиці лінії виноски (рис. 8.7, б). Розміри фасок під іншими кутами зазначають за загальними правилами — лінійним та кутовим розмірами (рис. 8.8, а і б) або двома лінійними розмірами (рис. 8.8, в).

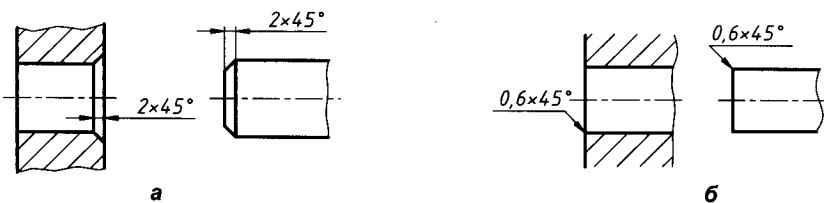


Рис. 8.7

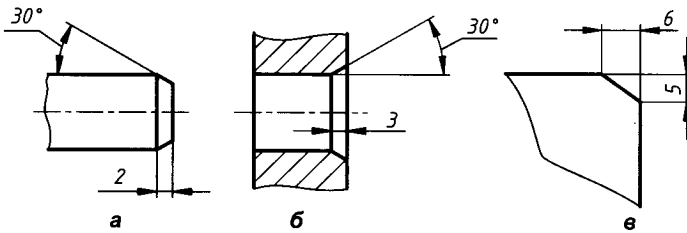


Рис. 8.8

Розміри кількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз із зазначенням на полиці лінії-виноски кількості цих елементів (рис. 8.9, а). Допускається вказувати кількість елементів, як показано на рис. 8.9, б.

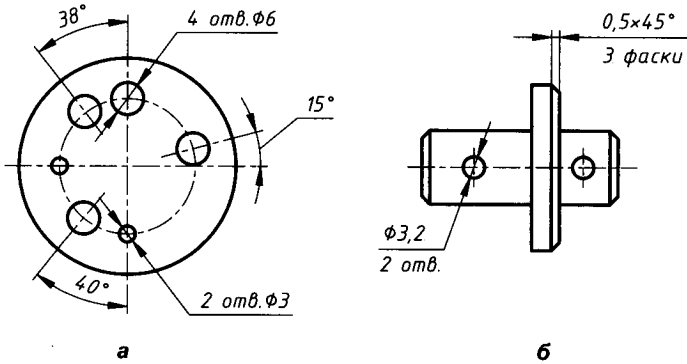


Рис. 8.9

У разі нанесення розмірів елементів, рівномірно розміщених по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, що визначають взаємний розташунок елементів, зазначають тільки кількість цих елементів (рис. 8.10, а і б).

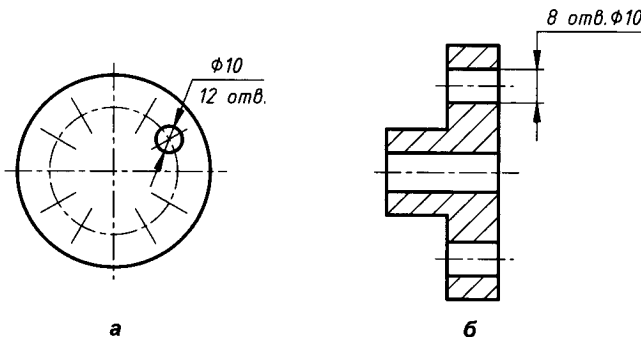


Рис. 8.10

Розміри двох симетрично розташованих елементів виробу (окрім отворів) наносять один раз без зазначення їх кількості, зазвичай групуючи всі розміри в одному місці (рис. 8.11).

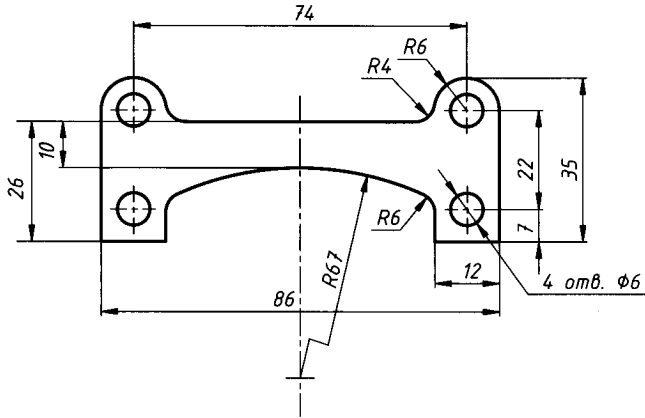


Рис. 8.11

Розміри, що належать до одного й того самого конструктивного елемента (пазу, виступу, отвору тощо) рекомендується групувати в одному місці, розташовуючи їх на тому зображенні, на якому геометричну форму даного елемента вказано найповніше.

У разі нанесення розмірів, що визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами) рекомендується замість розмірних ланцюгів наносити розмір між сусідніми елементами та розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжків між елементами на розмір проміжку (рис. 8.12).

Допускається не наносити на кресленику розмір радіуса дуги кола, що спряжує паралельні лінії (рис. 8.13).

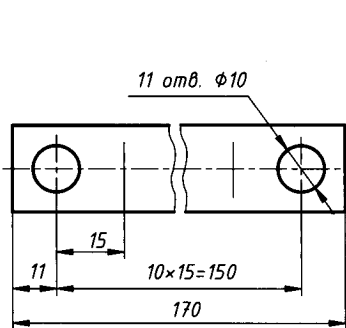


Рис. 8.12

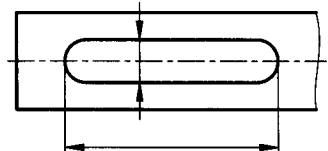
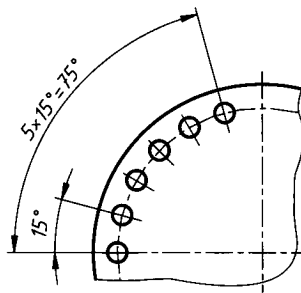


Рис. 8.13

Однакові елементи, розташовані у різних частинах виробу (наприклад, отвори), розглядають як один елемент, якщо між ними немає проміжку (рис. 8.14, а) або якщо ці елементи з'єднані тонкими суцільними лініями (рис. 8.14, б). За інших умов зазначають повну кількість елементів (рис. 8.14, в).

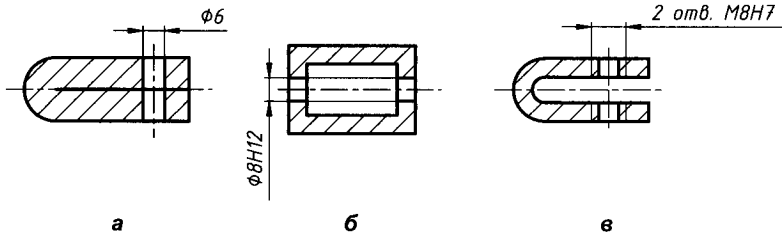


Рис. 8.14

Якщо на кресленіку показано кілька груп близьких за розмірами отворів (наприклад, на креслениках друкованих плат та інших деталей радіоелектронних виробів), то рекомендується позначати однакові отвори одним із умовних знаків, наведених на рис. 8.15. Допускається застосовувати й інші умовні знаки. У разі позначання однакових отворів умовними знаками їх кількість і розміри наводять у таблиці.

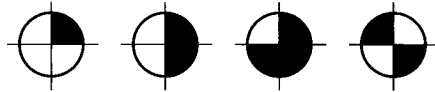


Рис. 8.15

Зображаючи деталь в одній проекції, розмір її товщини або довжини наносять, як показано на рис. 8.16.

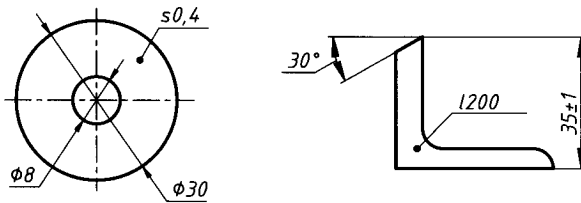


Рис. 8.16

Розміри деталі чи отвору прямокутного перерізу можна зазначати на полиці лінії-виноски розмірами сторін через знак множення. При цьому на першому місці має бути вказаний розмір тієї сторони, від якої проводиться лінія-виноска (рис. 8.17).

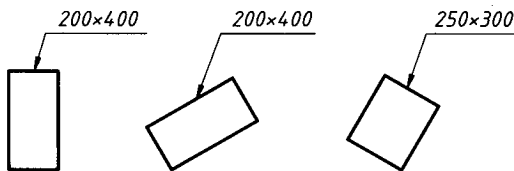
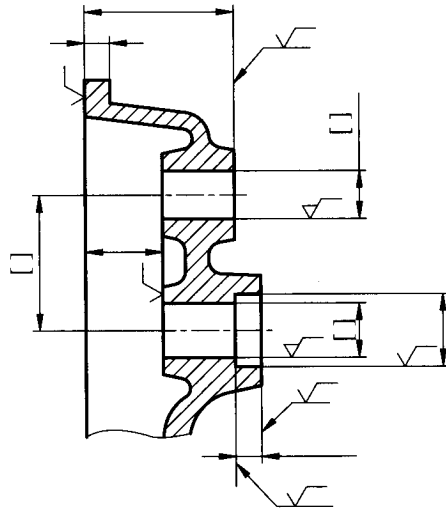


Рис. 8.17

Якщо окремі елементи виробу необхідно до складання обробити спільно з іншим виробом, для чого їх тимчасово з'єднують і скріплюють (наприклад, половини корпусу), то на обидва вироби мають бути випущені самостійні кресленики із зазначенням на них усіх розмірів та інших необхідних даних. Розміри елементів, що їх обробляють спільно, беруть у квадратні дужки, а в технічних вимогах роблять запис по типу «Обробляння за розмірами у квадратних дужках виконувати спільно з дет. ...» (рис. 8.18).



1. Обробляння за розмірами у квадратних дужках виконувати спільно з дет. ...
2. Деталі застосовувати спільно.

Рис. 8.18

На вироби, що їх виготовляють розрізанням заготовки на частини та які складаються з двох або більше частин, що їх обробляють спільно і застосовують лише спільно, виконують один кресленик (рис. 8.19).

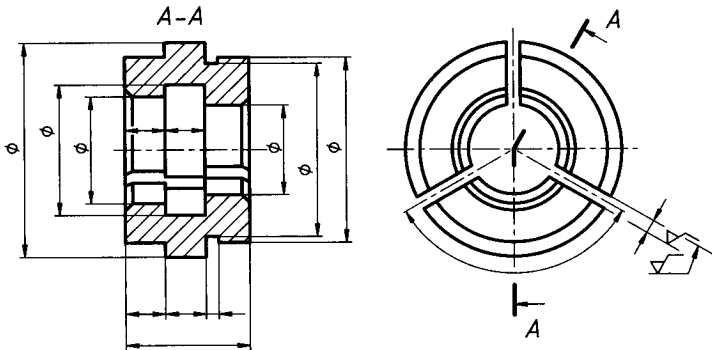


Рис. 8.19

8.4. Граничні відхили розмірів

Розміри, що їх указують на креслениках, є *номінальними*, тобто такими, що отримані в результаті розрахунків або вибрані з конструкторських міркувань. Проте виготовити деталь, розміри якої абсолютно точно відповідали б номінальним, неможливо. Готова деталь завжди має деякі відхили розмірів від їх номінальних значень. Для того, щоб деталь відповідала своїй функційній призначеності та задовольняла вимозі взаємозамінності (можливості складання виробу з незалежно виготовлених деталей без додаткових операцій оброблення), її дійсні розміри мають перебувати між двома допустимими *граничними розмірами*. Один з них називають *найбільшим граничним розміром*, а другий — *найменшим* (рис. 8.20).

Алгебраїчну різницю між граничним і номінальним розмірами називають *граничним відхилом*. Розрізняють *верхній* та *нижній* граничні відхили. *Верхнім відхилом* називають алгебраїчну різницю між найбільшим граничним і номінальним розмірами, а *нижнім відхилом* — алгебраїчну різницю між найменшим граничним і номінальним розмірами. Один з двох граничних відхилів (верхній або нижній), який є ближчим до номінального розміру, називають *основним відхилом*.

Різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами, або, точніше, абсолютна величина (без знака) між верхнім і нижнім відхилами, називається *допуском*, а зона, обмежена верхнім і нижнім відхилами, називається *полем допуску*. Поле допуску визначається величиною допуску та його розміщенням відносно номінального розміру. На графічному зображенні поле допуску має бути між двома прямими лініями, що відповідають верхньому та нижньому відхилам від так званої *нульової лінії*, яка відповідає номінальному розміру (рис. 8.21).

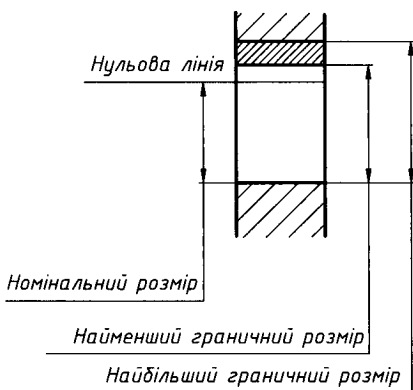


Рис. 8.20

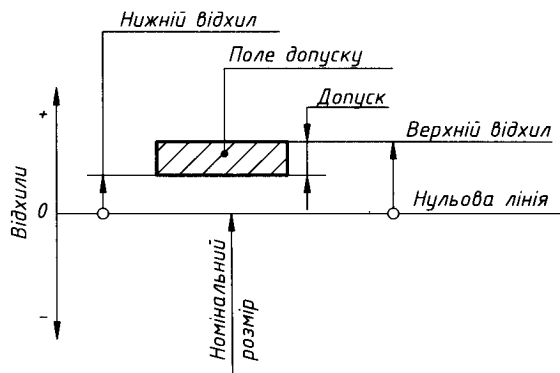


Рис. 8.21

Різні елементи виробу потребують різної точності виконання. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП), яка регламентована стандартами ДСТУ 2500–94 та ГОСТ 25346–89, а також система допусків і посадок ISO (ДСТУ ISO 286-1:2002)

передбачають 20 квалітетів: 01, 0, 1, 2, ..., 18, розміщених у порядку зменшення точності. *Квалітет* (ступінь точності) — це сукупність допусків, які відповідають одному рівню точності для всіх номінальних розмірів. Допуски за квалітетами позначають поєднанням великих літер ІТ (International Tolerance — Міжнародний допуск) із порядковим номером квалітету, наприклад ІТ01, ІТ7, ІТ14.

Основні відхили позначають літерами латинської абетки, великими для отворів (A...ZC) і малими для валів (a...zc). В системі допусків термін «вал» умовно застосовують для позначання зовнішніх елементів деталей, охоплюючи і ті, які не є циліндричними, а термін «отвір» — для позначання внутрішніх елементів, охоплюючи і нециліндричні елементи.

Верхні відхили позначають літерами «ES» для отворів і літерами «es» для валів, а нижні відхили — «EI» для отворів та «ei» для валів.

Розташунок і позначки основних відхилів відповідно до ДСТУ ISO 286-1:2002 (вони відповідають також положенням ДСТУ 2500–94 та ГОСТ 25346–89) показано на рис. 8.22.

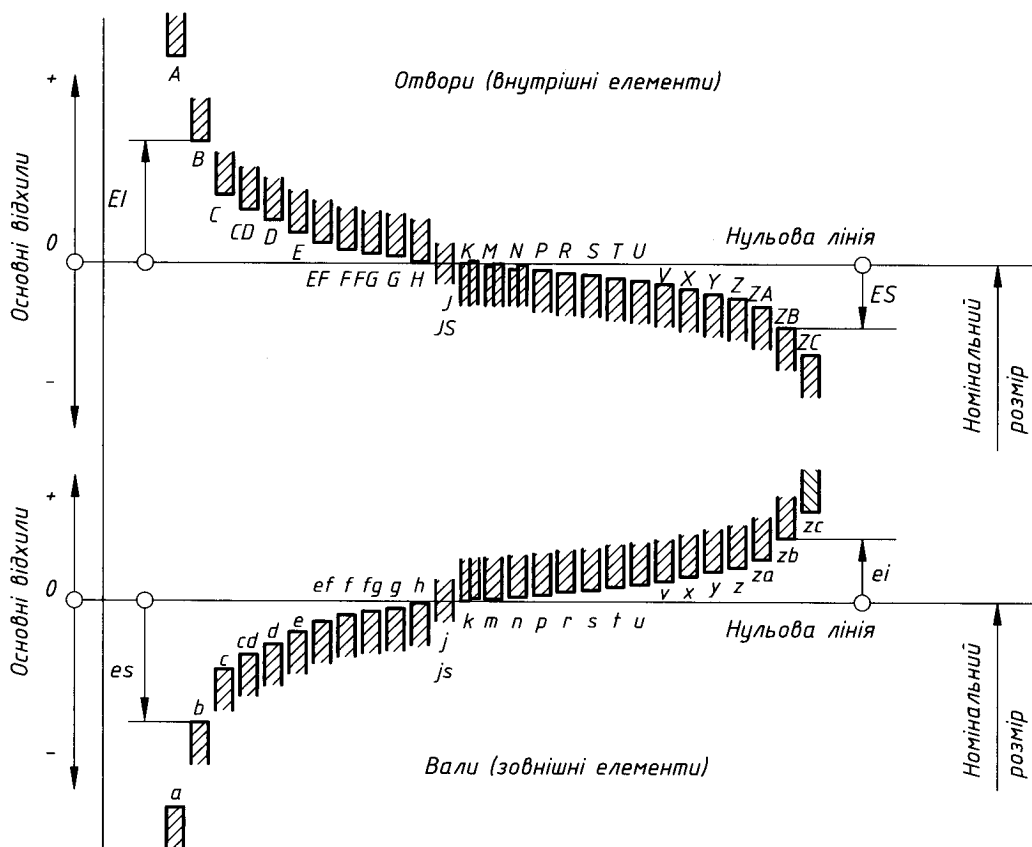


Рис. 8.22

Поле допуску позначають поєднанням літери (літер) основного відхилу та порядкового номера квалітету, наприклад g6, js7, H7, H11.

Згідно з ГОСТ 2.307–68 граничні відхили розмірів зазначають на кресленнику безпосередньо після номінальних розмірів одним із таких способів:

- умовними позначками полів допусків відповідно до ГОСТ 25346–89, наприклад 18H7, 12e8;
- числовими значеннями, наприклад $18^{+0,018}$, $12_{-0,059}^{-0,032}$;
- умовними позначками полів допусків із зазначенням справа в дужках їх числових значень, наприклад $18H7^{(+0,018)}$, $12e8_{(-0,059)}^{(-0,032)}$.

Зазначаючи граничні відхили розмірів умовними позначками полів допусків, зазначати їх числові значення обов'язково в таких випадках:

- у разі призначання граничних відхилів розмірам, що не входять до рядів нормальних лінійних розмірів за ГОСТ 6636–69, наприклад $41,518H7^{(+0,025)}$;
- у разі призначання граничних відхилів, умовні позначки яких не передбачено в ГОСТ 25347–82, наприклад для пластмасової деталі з граничними відхилами за ГОСТ 25349–88;
- у разі призначання граничних розмірів уступів з несиметричним полем допуску.

Граничні відхили кутових розмірів подають тільки їх числовими значеннями, наприклад $60^\circ \pm 5'$.

Подаючи граничні відхили числовими значеннями, верхні відхили розміщують над нижніми. Граничні відхили, що дорівнюють нулю, не зазначають, наприклад $60_{-0,032}^{+0,014}$, $60^{+0,19}$, $60_{-0,19}$.

У разі симетричного розміщення поля допуску абсолютну величину відхилів записують один раз зі знаком \pm ; при цьому висота цифр, що визначають відхил, має дорівнювати висоті шрифту номінального розміру, наприклад $60 \pm 0,23$.

Граничні відхили, що їх подають числовими значеннями у вигляді десяткового дробу, записують до останньої значущої цифри включно, вирівнюючи кількість знаків у верхньому та нижньому відхилах додаванням нулів, наприклад: $10_{-0,30}^{+0,14}$, $35_{-0,142}^{+0,080}$.

Граничні відхили лінійних та кутових розмірів відносно низької точності допускається не зазначати безпосередньо після номінальних розмірів, а обумовлювати загальним записом у технічних умовах кресленника. Симетричні граничні відхили слід позначати $\pm IT/2$ із зазначенням номера квалітету. Позначки односторонніх граничних відхилів, що їх призначають тільки для круглих отворів та валів, доповнюють знаком діаметра (\varnothing).

Допускається записи про незазначені граничні відхили розмірів доповнювати пояснювальними словами, наприклад: «Незазначені граничні відхили розмірів: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$ ». Якщо технічні вимоги на кресленнику складаються лише з одного пункту, що містить запис про незазначені граничні відхили розмірів, то цей

запис *обов'язково* супроводжується пояснювальними словами, наприклад: «Не-
вказані граничні відхили розмірів: $\varnothing H14, \varnothing h14, \pm \frac{IT14}{2}$ ».

Коли для ділянок поверхні з одним номінальним розміром призначають різні
граничні відхили, межу між ними наносять суцільною тонкою лінією, а номі-
нальний розмір вказують із граничними відхилами для кожної ділянки окремо
(рис. 8.23, а). Через заштриховану частину зображення лінію межі між ділянками
проводити не слід (рис. 8.23, б).

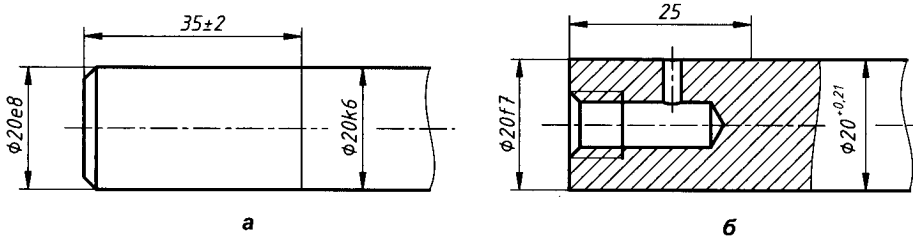


Рис. 8.23

Якщо необхідно вказати тільки один граничний розмір (другий обмежено в бік
збільшення або зменшення якоюсь умовою), після розмірного числа зазначають
відповідно *max* або *min* (рис. 8.24).

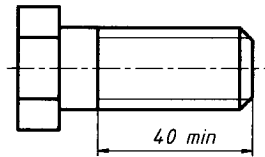


Рис. 8.24

8.5. Допуски форми та розташунок поверхонь







У процесі виготовлення деталей виникають похибки не тільки розмірів, а й гео-
метричної форми деталей (відхили від прямолінійності, площинності, циліндрич-
ності, круглості), а також похибки у взаємному розташунок поверхонь (відхили
від паралельності, перпендикулярності, співвісності тощо).

Щоб обмежити відхили форми поверхонь та їх розташунок від номінальних, на
креслениках вказують допуски форми та розташунок поверхонь.

Тлумачення понять усіх видів відхилів форми та розташунок поверхонь містяться
в ДСТУ 2498–94 та ГОСТ 24642–81, а правила їх графічного зображення викла-
дено в ГОСТ 2.308–79.


Відповідно до ГОСТ 2.308–79 допуски форми та розташунок поверхонь вказують
на кресленику умовними позначками. Для позначання виду допуску застосовують
знаки (графічні символи), наведені у табл. 8.1.

Таблиця 8.1. Знаки, що позначають вид допуску форми та розташунок поверхонь

Група допусків	Вид допуску	Знак
Допуск форми	Допуск прямолінійності	—
	Допуск площинності	
	Допуск круглості	○
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю повздовжнього перерізу	=
Допуск розташунок	Допуск паралельності	//
	Допуск перпендикулярності	⊥
	Допуск нахилу	∠
	Допуск співвісності	◎
	Допуск симетричності	≡
	Позиційний допуск	⊕
	Допуск перетину осей	×
Сумарний допуск форми та розташунок	Допуск радіального биття	
	Допуск торцевого биття	
	Допуск биття в заданому напрямку	
	Допуск повного радіального биття	
	Допуск повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профілю	
	Допуск форми заданої поверхні	

Сумарні допуски форми та розташунок поверхонь, для яких не встановлено окремих графічних знаків, позначають знаками складених допусків в такій послідовності: знак допуску розташунок, знак допуску форми, наприклад:

//  — знак сумарного допуску паралельності та площинності;

⊥  — знак сумарного допуску перпендикулярності та площинності;

∠  — знак сумарного допуску нахилу та площинності.

Дані про допуски форми та розташунок поверхонь зазначають у прямокутній рамці, розділеній на дві чи більше частин (рис. 8.25, а і б), в яких поміщають:

- у першій — знак допуску відповідно до табл. 8.1;
- у другій — числове значення допуску в міліметрах;
- у третій та наступних — літерну позначку бази або поверхні, з якою пов'язаний допуск розташунок.

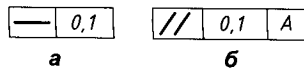


Рис. 8.25

Рамку слід виконувати суцільними тонкими лініями, Висота цифр, літер та знаків, що їх уписують у рамки, має дорівнювати розміру шрифту розмірних чисел. Рамку з'єднують з елементом, до якого відноситься допуск, суцільною тонкою лінією зі стрілкою на кінці.

Якщо допуск стосується поверхні чи її профілю, то рамку з'єднують з контурною лінією поверхні (рис. 8.26, а) чи її продовженням; при цьому з'єднувальна лінія не має бути продовженням розмірної лінії (рис. 8.26, б). Якщо допуск відноситься до осі чи площини симетрії, то з'єднувальна лінія має бути продовженням розмірної лінії (рис. 8.27, а). За браку місця стрілку розмірної лінії дозволяється суміщати зі стрілкою з'єднувальної лінії (рис. 8.27, б).

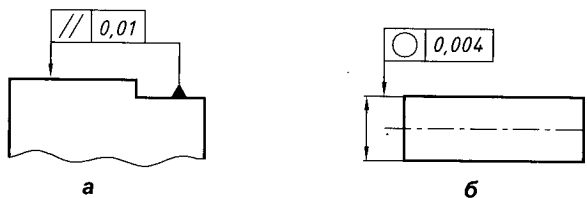


Рис. 8.26

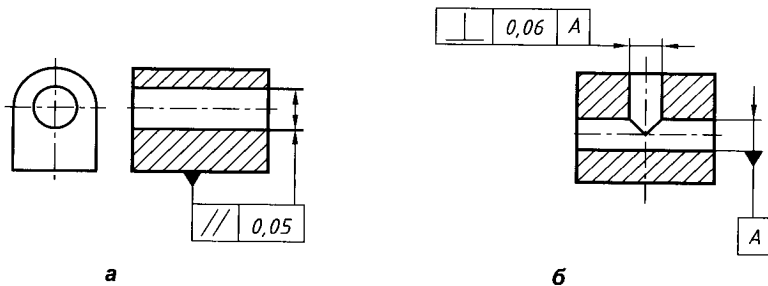


Рис. 8.27

Бази позначають зачорненим трикутником, котрий з'єднують з рамкою за допомогою тонкої лінії. Трикутник, що позначає базу, має бути рівностороннім і мати висоту, що приблизно дорівнює висоті шрифту розмірних чисел. Якщо базою є поверхня чи її профіль, то основу трикутника розташовують на контурній лінії поверхні (див. рис. 8.26, а та 8.27, а), або на її продовженні. Якщо базою є вісь або площина симетрії, то трикутник розташовують у кінці розмірної лінії. За умови браку місця стрілку розмірної лінії допускається замінювати трикутником, що позначає базу (див. рис. 8.27, б).

Якщо складно з'єднати рамку з базою або поверхнею, до якої відноситься відхил розташування, то поверхню позначають літерою, котру вписують у третю частину рамки. Цю саму літеру вписують у іншу рамку, з'єднану з поверхнею, яку позначають. З'єднувальна лінія закінчується трикутником, якщо відхил стосується бази (див. рис. 8.27, б), або стрілкою, якщо відхил відноситься до поверхні, що не є базою.

Допуск форми та розташування поверхонь допускається вказувати текстом у технічних умовах — як правило, у тих випадках, коли немає знака виду допуску. При цьому текст має містити: вид допуску, зазначення поверхні (для цього використовують літерну позначку або конструктивну назву, що визначає поверхню), числове значення допуску в міліметрах, зазначення баз, відносно яких задається допуск (для допусків розташування та сумарних допусків розташування і форми).

Числові значення допусків форми та розташування поверхонь мають відповідати ГОСТ 24643–81.

8.6. Нанесення познач шорсткості поверхонь

Усі поверхні будь-якої деталі, незалежно від способу їх отримання, мають макрота мкронерівності у вигляді виступів та западин. Профіль нерівностей поверхні показано на рис. 8.28.

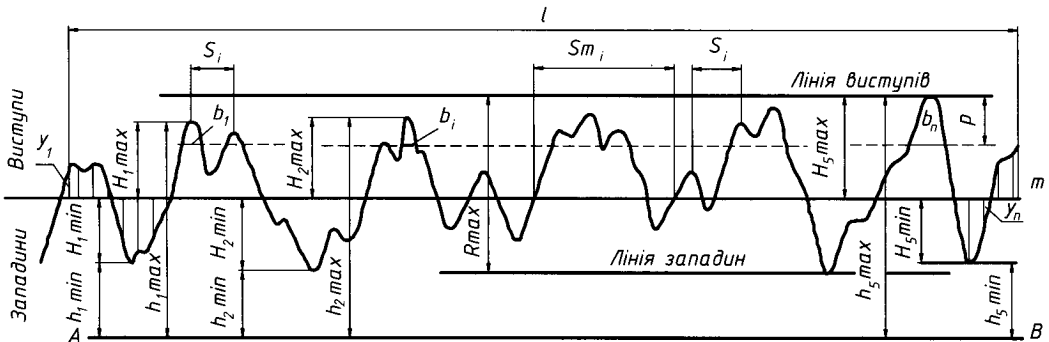


Рис. 8.28

Сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, вирізнена за допомогою базової довжини, називається *шорсткістю поверхні*.

Параметри та характеристики шорсткості поверхонь визначають ДСТУ 2413–94 та ГОСТ 2789–73, а структуру позначки шорсткості та правила її нанесення на креслениках — ГОСТ 2.309–73.

ГОСТ 2789–73 передбачає шість параметрів, якими може користуватися конструктор для встановлення вимог до шорсткості поверхні, а саме:

- R_a — середній арифметичний відхил профілю;
- R_z — висота нерівностей профілю за десятьма точками;

- R_{\max} — найбільша висота профілю;
- S_m — середній крок нерівностей;
- S — середній крок місцевих виступів профілю;
- t_p — відносна опорна довжина профілю.

Ці параметри дають можливість характеризувати практично всі показники якості виробу, які залежать від шорсткості поверхні (зносостійкість у разі тертя, вібростійкість, міцність і герметичність з'єднань, опір у хвилеводах тощо), а також забезпечити значення вибраних параметрів відповідно до технологічних процесів.

Встановлюючи вимоги до шорсткості поверхні, потрібно надавати перевагу параметру R_a , оскільки в разі його використання можна точніше оцінити якість поверхні візуально, тобто за допомогою порівняння з поверхнями стандартних зразків. Параметр R_z використовують тоді, коли візуальний спосіб не може дати достовірних результатів і виникає потреба в застосуванні приладів.

Слід зазначити, що для *повного* опису експлуатаційних характеристик поверхні одних висотних параметрів (R_a , R_z , R_{\max}) буває недостатньо. Наприклад, такі експлуатаційні характеристики, як вібростійкість, опір (затухання) у хвилеводах істотно залежать від крокових параметрів S та S_m .

Параметр R_a обчислюють як середнє арифметичне абсолютних значень відхилів профілю у межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \text{ або приблизно } R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де l — базова довжина; n — кількість дискретних відхилів профілю.

Параметр R_z є сумою середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини (див рис. 8.28):

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right).$$

ГОСТ 2789–73 встановлює числові значення параметрів шорсткості, вирізняючи серед них ті, яким слід надавати перевагу. Ці значення такі:

- R_a : 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,012;
- R_z та R_{\max} : 400, 200, 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025.

Щоб правильно призначити шорсткість поверхні, потрібно мати досвід конструювання та знати технології машинобудування та приладобудування. Наведені нижче таблиці мають допомогти у виборі числових значень параметрів шорсткості. У табл. 8.2 викладено вимоги до шорсткості поверхонь залежно від їх функційної призначеності, у табл. 8.3 — орієнтовні значення параметра шорсткості R_a для різних видів поверхонь, а в табл. 8.4 — типові приклади вибору параметрів шорсткості залежно від виду оброблення.

Таблиця 8.2. Вимоги до шорсткості поверхонь залежно від функційної призначеності

Характеристика поверхонь	R_a , мкм	R_z , мкм
Вільні поверхні (такі, що не стикаються з іншими поверхнями)	20...5	80...20
Сполучувані поверхні без взаємного переміщення	20...2,5	80...10
Сполучувані поверхні зі взаємним переміщенням	2,5...0,32	10...16
Декоративні поверхні	5...1,25	40...6,3

Таблиця 8.3. Значення параметра шорсткості R_a для різних видів поверхонь

Вид поверхні	R_a , мкм
Нарізи зовнішні: <ul style="list-style-type: none"> звичайні підвищеної точності 	6,3...1,6 1,6...0,8
Нарізи внутрішні: <ul style="list-style-type: none"> звичайні підвищеної точності 	6,3...3,2 3,2...1,6
Нарізи ходові: <ul style="list-style-type: none"> гвинт гайка 	0,8 1,6...0,8
Прямозубі колеса (робочі поверхні зубів)	1,6...0,8
Отвори під кріпильні деталі	6,3...3,2
Опорні поверхні під головки болтів і гвинтів, під гайки	6,3...1,6
Торці пружин стиснення	3,2...1,6
Поршні (робочі поверхні): <ul style="list-style-type: none"> з чавуну та сталі зі сплавів 	0,2...0,1 0,1...0,05
Конічні пробкові крани (робочі поверхні): <ul style="list-style-type: none"> пробка отвір 	0,8...0,05 0,8...0,05
Вільні поверхні (торці, фаски, неробочі поверхні валів і зубчастих коліс, проточки тощо)	6,3...3,2
Шестигранники (та інші елементи з плоскими гранями)	12,5...3,2
Шпонкові з'єднання (робочі поверхні): <ul style="list-style-type: none"> пази шпонки 	3,2...0,8 1,6...0,4

Таблиця 8.4. Приклади вибору параметра шорсткості R_a залежно від виду оброблення

Вид оброблення	R_a , мкм
Лиття: • у піщані форми • у кокіль • під тиском	50 12,5...6,3 3,2
Відрізування	12,5...6,3
Обточування: • напівчисте • чисте • тонке	6,3...3,2 1,6...6,8 0,8...0,4
Фрезерування: • чорнове • чистове • тонке	12,5...6,3 3,2...1,6 0,8...0,4
Свердління: • діаметром до 15 мм • діаметром понад 15 мм	6,3...3,2 12,5...6,3
Шліфування: • напівчисте • чисте • тонке	3,2...1,6 0,8...0,4 0,2...0,1
Нарізування нарізей: • плашкою або мітчиком • різцем, гребінкою, фрезою • накатування роликом	6,3...1,6 3,2...1,6 0,8...0,4

Шорсткість поверхні позначають на креслениках для усіх поверхонь виробу, що їх виготовляють за даним креслеником, незалежно від методів їх утворення. Структуру позначки шорсткості поверхні відповідно до ГОСТ 2.309–73 показано на рис. 8.29. У разі застосування знака без зазначення параметра та способу оброблення його зображають без полиці.

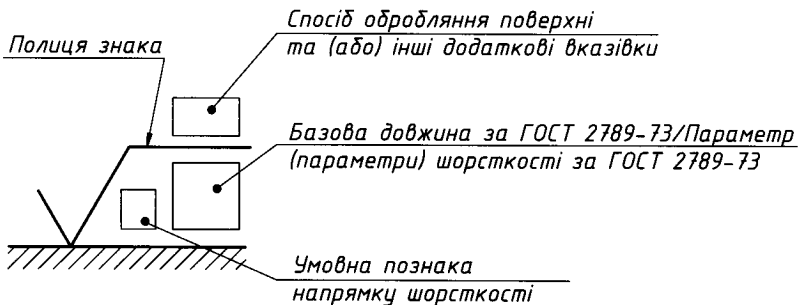


Рис. 8.29

У разі нормування вимог до шорсткості поверхні параметрами R_a , R_z , R_{\max} базову довжину, якщо вона відповідає значенню, регламентованому ГОСТ 2789–73, у позначі шорсткості не наводять. Умовну позначку напрямку нерівностей наводять у разі необхідності. Вид оброблення поверхні зазначають у позначі шорсткості лише у тому випадку, коли він єдиний, що може бути застосований для отримання потрібної якості поверхні. Значення параметра шорсткості вказують у позначі шорсткості після відповідного символу, наприклад: $R_a0,4$; R_z50 .

У позначі шорсткості використовують один зі знаків, зображених на рис. 8.30. Висота h має приблизно дорівнювати висоті цифр розмірних чисел на кресленнику, а $H = (1,5...5)h$. Товщина ліній знака має бути приблизно вдвічі меншою за товщину суцільної товстої лінії, що її використовують на кресленнику.

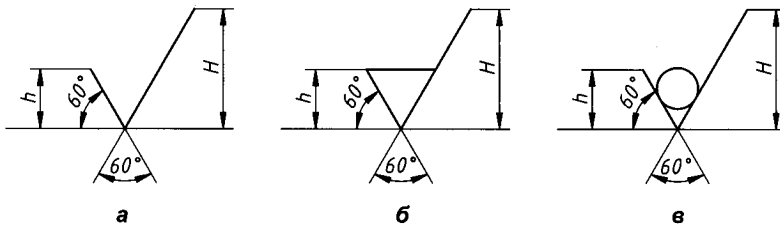


Рис. 8.30

Знак, зображений на рис. 8.30, *а*, застосовують у позначі шорсткості поверхні, спосіб оброблення якої не впливає на її функційні властивості й тому не встановлюється конструктором. У позначі шорсткості поверхні, яка має бути утворена тільки видаленням шару металу, застосовують знак, зображений на рис. 8.30, *б*, а у позначі шорсткості поверхні, яка має бути утворена без видалення шару металу, — знак, зображений на рис. 8.30, *в*. В усіх названих випадках знаки застосовують із зазначенням параметра (або групи параметрів) шорсткості, тому їх зображають з полицями.

Поверхні деталі, що її виготовляють з матеріалу певного профілю та розміру, які не підлягають за даним кресленником додатковому обробленню, мають бути помічені знаком, зображеним на рис. 8.30, *в*, без зазначення параметра шорсткості. Стан поверхні, позначеної цим знаком, має відповідати вимогам, встановленим відповідним стандартом, або технічними вимогами, або іншим документом, причому на цей документ має бути посилання, наприклад, у вигляді зазначення сортаменту матеріалу в графі 3 основного напису кресленника згідно з ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

Позначку шорсткості поверхні на зображенні виробу розташовують на лініях контуру, виносних лініях (якомога ближче до розмірної лінії) або на полицях ліній-виносок. Допускається, якщо недостатньо місця, розташовувати позначку шорсткості на розмірних лініях або їх продовженнях, а також розривати виносну лінію (рис. 8.31).

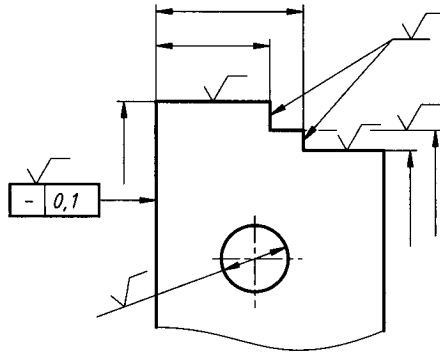


Рис. 8.31

Позначки шорсткості, у яких знак має полицю, розташовують відносно основного напису кресленика так, як показано на рис. 8.32, а і б. У разі розміщення поверхні у заштрихованій зоні позначку наносять *тільки* на полиці лінії-виноски. Позначки шорсткості, у яких знак не має полиці, розташовують відносно основного напису кресленика так, як показано на рис. 8.33.

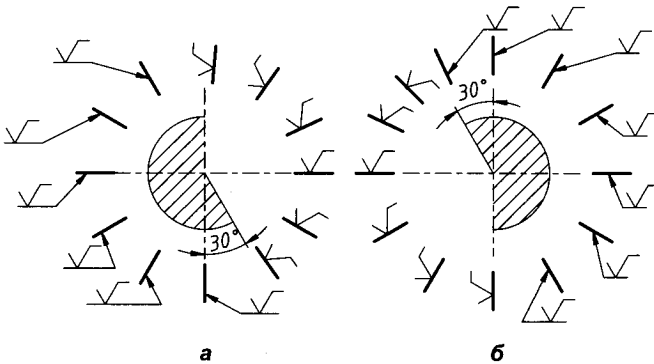


Рис. 8.32

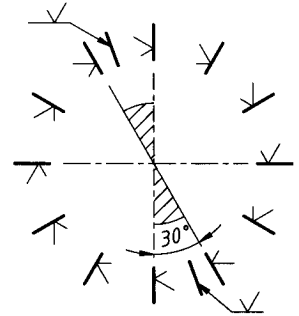


Рис. 8.33

Якщо усім поверхням виробу призначається однакова шорсткість, то позначку шорсткості розташовують у правому верхньому куті кресленика і не наносять на зображенні (рис. 8.34). Розміри та товщина ліній знака, винесеного у правий верхній кут кресленика, мають бути приблизно у 1,5 рази більшими, ніж у позначках, нанесених на зображенні. Позначку шорсткості, що є однаковою лише для частини поверхонь виробу, можна виносити у правий верхній кут кресленика разом з умовною позначкою (√) (рис. 8.35). Це означає, що усі поверхні, на яких на зображенні не нанесено позначки шорсткості або знак (∅), мають мати шорсткість, вказану перед умовною позначкою (√). Розміри знака, узятого в дужки, мають бути однаковими з розмірами знаків, нанесених на зображенні.

Приклад позначення шорсткості у випадку, коли більша частина поверхонь не обробляється за даним креслеником, наведено на рис. 8.36.

У правий верхній кут кресленика не допускається виносити позначку шорсткості або знак ($\sqrt{\text{V}}$), якщо хоча б одна поверхня, що обробляється за даним креслеником, не нормується за параметрами шорсткості, й нерівності її профілю мають бути витримані у межах допуску на розмір, що визначає цю поверхню.

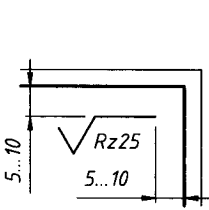


Рис. 8.34

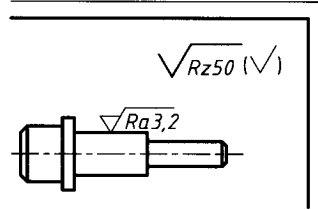


Рис. 8.35

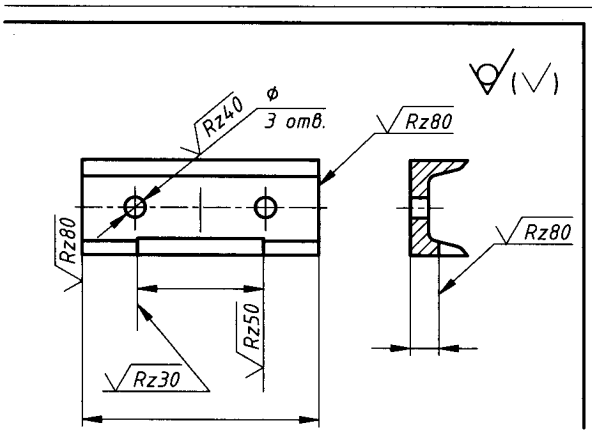


Рис. 8.36

Позначку шорсткості елементів виробу, що повторюються (отворів, пазів тощо), кількість яких вказано на кресленику, а також позначку шорсткості симетрично розташованих елементів, наносять один раз.

Якщо шорсткість поверхонь, що утворюють контур, має бути однаковою, позначку шорсткості наносять один раз відповідно до рис. 8.37. Діаметр допоміжного знака \bigcirc має дорівнювати 4...5 мм. У позначці однакової шорсткості поверхонь, що плавно переходять одна в іншу, знак \bigcirc не наводять (рис. 8.38).

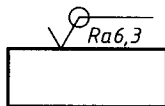


Рис. 8.37

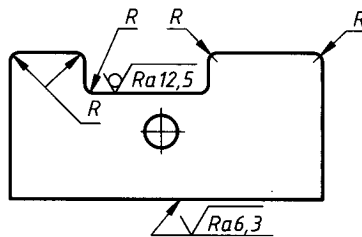


Рис. 8.38

Якщо шорсткість поверхні не зазначено за допомогою параметрів, то висота нерівностей не має виходити за межі допуску на цей розмір.

8.7. Позначання матеріалів

Кресленик деталі має містити відомості про матеріал, з якого її виготовляють. Ці відомості подають у вигляді умовної текстової позначки, яку записують у третій графі основного напису (див. підрозділ 6.1). Марку матеріалу в текстовій позначці записують так, як її визначено стандартом на матеріал. Якщо стандарту на матеріал немає, його позначають за технічними умовами.

В основному написі кресленика деталі вказують не більше ніж один вид матеріалу. Якщо для виготовлення деталі передбачають використання заміників матеріалу, то їх зазначають у технічних умовах (ГОСТ 2.109–73).

У загальному випадку умовна позначка матеріалу складається з назви матеріалу, його марки та номера стандарту, в якому вказано характеристику даного матеріалу, наприклад: Сталь 20 ГОСТ 1050–88.

Допускається не писати назву матеріалу (сталь, бронза, латунь), якщо вона в скороченому вигляді є в позначці марки матеріалу (Ст, Бр, Л).

На креслениках деталей, конструкція яких потребує, щоб вони були виготовлені тільки із сортового матеріалу певного профілю та розміру, в умовну позначку додають характеристику профілю та відповідний стандарт. Наприклад, для прутка квадратного профілю за ГОСТ 2591–88 з розміром сторони квадрата 40 мм, марки сталі 20 за ГОСТ 1050–88 позначка буде такою:

$$\text{Квадрат} \frac{40\text{ГОСТ}2591-88}{20\text{ГОСТ}1050-80}$$

Розглянемо деякі марки матеріалів загального застосування.

Чавун сірий (ГОСТ 1412–85). Випускається марок СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35. Умовна позначка марки містить літери СЧ (сірий чавун) та цифрову позначку значення мінімального опору в разі розтягування. Застосовується для виготовлення корпусних деталей, кронштейнів, шківів тощо.

Чавун високоміцний (ГОСТ 7293–85). Випускається марок ВЧ100, ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80. Літери ВЧ позначають назву (високоміцний чавун), а цифри — значення мінімального опору в разі розтягування. Застосовується для виготовлення тонкостінних литих деталей складної конфігурації.

Сталь вуглецева звичайної якості (ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380–2005). Випускається марок Ст0, Ст2, ..., Ст6. Літери Ст означають «сталь», цифри — умовний номер марки залежно від хімічного складу. Застосовується для деталей, що працюють з малим навантаженням без тертя (кожухи, кришки, прокладки тощо).

Сталь вуглецева якісна конструкційна (ГОСТ 1050–88). Випускається марок 08, 10, 15, ..., 60, а також 65Г і 70Г. Цифра вказує середній вміст вуглецю у сотих частках відсотка, літера Г — підвищений вміст марганцю. Застосовується для виготовлення деталей, що працюють із середнім навантаженням (осі, вали, важелі, втулки, зубчасті колеса, шпонки, штоки тощо).

Сталь легована конструкційна (ГОСТ 4543–71). Випускається марок 12ХН2, 12ХН2А, 15Г, 15Х, 15ХА, 15ХФ, 18Х2Н4ВА, 18Х2Н4МА, 20Х, 20ХГСА, 20ХН, 20ХН4ФА та ін. Перші цифри показують середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Літери за цифрами вказують наявність легувальних елементів: Н — нікель, Х — хром, Г — марганець, С — кремній, В — вольфрам, Ф — ванадій, М — молібден, Д — мідь, К — кобальт, Б — ніобій, Т — титан, Ю — алюміній, Р — бор, А — азот. Цифри після літер вказують приблизний вміст відповідного елемента у відсотках, причому якщо вміст елемента становить близько 1% і менше, то цифра не ставиться. Літера А наприкінці маркування означає, що сталь має понижений вміст сірки і фосфору, тобто є високоякісною. Застосовується для деталей, до яких ставляться підвищені вимоги щодо міцності, зносостійкості, жаростійкості (зубчасті колеса, шпинделі, вали тощо).

Латуні (сплави мідно-цинкові) *ливарні* (ГОСТ 17711–93). Випускаються марок ЛЦ40С, ЛЦ40Сд, ЛЦ40Мц1,5, ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ40Мц3А, ЛЦ38Мц2С2, ЛЦ37Мц2С2К, ЛЦ30А3, ЛЦ25С2, ЛЦ23А6Ж3Мц2, ЛЦ16К4, ЛЦ14К3С3. Літера Л означає «латунь». Після літерної позначки основного легувального елемента (цинк) і кожного наступного ставляться цифри, що вказують його вміст у сплаві. Наприклад, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 містить 23% цинку, 6% алюмінію, 3% заліза, 2% марганцю. Ливарні латуні застосовуються для фасонного лиття втулок і зубчастих коліс, а також для корозостійких деталей: корпусів, кранів, арматури.

Латуні, що їх обробляють тиском (ГОСТ 15527–70). Випускаються марок Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63, Л60, ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАН59-3-2, ЛЖМц59-1-1, ЛН65-5, ЛМц58-2, ЛмцА57-3-1. Число після літери Л показує вміст міді у відсотках (наприклад, у латуні Л62 міститься 62% міді та 38% цинку). Якщо окрім міді й цинку є інші елементи, то ставляться їх початкові літери (О — олово, С — свинець, Ж — залізо, Ф — фосфор, Мц — марганець, А — алюміній, Ц — цинк). Вміст цих елементів позначається цифрами після числа, що вказує вміст міді (наприклад, сплав ЛАЖ60-1-1 містить 60% міді, 1% алюмінію, 1% заліза та 38% цинку). Ці латуні постачаються на підприємства, що виготовляють деталі, у вигляді прутків, дроту, стрічок. Прутки використовують для деталей, що отримують механічним (переважно токарним) обробленням, дріт — для виготовлення контактів, пружин, стрічки — для виготовлення деталей штампуванням.

Бронзи олов'яні ливарні (ГОСТ 613–79). Випускаються марок БрО3Ц12С5, БрО3Ц7С5Н1, БрО4Ц7С5, БрО4Ц4С17, БрО10Ф1 та ін. Після літер Бр (бронза)

йдуть літерні позначки легувальних елементів із цифрами, що вказують їх вміст у сплаві. Наприклад, бронза БрОЗЦ12С5 містить 3% олова, 12% цинку, 5% свинцю, решта — мідь.

Бронзи безолов'яні ливарні (ГОСТ 493–79). Випускаються марок БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л, БрА9ЖЗЛ, БрА10ЖЗМц2, БрА10Ж4Н4Л, БрАПЖ6Н6 та ін. Бронзи ливарні застосовують для корпусів і деталей кранів, втулок підшипників.

Бронзи олов'яні, що їх обробляють тиском (ГОСТ 5017–2006). Випускаються марок БрОФ8,0-0,3, БрОФ7-0,2, БрОФ6,5-0,4, БрОФ6,5-0,15, БрОФ4-0,25, БрОЦ4-3 та ін. У маркуванні бронз, що їх обробляють тиском, на першому місці ставляться літери Бр, потім літери, що вказують, які елементи окрім міді входять до складу сплаву. Після літер ідуть цифри, що показують вміст компонентів у сплаві. Наприклад, марка БрОФ7-0,2 означає, що до складу бронзи входить 7% олова, 0,2% фосфору, решта — мідь.

Бронзи безолов'яні, що їх обробляють тиском (ГОСТ 18175–78). Випускаються марок БрАМц10-2, БрБНТ1,9Мг, БрМц5, БрАЖНМц9-4-4-1, БрМг0,3 та ін.

Бронзові прутки застосовують для таких самих деталей, як і латунні прутки, штаби і дріт — для пружних елементів, пружин.

Сплави алюмінієві ливарні (ДСТУ 2839–94 (ГОСТ 1583–93)). Випускаються марок АК12(АЛ2), АК12П, АК13, АК9ч(АЛ4), АК5М(АЛ5), АМг5Мц(АЛ28) та ін. Застосовуються для виготовлення корпусних деталей, кронштейнів, фланців, кришок.

Сплави алюмінієві, що деформуються (ГОСТ 4784–97). Випускаються марок АД0, АД1, АК6, АК8, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, Д1, Д16 та ін. Постачаються на підприємства, що виготовляють деталі, у вигляді прутків, стрічок, штаб. Прутки використовують для виготовлення таких самих деталей, як і латунні прутки. Стрічки та штаби застосовують для деталей, що потребують глибокої витяжки: каркаси, шасі, стакани, екрани.

Срібло. Застосовується як матеріал для покривання та контактів. Приклад позначки на кресленіку срібла зі вмістом домішок не більше ніж 0,1%: Ср 999 ГОСТ 6836–2002.

Штаби зі срібла. Застосовують для контактів реле, які отримують штампуванням. Товщина штаби — 0,1...10 мм, ширина — 50...250 мм. Приклад позначки на кресленіку штаби зі сплаву марки СрМ875, твердої (Т), товщиною 1 мм: Штаба СрМ875 Т1 ГОСТ 7221–80.

Припої срібні. Застосовують для паяння різнорідних матеріалів, кольорових металів. Приклад позначки на кресленіку срібного припою, що містить 72% срібла, решта — мідь: Припій ПСр72 ГОСТ 19738–74.

Припої олов'яно-свинцеві. Застосовуються для лудіння та паяння у виробництві електро- і радіоапаратури. Приклад позначки на кресленіку припою, що містить 61% олова, решта — свинець: Припій ПОС-61 ГОСТ 21930–76.

Пресувальний матеріал. Застосовується для деталей приладів підвищеної точності. Приклад позначки на кресленнику: Пресматеріал ФГ-4В білий, ГОСТ 20437–89. Колір може бути будь-яким, зазначається у разі необхідності.

Фторопласт-4. Застосовується для виробів, стійких до агресивних середовищ, з високими діелектричними властивостями. Приклад позначки на кресленнику фторопласта-4 марки П для електроізоляційних виробів: Фторопласт-4П ГОСТ 10007–80.

Полістирол. Завдяки високим діелектричним властивостям широко застосовується в радіотехніці та інших галузях високочастотної техніки. Випускається марок ПСМ-111, ПСМ-115, ПСМ-118, ПСМ-151 та ін. Приклад позначки на кресленнику: ПСМ-151 ГОСТ 20282-86.

Склотекстоліт фольгований. Застосовується для виготовлення друкованих плат. Приклад позначки двобічного фольгованого склотекстоліту завтовшки 2 мм з фольгою завтовшки 35 мкм: Склотекстоліт СФ-2-35Г-2,0 ГОСТ 10316–78.

8.8. Нанесення на креслениках познак покривів, термічного та інших видів оброблення поверхонь

Для захисту металів від корозії на них наносять захисний покрив. Окрім того, покриття можна наносити для надання виробам декоративного вигляду чи отримання спеціальних властивостей їх поверхонь (електроізоляційних, електропровідних, зносостійких тощо). Покриття можуть бути металевими, неметалевими неорганічними, порошковими, лакофарбовими, пластмасовими, гумовими. Вибираючи покрив, необхідно брати до уваги умови експлуатації виробів, матеріал деталі та захисні властивості покривів.

Правила нанесення на креслениках виробів познак покривів, а також показників властивостей матеріалів, що їх отримують в результаті термічного та інших видів оброблення поверхонь, встановлює ГОСТ 2.310–68, а структуру познак покривів – ГОСТ 9.306–85.

У загальному випадку позначка покриття складається з таких частин:

- позначки способу оброблення основного металу відповідно до табл. 8.5 (у разі необхідності);
- позначки способу отримання покриття (табл. 8.6);
- матеріалу покриття (для металевих матеріалів відповідно до табл. 8.7, а неметалевих неорганічних – відповідно до табл. 8.8);
- мінімальної товщини покриття в мікрометрах;
- позначки функційних або декоративних властивостей покриття (табл. 8.9, 8.10) (у разі необхідності);
- позначки додаткового оброблення (табл. 8.11) (у разі необхідності).

Таблиця 8.5. Приклади познач способу оброблення основного металу

Спосіб оброблення основного металу	Позначка	Спосіб оброблення основного металу	Позначка
Кварцювання	кqc	Алмазне оброблення	алм
Штамування	штм	Механічне полірування	мп
Вібронакатування	вбр	Хімічне полірування	хп
Матування	мт	Електрохімічне полірування	еп

Таблиця 8.6. Позначки способів отримання покритву

Спосіб отримання покритву	Позначка	Спосіб отримання покритву	Позначка
Катодне відновлювання	–	Термічне напилювання	За ГОСТ 9.304–87
Анодне окиснювання	Ан	Контактно-механічний	Км
Хімічний	Хим	Контактний	Кт
Гарячий	Гор	Катодне розпилювання	Кр
Дифузійний	Диф	Емалювання	Эм

Таблиця 8.7. Позначки металевих покриттів

Назва металу покритву	Позначка	Назва металу покритву	Позначка
Алюміній	А	Нікель	Н
Вісмут	Ви	Олово	О
Вольфрам	В	Платина	Пл
Залізо	Ж	Свинець	С
Золото	Зл	Срібло	Ср
Кадмій	Кд	Титан	Ти
Кобальт	Ко	Хром	Х
Мідь	М	Цинк	Ц

Таблиця 8.8. Позначки неметалевих неорганічних покриттів

Назва неметалевого неорганічного покритву	Позначка
Окисне	Окс
Фосфатне	Фос

Таблиця 8.9. Позначки функційних властивостей

Назва функційної властивості покритву	Позначка
Тверде	тв
Електроізоляційне	еиз
Електропровідне	э

Таблиця 8.10. Позначки декоративних властивостей

Назва декоративної властивості	Декоративна ознака	Позначка
Блиск	Дзеркальне	зк
	Блискуче	б
	Напівблискуче	пб
	Матове	м
Шорсткість	Гладке	гл
	Злегка шорстке	сш
	Шорстке	ш
	Дуже шорстке	вш
Колір	–	Назва кольору

Таблиця 8.11. Позначки додаткового оброблення

Назва додаткового оброблення	Позначка
Нанесення лакофарбового покриття	лкп
Оксидування	окс
Просочення маслом	прм
Термооброблення	т
Тонування	тн
Фосфатування	фос
Хроматування	хр

Матеріал покриття, який складається зі сплаву, позначають символами компонентів, що входять до складу сплаву, відокремлюючи їх дефісом, а в дужках зазначають максимальну масову частку першого або першого і другого (у разі трьохкомпонентних сплавів) компонентів у сплаві, відокремлюючи їх крапкою з комою. Наприклад, покриття зі сплаву мідь-цинк із масовою часткою міді 50–60 % і цинку 40–50 % позначають МЦ (60), а зі сплаву мідь-олово-свинець із масовою часткою міді 70–78 %, олова 10–18 %, свинцю 4–20 % позначають М-О-С (78; 18).

Колір покриття позначають повною назвою, за винятком чорного – ч.

Групи літер і цифр, що складають позначку покриття, записують у рядок, відокремлюючи одну від одної крапками, за винятком матеріалу і товщини.

Товщину покриття, що дорівнює або менша ніж 1 мкм, не зазначають (окрім дорогоцінних металів).

Приклади позначок покриттів:

- Ц6.окс.ч – цинковий завтовшки 6 мкм, окислений у чорний колір;
- Н9.КдЗ.т.хр – кадмієвий завтовшки 3 мкм, з підшаром нікелю завтовшки 9 мкм, з подальшим термообробленням, хроматований;

- Н6.О-С(40)6 — зі сплаву олово-свинець із масовою часткою олова 55–60% завтовшки 6 мкм, з підшаром нікелю завтовшки 6 мкм.

Відомості про наявність покритву наводять у технічних вимогах кресленика. Якщо на усі поверхні виробу має бути нанесений один і той самий покритв, то роблять запис типу «Покритв ...». Якщо покритванню підлягають поверхні, які можна позначити літерами чи однозначно визначити (зовнішня, внутрішня), то роблять запис типу «Покритв поверхонь А ...», «Покритв зовнішніх поверхонь...». У разі нанесення різних покритвів на кілька поверхонь останні позначають різними літерами (рис. 8.39), а запис роблять таким чином: «Покритв поверхні А ..., поверхонь Б ...».

Якщо один і той самий покритв наносять на більшу частину поверхонь виробу, а на решту поверхонь наносять інший покритв або взагалі не покритвають їх, то останні позначають літерами (рис. 8.40), і роблять запис типу «Покритв поверхні А ..., решти ...» або «Покритв ..., крім поверхні А».

Якщо необхідно нанести покритв на поверхню складної конфігурації або на частину поверхні, то їх обводять штрихово-пунктирною потовщеною лінією на відстані 0,8...1 мм від контурної лінії та позначають однією літерою (рис. 8.41).

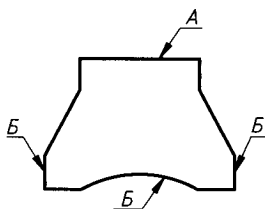


Рис. 8.39

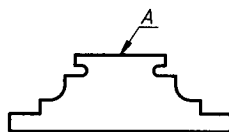


Рис. 8.40

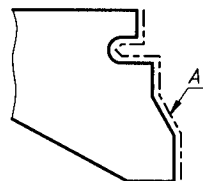


Рис. 8.41

На креслениках виробів, які піддають термічному або іншим видам оброблення, зазначають *показники властивостей матеріалів*, отриманих у результаті оброблення, наприклад твердість, межу міцності, межу пружності тощо. Глибину оброблення позначають літерою *h*.

Показник твердості складається з цифр, які характеризують значення твердості, та літер, що позначають метод її вимірювання: HR — твердість за Роквеллом (ГОСТ 9013–59), HB — твердість за Брінелем (ГОСТ 9012–59), HV — твердість за Вікерсом (ГОСТ 2999–75). У разі позначання твердості за Роквеллом після літер HR ще вказують шкалу твердості: А, В або С₃ (наприклад, 60 HRC₃). У випадку використання старої документації, у якій застосовувалася шкала С, для переведення значення твердості HRC в HRC₃ слід керуватися ГОСТ 8.064–79.

Види оброблення на креслениках не вказують, окрім випадків, коли вони єдині, що гарантують потрібні властивості матеріалу.

Якщо весь виріб піддають одному виду обробляння, то в технічних вимогах роблять запис типу «40...45 HRCэ» або «Цементувати h 0,7...0,9 мм, 58...62 HRCэ».

Якщо обробляння піддають окремі ділянки виробу, то показники властивостей матеріалу і, у разі необхідності, спосіб отримання цих властивостей зазначають на полицях ліній-виносок, а ділянки виробу, які мають бути оброблені, позначають штрихово-пунктирною потовщеною лінією, яку проводять на віддалі 0,8...1 мм від них, з зазначенням розмірів, що визначають поверхні (рис. 8.42).

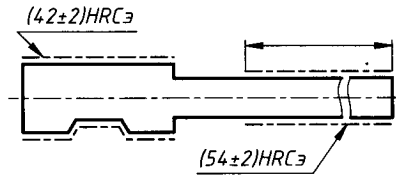


Рис. 8.42

8.9. Нарізь та елементи деталей з наріззю

Нарізь — це один або кілька рівномірно розміщених гвинтових виступів постійного перерізу, утворених на бічній поверхні прямого кругового циліндра чи прямого кругового конуса (ДСТУ 3321:2003) (рис. 8.43).

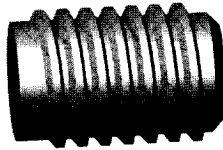


Рис. 8.43

Нарізі класифікують за формою поверхні, на якій їх нарізано (циліндричні, конічні), за розташуванням (зовнішні, внутрішні), за формою профілю (трикутна, прямокутна, трапецеїдальна, кругла), призначеністю (кріпильні, кріпильно-ущільнювальні, ходові, спеціальні тощо), напрямком гвинтової поверхні (ліві та праві), за кількістю заходів (однозахідні та багатозахідні).

Елементи та параметри нарізей визначає ДСТУ 2497–94. Розглянемо основні з них.

Профіль нарізі — контур виступу та канавки у площині осьового перерізу.

Елементи профілю — вершина, западина, бічні поверхні — зображено на рис. 8.44, кут профілю та кути нахилу бічної поверхні показано на рис. 8.45.

Крок нарізі (P) — відстань по лінії, паралельній до осі нарізі, між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю нарізі, які лежать в одній осьовій площині по один бік від осі нарізі (рис. 8.46).

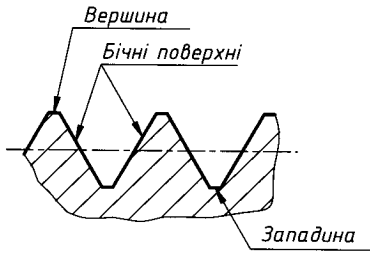


Рис. 8.44

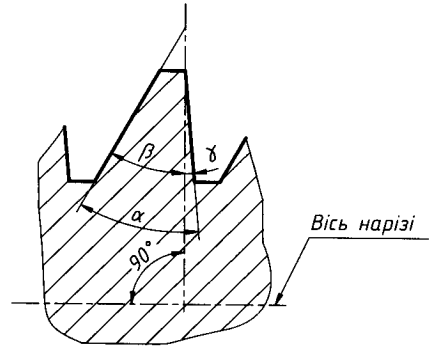


Рис. 8.45

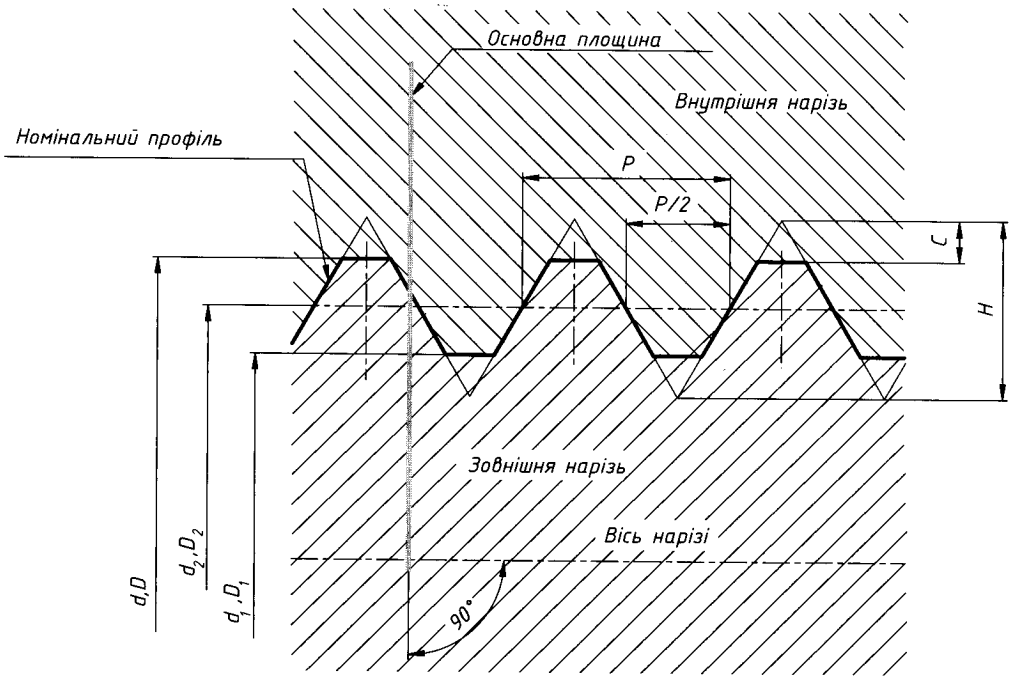


Рис. 8.46

Зовнішній діаметр (циліндричної) нарізі (d – зовнішньої, D – внутрішньої) – діаметр уявного прямого кругового циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої або западин внутрішньої циліндричної нарізі (див. рис. 8.46). Цей діаметр для більшості нарізей є номінальним, тобто таким, який умовно характеризує розміри нарізі та використовується для її позначання.

Внутрішній діаметр (циліндричної) нарізі (d_1 – зовнішньої, D_1 – внутрішньої) – діаметр уявного прямого кругового циліндра, вписаного у западини зовнішньої або у вершини внутрішньої циліндричної нарізі (див. рис. 8.46).

Середній діаметр (циліндричної) нарізі (d_2 — зовнішньої, D_2 — внутрішньої) — діаметр уявного співвісного з наріззю прямого кругового циліндра, твірна якого перетинає профіль нарізі так, що її відрізки, утворені перетином з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку нарізі (див. рис. 8.46).

Хід нарізі (Ph) — відстань по лінії, паралельній до осі нарізі, між будь-якою вихідною середньою точкою на бічній поверхні нарізі та середньою точкою, отриманою внаслідок переміщення вихідної середньої точки по гвинтовій лінії нарізі на кут 360° . В однозахідній нарізі хід дорівнює крокові, у багатозахідній (у якій в торцевому перерізі починаються кілька гвинтових ліній) — добутку кроку P на кількість n заходів ($Ph=nP$).

Довжина нарізі з повним профілем (l_1) — довжина ділянки нарізі, на якій вершини та западини нарізі відповідають номінальному профілю (рис. 8.47).

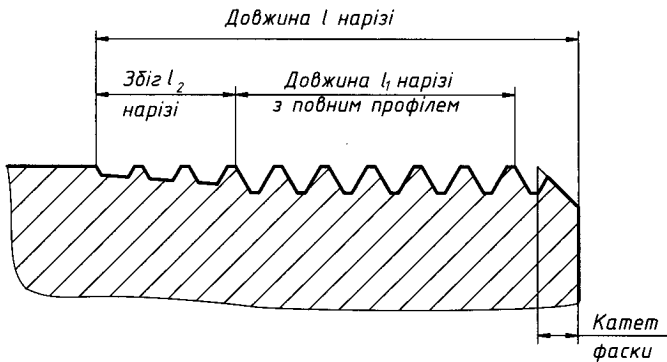


Рис. 8.47

Збіг нарізі (l_2) — ділянка в зоні переходу нарізі до гладкої частини деталі, на якій нарізь має неповний профіль (див. рис. 8.47).

Довжина нарізі (l) — довжина ділянки деталі, на якій утворено нарізь, включаючи збіг нарізі та фаску (див. рис. 8.47).

Переважну більшість нарізей стандартизовано. Їх профіль, розміри та позначки регламентовано відповідними стандартами. Розглянемо основні характеристики стандартних нарізей загальної призначеності.

Нарізь метрична є основним типом кріпильних нарізей. Вона має трикутний профіль з кутом 60° між бічними сторонами (ГОСТ 9150–2002). Виступи на западини нарізі притуплені (рис. 8.48).

Для кожного номінального діаметра нарізі зі значенням до 68 мм ГОСТ 8724–2002 встановлює один великий та кілька дрібних кроків, а для діаметрів 70 мм і більше — лише дрібні кроки. У табл. 8.12 наведено номінальні діаметри та кроки метричної нарізі в діапазоні діаметрів від 3 до 30 мм. Вибираючи значення діаметрів,

слід надавати перевагу першому ряду над другим, а другому — над третім. Діаметри та кроки, взяті у дужки, застосовувати не рекомендовано.

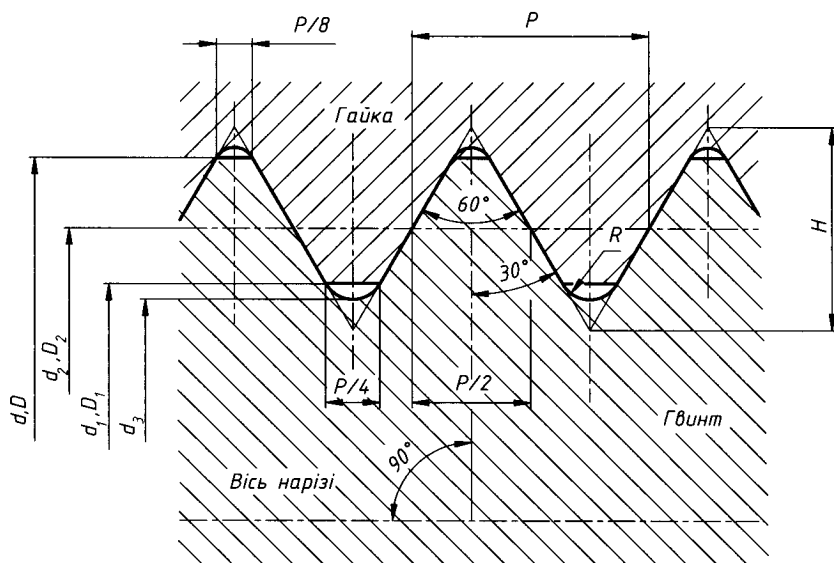


Рис. 8.48

Умовна позначка метричної (циліндричної) нарізі містить: літеру M , числові значення номінального діаметра нарізі та її кроку (виражені у міліметрах і відокремлені знаком \times), та літери LH , якщо нарізь ліва. Наприклад, нарізь із номінальним діаметром 20 мм та великим кроком позначається як $M20$; нарізь із номінальним діаметром 24 мм і дрібним кроком 1,5 мм — $M24 \times 1,5$; така сама за діаметром і кроком, але ліва нарізь — $M36 \times 1,5-LH$.

Багатозахідна нарізь відповідно до ГОСТ 8724-2002 має позначатися літерою M , номінальним діаметром, знаком \times , літерами Ph , значенням ходу нарізі, літерою P та значенням кроку. Наприклад, двозахідна нарізь з номінальним діаметром 16 мм, ходом 3 мм та кроком 1,5 мм матиме позначку $M16 \times Ph3P1,5$; така сама нарізь, але ліва — $M16 \times Ph3P1,5-LH$. Для більшої ясності в дужках текстом може бути зазначено число заходів нарізі, наприклад, $M16 \times Ph3P1,5$ (два заходи).

Нарізь метрична конічна регламентується ГОСТ 25229-82. Вона має профіль, аналогічний до профілю метричної циліндричної нарізі, і виконується на конічній поверхні з конусністю 1:16 (кут конуса дорівнює $3^\circ 34' 48''$). Така нарізь призначена для забезпечення герметичності нарізевого з'єднання. Існують два варіанти нарізевого конічного з'єднання: конічна зовнішня нарізь з конічною внутрішньою та конічна зовнішня нарізь із циліндричною внутрішньою. З'єднання останнього типу має забезпечувати загвинчування конічної нарізі на глибину не менше ніж $0,8l_1$, де l_1 — довжина нарізі без збігу. Умовна позначка метричної конічної нарізі містить літери MK , числові значення номінального діаметра та кроку, і літери LH ,

якщо нарізь ліва. Наприклад, нарізь із номінальним діаметром 24 мм та кроком 1,5 мм позначається *МК24×1,5*.

Таблиця 8.12. Діаметри та кроки метричної нарізі

У міліметрах

Номінальний діаметр нарізі <i>d</i>			Великий крок <i>p</i>	Дрібні кроки <i>p</i>
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		
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; 1; 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

Нарізь трубна циліндрична регламентується ГОСТ 6357–81. Профіль нарізі — рівнобедрений трикутник із кутом при вершині, рівним 55°. Вершини та западини нарізі заокруглені (рис. 8.49). Заокруглений профіль забезпечує кращу герметичність з'єднання. Застосовують трубну нарізь для з'єднання труб та інших

деталей арматури трубопроводів. Номінальний діаметр трубної нарізі, яким вона позначається на кресленіку, умовно віднесено до внутрішнього діаметра труби (до розміру умовного проходу). Зовнішній діаметр нарізі більший за номінальний на подвоєну товщину стінок труби; наприклад, за номінального діаметра нарізі 1" (1"= 25,4 мм) її зовнішній діаметр становить 33,249 мм. Крок нарізі визначається як дюйм, поділений на натуральне число (наприклад, 28, 19, 14, 11); це число називають кількістю ниток на дюйм. Умовна позначка трубної циліндричної нарізі містить літеру *G*, числове значення номінального діаметра у дюймах, клас точності (*A*, *B*) та літери *LH*, якщо нарізь ліва. Наприклад, нарізь із номінальним діаметром 1 1/8" класу точності *A* позначається *G*1 1/8-*A*. У табл. 8. 13 наведено приклади значень основних параметрів трубних циліндричних нарізей.

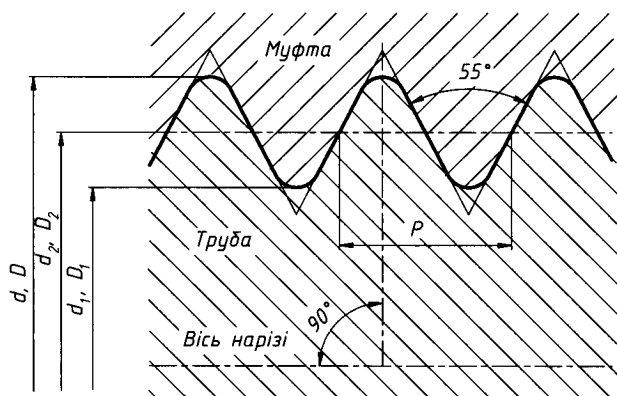


Рис. 8.49

Таблиця 8. 13. Основні розміри трубної нарізі

Номінальний діаметр, дюйми	Кількість ниток на 1"	Крок <i>p</i> , мм	Діаметр нарізі, мм	
			Зовнішній <i>d=D</i>	Внутрішній <i>d₁=D₁</i>
1/4	19	1,337	13,157	11,445
3/8			16,662	14,950
1/2	14	1,814	20,955	18,631
3/4			26,441	24,117
1	11	2,309	33,249	30,291
1 1/4			41,910	38,952
1 1/2			47,803	44,845
2			59,614	56,656

Нарізь трубна конічна регламентується ГОСТ 6211–81. Вона має профіль, аналогічний до профілю трубної циліндричної нарізі, і виконується на конічній поверхні з конусністю 1:16. Її застосовують для з'єднань, що потребують підвищеної герметичності або працюють під великим тиском. Можливе з'єднання труб, що мають конічну нарізь, із виробами, що мають трубну циліндричну нарізь. За такого з'єднання відпадає потреба у додаткових ушільненнях. Позначка зовнішньої трубної конічної нарізі містить літеру *R*, числове значення номінального діаметра у дюймах і літери *LH* для лівої нарізі. Наприклад, нарізь із номінальним діаметром $1\frac{1}{4}$ " позначається як $R1\frac{1}{4}$. Для позначання внутрішньої трубної конічної нарізі використовують літери *Rc*; (наприклад, $Rc\frac{1}{2}$ — нарізь трубна конічна внутрішня з номінальним діаметром $1\frac{1}{2}$ ").

Нарізь трапецеїдальна належить до ходових нарізей і застосовується для перетворення обертового руху в поступальний і навпаки. Профіль трапецеїдальної нарізі — рівнобічна трапеція з кутом між бічними сторонами 30° (ГОСТ 9484–81) (рис. 8.50). Нарізь може бути однозахідною і багатозахідною, правою і лівою. Розміри однозахідної трапецеїдальної нарізі регламентуються ГОСТ 24737–81, а багатозахідної — ГОСТ 24739–81. Умовна позначка однозахідної нарізі містить літери *Tr*, числове значення кроку і літери *LH*, якщо нарізь ліва. Наприклад, однозахідна нарізь із номінальним діаметром 24 мм і кроком 4 мм позначається *Tr24×4*, така сама за діаметром і кроком, але ліва — *Tr24×4-LH*. Умовна позначка багатозахідної нарізі: *Tr*, числове значення ходу, у дужках літера *P* з числовим значенням кроку та літери *LH*, якщо нарізь ліва. Наприклад, двозахідна нарізь із номінальним діаметром 50 мм, із ходом 8 мм та кроком 4 мм позначається *Tr50×8(P4)*.

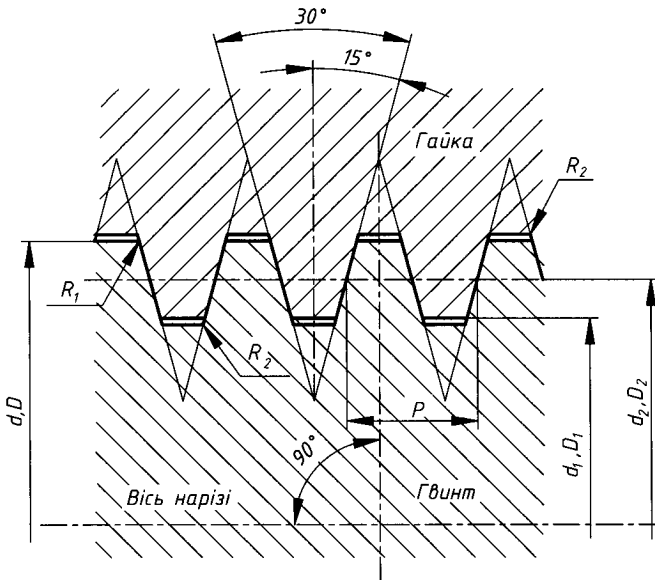


Рис. 8.50

Нарізь упорна має профіль нерівнобічної трапеції, одна зі сторін якої (робоча поверхня) нахилена до вертикалі під кутом 3° , а інша — під кутом 30° (рис. 8.51). Таку нарізь застосовують за великих односторонніх навантажень, що діють в осьовому напрямку. Познака однозахідної нарізі: літера *S*, числове значення номінального діаметра у міліметрах, числове значення кроку і літери *LH* для лівої нарізі. Для багатозахідних нарізей до позначки додається значення ходу, а крок зазначається у дужках, наприклад: *S32x6(P3)* — нарізь упорна двозахідна з номінальним діаметром 32 мм, розміром ходу 6 мм та кроком 3 мм.

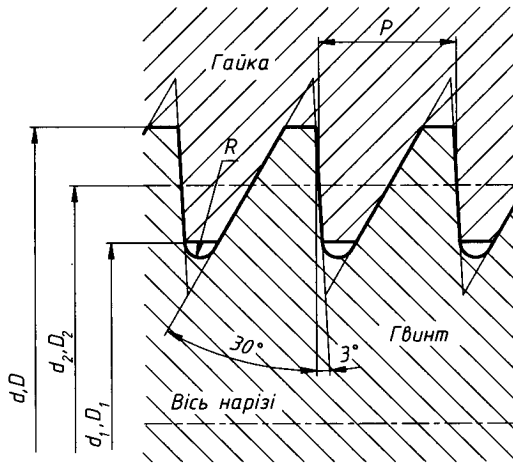


Рис. 8.51

Окрім стандартних іноді використовують *спеціальні нарізі*. До них відносять:

- нарізі, що мають стандартний профіль, але відрізняються від стандартизованої нарізі діаметром або кроком;
- нарізі з нестандартним профілем (наприклад, прямокутним, квадратним).

На креслениках нарізь зображують умовно відповідно до ГОСТ 2.311–68. Нарізь на стрижні зображують суцільними основними лініями по зовнішньому діаметру нарізі та суцільними тонкими лініями — по внутрішньому діаметру (рис. 8.52, *a* і *б*), а в отворі — суцільними основними лініями по внутрішньому діаметру нарізі та суцільними тонкими лініями — по зовнішньому діаметру (рис. 8.53, *a* і *б*).

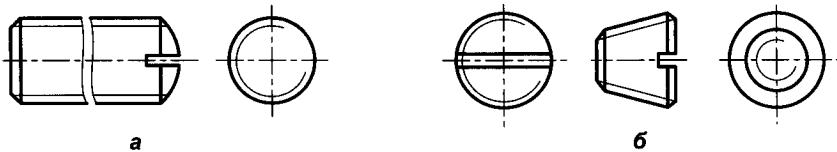


Рис. 8.52

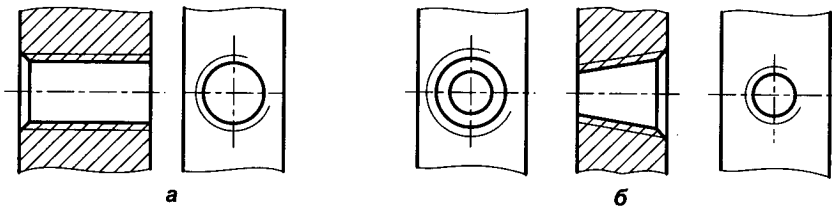


Рис. 8.53

На зображеннях, отриманих проєкціюванням на площину, яка паралельна до осі стрижня (отвору), суцільну тонку лінію проводять на усю довжину нарізі без збігу, а на зображеннях, отриманих проєкціюванням на площину, яка перпендикулярна до осі стрижня (отвору), таку лінію проводять дугою, що приблизно дорівнює $\frac{3}{4}$ кола, розімкненого у будь-якому місці. Відстань між тонкою та основною лініями має бути не менша ніж 0,8 мм і не більша за розмір кроку нарізі.

Лінію, що визначає межу нарізі, наносять на стрижні та в отворі в кінці повного профілю нарізі (до початку збігу). Її проводять до лінії зовнішнього діаметра нарізі та зображають суцільною основною лінією, якщо вона видима (рис. 8.54, *a* і *б*), і штриховою, якщо вона невидима (рис. 8.54, *в*).

Штриховку в розрізах і перерізах проводять до лінії зовнішнього діаметра на стрижнях та до лінії внутрішнього діаметра в отворах, тобто в обох випадках до суцільної основної лінії (рис. 8.54, *б* і *в*).

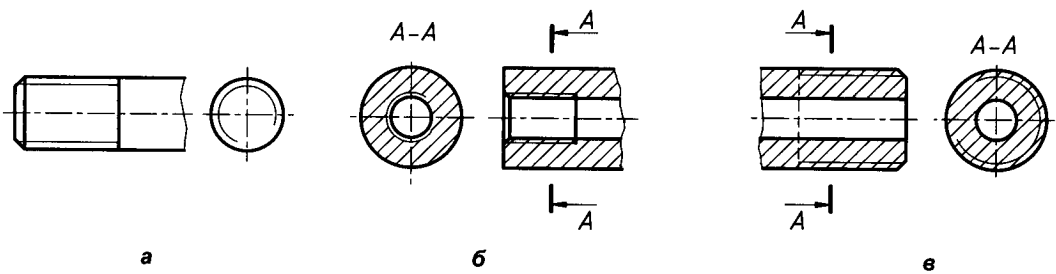


Рис. 8.54

На креслениках нарізь, як правило, зображають без збігу і зазначають розмір довжини нарізі з повним профілем (рис. 8.55, *a* і *б*). Якщо ж необхідно показати збіг, його зображають суцільною тонкою прямою лінією, а розмір довжини нарізі зі збігом зазначають, як показано на рис. 8.56, *a* і *б*.

Фаски на стрижні та в отворі з наріззю, які не мають спеціальної конструктивної призначеності, у проєкції на площину, перпендикулярну до осі стрижня чи отвору, не зображають. Суцільна тонка лінія зображення нарізі на стрижні має перетинати лінію межі фаски.

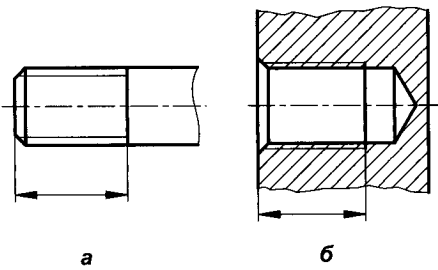


Рис. 8.55

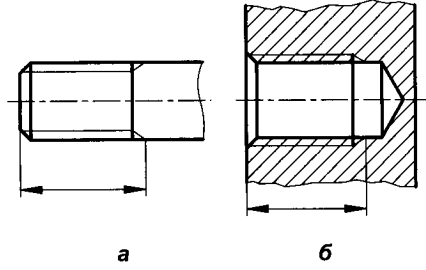


Рис. 8.56

Нарізь із нестандартним профілем показують одним зі способів, зображених на рис. 8.57, зі всіма необхідними розмірами та граничними відхилами. У разі потреби вказують додаткові дані про кількість заходів, лівий напрям тощо, додаючи при цьому слово «Нарізь».

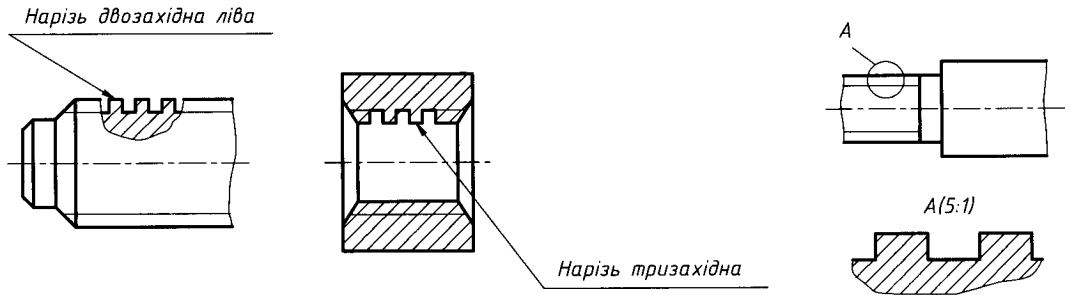


Рис. 8.57

На розрізах нарізевого з'єднання в зображенні на площині, паралельній до його осі, в отворі показують тільки ту частину нарізі, яка не закрита нарізною стрижня (рис. 8.58).

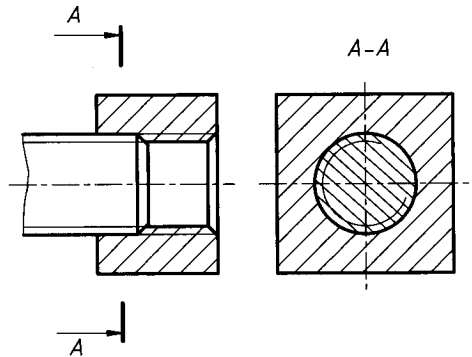


Рис. 8.58

Позначки усіх нарізей, окрім конічних та трубної циліндричної, відносять до зовнішнього діаметра і проносять над розмірною лінією, на її продовженні або на полиці лінії-виноски (рис. 8.59, 8.60). Позначки конічних нарізей та трубної циліндричної відносять до контуру нарізі та наносять тільки на полиці лінії-виноски (рис. 8.61). Спеціальну нарізь зі стандартним профілем позначають скорочено Cn і умовною позначкою нарізі.

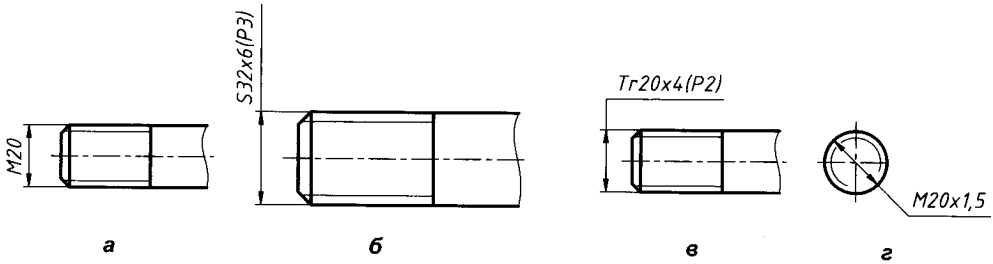


Рис. 8.59

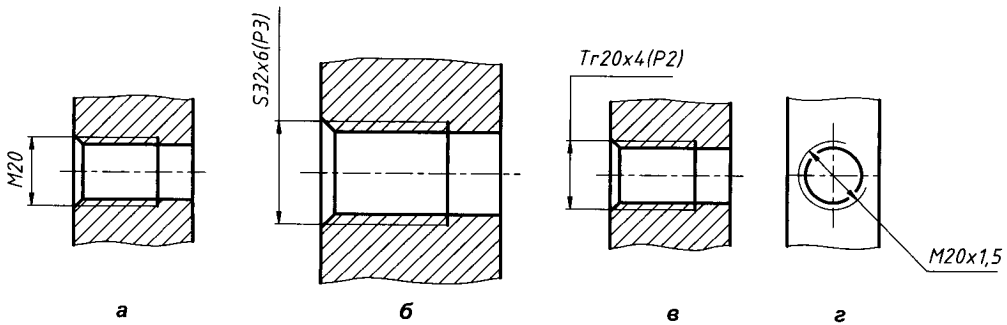


Рис. 8.60

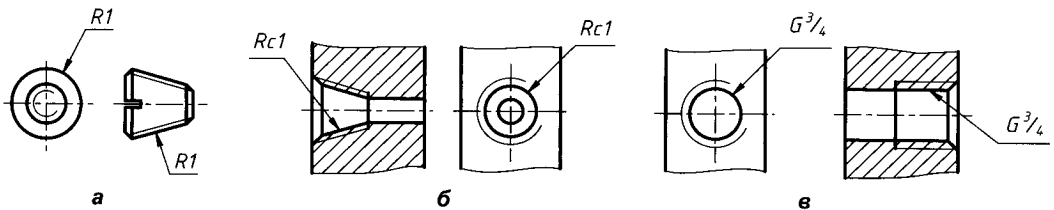


Рис. 8.61

Усі нарізі мають технологічні елементи, пов'язані з їх виходом. До них відносяться збіги, проточки, фаски. Параметри цих елементів визначає ГОСТ 10549–80.

Фаски на стрижнях і в отворах із наріззю мають форму зрізаного конуса з кутом при вершині 90° та висотою Z . Для внутрішньої метричної нарізі допускається кут 120° . Фаски призначені для спрощення нарізання нарізі та зручності з'єднання нарізевих деталей.

Проточки роблять біля кінця нарізі для виходу інструмента й отримання нарізі з повним профілем по усій її довжині. На креслениках деталі проточку зображують спрощено і доповнюють кресленик виносним елементом у збільшеному масштабі (рис. 8.62).

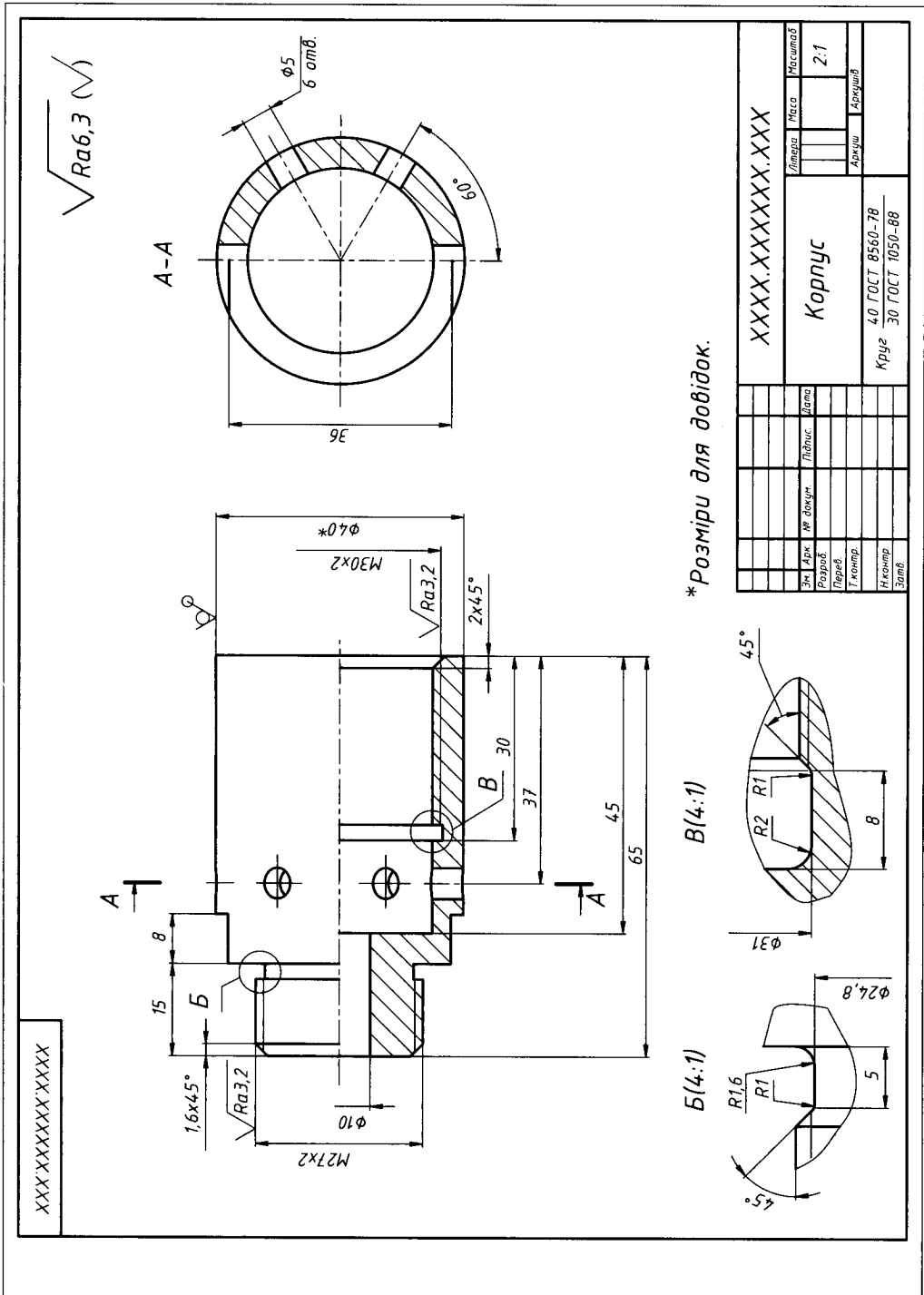
Окрім проточок та фасок на деталях із наріззю зустрічаються елементи, призначені для зручності загвинчування та затягування з'єднання. До таких елементів відносяться шліци, призматичні (шестигранні та чотиригранні) елементи, лиски, пази, рифлення.

Шліц являє собою проріз на деталі, в який вставляють жало викрутки під час загвинчування чи вигвинчування деталі. Шліци виконують на деталях як із зовнішньою, так і з внутрішньою наріззю. Розміри шліца залежать від зусилля, яке необхідно прикласти до деталі.

Призматичні елементи та лиски виконують на деталях, що потребують великих зусиль під час затягування з'єднання. Вони призначені для захоплення гайковими ключами. Розмір «під ключ» вибирають зі стандартного ряду (ГОСТ 6424–73): 2,5; 3,0; 3,2; 4,0; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 17; 19; 22; 24; 27; 30; 32; 36; 41; 46; 50; 55; 60; 65; 70;

Рифлення – це спеціальне утворення на поверхнях, яке дозволяє згвинчувати деталі рукою, без застосування викрутки або гайкового ключа.

Рифлення можуть бути прямими і сігчастими. Їх профіль та розміри встановлює ГОСТ 21474–75. На рис. 8.63 показано приклад зображення на кресленику деталі з рифленням. Параметри рифлення залежать від типу рифлення, матеріалу деталі, розмірів елемента з рифленням. ГОСТ 21474–75 передбачає такий ряд кроків рифлення: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 мм. Зазначимо, що на елементі з рифленням завжди виконують фаску, яка перешкоджає можливному видавлюванню матеріалу деталі на торці в разі накатування рифлення. Вибір значення катета фаски залежить від висоти профілю рифлення: фаска має дещо перекирвати його. Значення катетів фасок для загальних випадків встановлює ГОСТ 10948–63: 0,1; (0,2); (0,3); 0,4; (0,5); 0,6; (0,8); 1; (1,2); 1,6; (2); 2,5; (3); 4; (5); 6; (8); 10; (12); 16; 25 мм. Перевагу слід надавати значенням, що вказані без дужок.



* Розміри для довідок.

XXXXXXX XXXX		XXXXXXX XXXX	
Знак Арх.	№ докум.	Підпис.	Дата
Розроб.			
Т. констр.			
Н. констр.			
Замб.			
Листа	Кгца	Масштаб	
		2:1	
Корпус		Знак	Знак
40 ГОСТ 8560-78		Корпус	
30 ГОСТ 1050-88			

Рис. 8.62

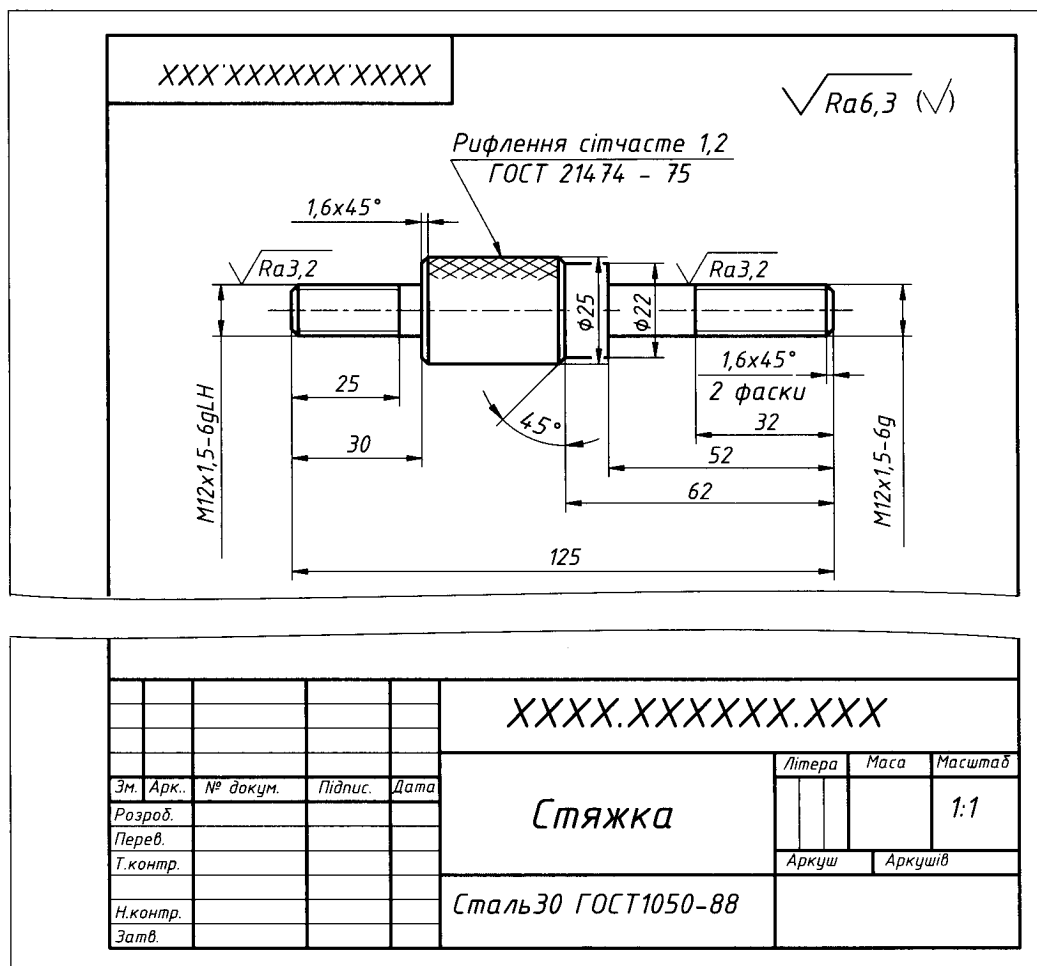


Рис. 8.63

8.10. Приклади типових креслеників деталей

8.10.1. Деталі, що їх виготовляють на базі литих заготовок

Ливарний спосіб виготовлення деталей дозволяє отримувати найрізноманітніші геометричні форми їх поверхонь. Окрім того, цей спосіб дає змогу створювати поверхні практично без втрат матеріалу.

Процес виготовлення деталей починається з того, що у створену тим чи іншим способом форму заливається розплавлений метал. Після його застигання і затвердіння утворюється відливок, який майже завжди піддається механічному оброблянню з метою отримання більш якісних поверхонь, наявність яких безпосередньо пов'язана з функційною призначеністю деталі.

Технологія виготовлення зумовлює певні особливості форм литих деталей та правила нанесення розмірів на їх креслениках.

- Для рівномірного застигання металу стінки по можливості мають бути однакової товщини. Внутрішні стінки мають бути тоншими за зовнішні на 10–20%.
- Щоб мати можливість вийняти ливарну модель із форми, її поверхням потрібно надати необхідні формувальні уклони. Розмір цих уклонів залежить від висоти або довжини елемента відливу і регламентується ГОСТ 3212–92. На відміну від конструктивних, формувальні уклони на креслениках не зображають і не зазначають, обмежуючись записом у технічних вимогах – «Уклони формувальні за ГОСТ 3212–92».
- Для того, щоб деталь не мала внутрішніх напружень і ливарних дефектів, потрібно здійснювати плавний перехід від однієї товщини стінки до іншої (ливарні скруглення). На креслениках ливарні скруглення обов'язково зображають, а їх розміри зазначають. Значення радіусів ливарних скруглень залежать від способу лиття, матеріалу і розмірів деталі.
- Поверхні, які підлягають оброблянню, слід трохи піднімати над тими, що такому оброблянню не підлягають, щоб забезпечити вільний вихід різального інструменту та зменшити площу механічного оброблення.
- Поверхні, на яких свердлять отвори, конструюють зі спеціальними приливками, бобишками, торцеві площини яких мають бути перпендикулярними до осі отвору.
- На креслениках литих деталей, що потребують подальшого механічного оброблення, розміри слід наносити таким чином, щоб по кожному координатному напрямку тільки один розмір зв'язував необроблену поверхню – ливарну базу з обробленою – чистовою базою.

На рис. 8.64 показано кришку, отриману литтям з подальшим механічним обробленням, а на рис. 8.65 – її кресленик.

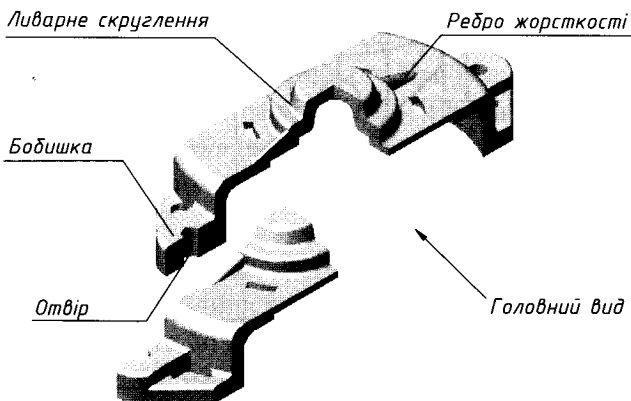


Рис. 8.64

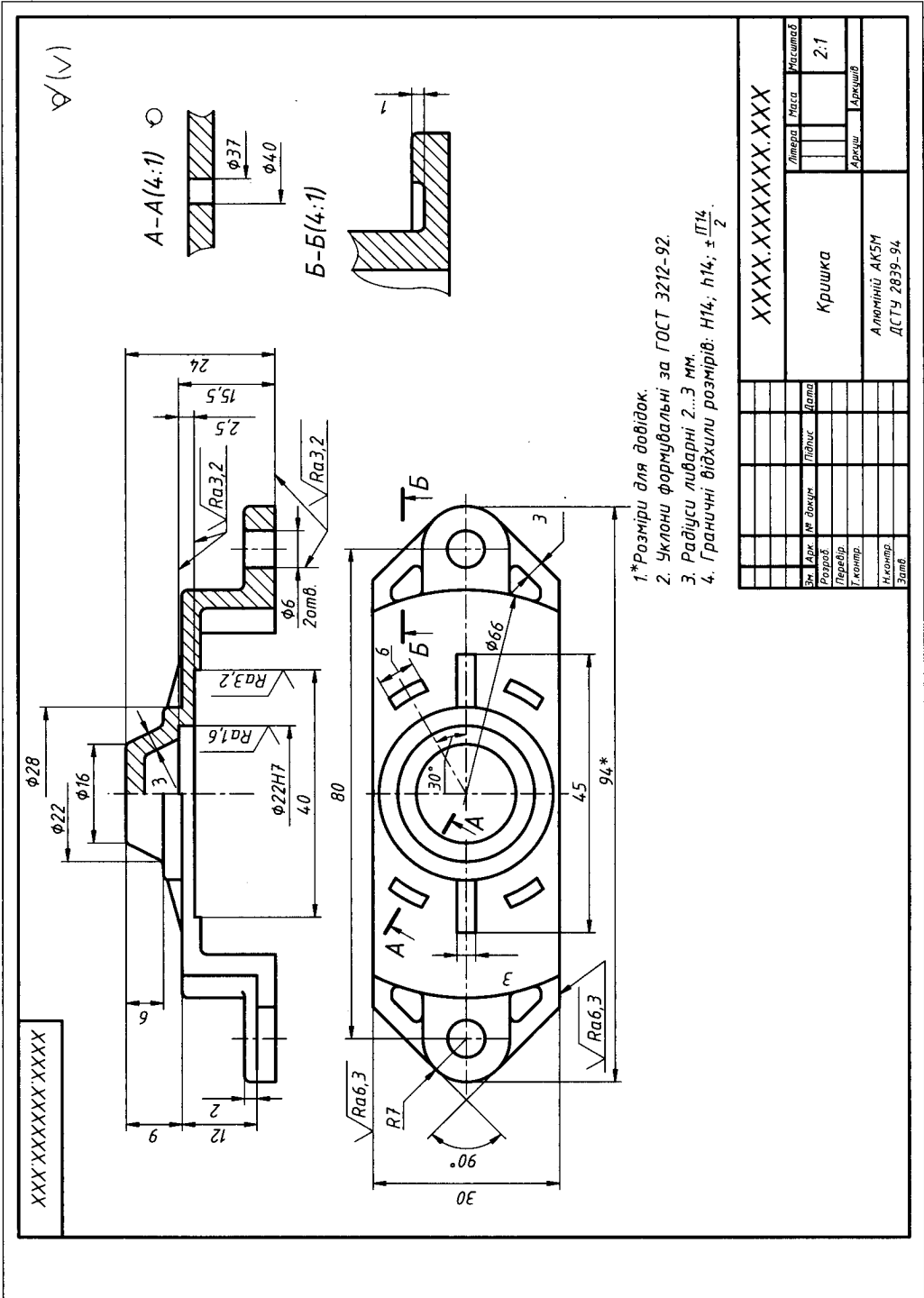


Рис. 8.65

Деталь на кресленику розміщена так, що її головне зображення, на якому з'єднано половину виду та половину фронтального розрізу, дає достатньо повне уявлення про форму деталі, а опорна площина паралельна до основного напису. Розміри нанесено, виходячи з технології виготовлення деталі. Розміри поверхонь, що їх механічно обробляють, нанесено від чистових баз, а розміри поверхонь, що механічно не обробляються, — від чорнових баз. Чорнова та чистова базові поверхні по кожному координатному напрямку зв'язані одним розміром (див. рис. 8.4).

8.10.2. Штамповані деталі

Штампуння — це процес оброблення металів тиском, за якого формоутворення деталі здійснюється у спеціальному інструменті — штампі. За видом заготовки розрізняють об'ємне та листове штампуння, а за температурою процесу — холодне та гаряче штампуння. Листовим штампунням виготовляють плоскі та об'ємні тонкостінні вироби з листів, стрічок та штаб. Листові штаповані вироби вирізняються високою точністю розмірів та хорошою якістю поверхні, що дозволяє скоротити до мінімуму операції оброблення різанням. Холодне листове штампуння набуло ширшого застосування, ніж гаряче. Усі види операцій у процесі листового штампуння поділяють на розділові та формозмінювальні. До розділових належать обрізування (повне відокремлення однієї частини від іншої по замкнутому контуру), вирубування (повне відокремлення однієї частини від іншої, коли відокремлювана частина є виробом), пробивання (отримання отворів), до формозмінювальних — гнуття (надання заготованці вигнутої форми), витягування (перетворення плоскої заготовки на порожнинний виріб або збільшення довжини заготовки за рахунок зменшення товщини останньої), відборткування (утворення борта за допомогою розширення раніше пробитого отвору). На креслениках деталі, виготовлені листовим штампунням, зображають, беручи до уваги процес формоутворення та призначеність деталі.

На рис. 8.66 зображено деталь, отриману вирубуванням під час холодного штампуння. Її кресленик наведено на рис. 8.69. Деталь зображено однією проекцією з умовною позначкою товщини матеріалу. Цей розмір помічено зірочкою (для довідок), оскільки товщина матеріалу міститься в його позначці в основному написі кресленика. Решту розмірів нанесено за тими самими правилами, що й для аналогічних деталей, які отримують механічним обробленням (фрезеруванням, свердлінням тощо).

На рис. 8.67 та рис. 8.70 зображено відповідно деталь, отриману гнуттям, та її кресленик. Характерною особливістю подібних деталей є наявність плавних переходів від одного елемента до іншого, без гострих кутів, як внутрішніх, так і зовнішніх. Мінімальні радіуси скруглень (переходів) мають бути не меншими за товщину матеріалу деталі. Оскільки зображення готової деталі не дають повного

уявлення про дійсні форми та розміри її елементів, на креслену подано повну розгортку деталі. На розгортці зазначено лише ті розміри, які не можна вказати на зображеннях готової деталі.

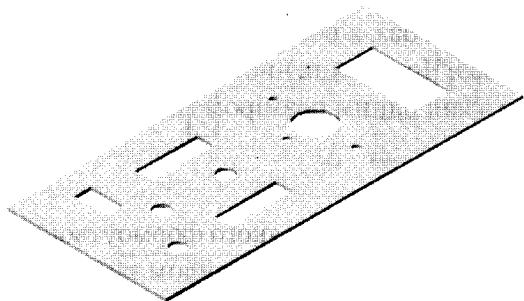


Рис. 8.66

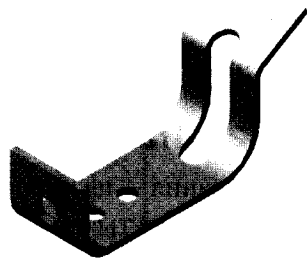


Рис. 8.67

8.10.3. Деталі, що їх отримують механічним обробленням

Приклад типової точеної деталі показано на рис. 8.68, а її кресленик наведено на рис. 8.71.

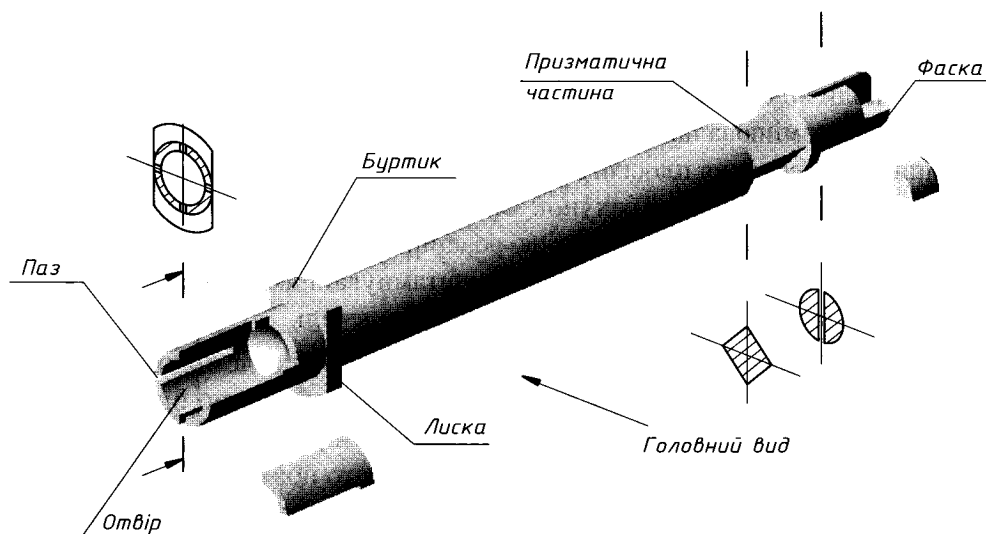
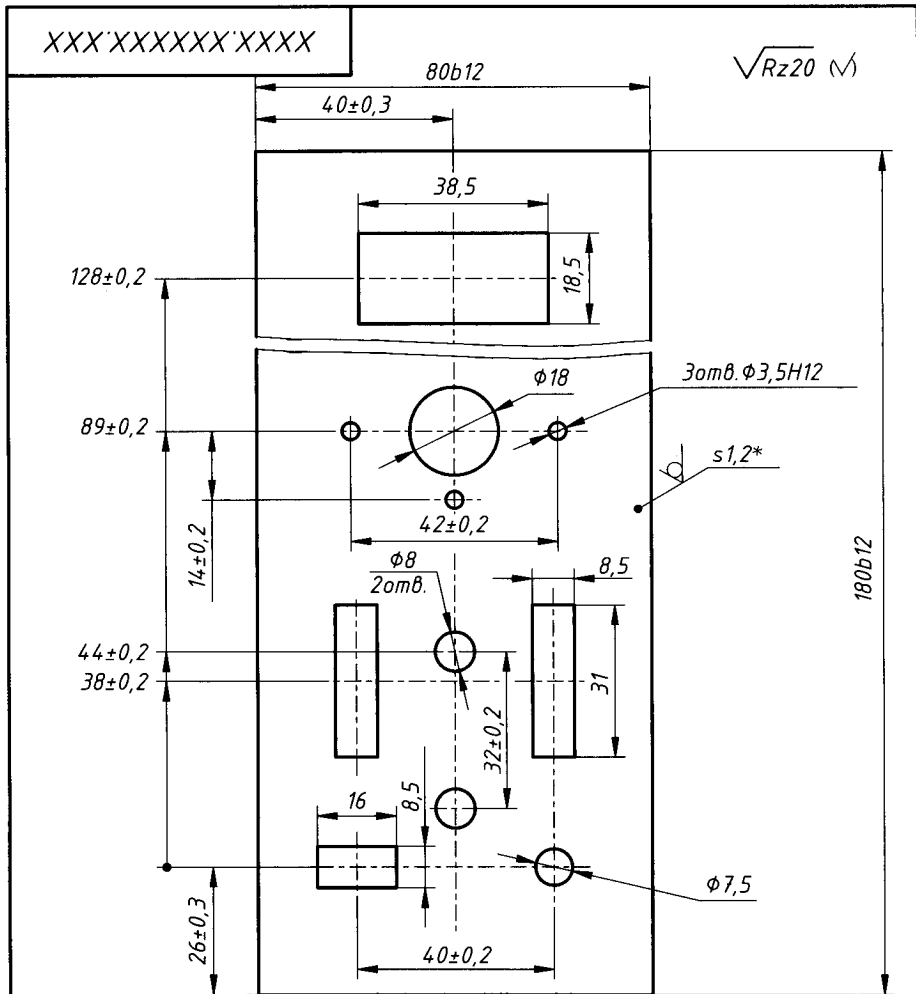


Рис. 8.68

Оскільки деталь обмежена переважно поверхнями обертання, її головне зображення розташоване з горизонтальним положенням осі, тобто паралельно до основного напису кресленика. Форми та розміри окремих елементів показано за допомогою одного поперечного розрізу та двох поперечних перерізів. Розміри нанесено з урахуванням технології виготовлення деталі, а позначки шорсткості поверхонь — з урахуванням конструктивної призначеності останніх.



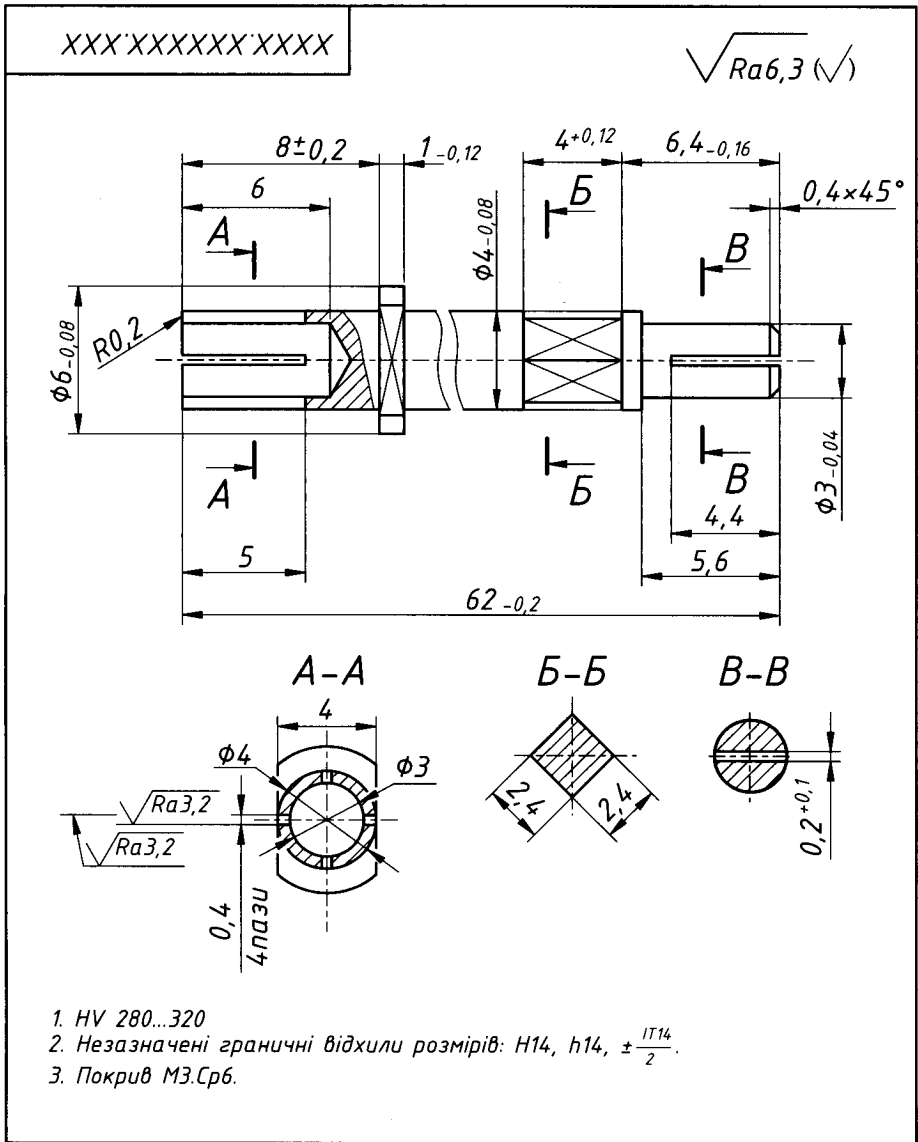
1.*Розміри для довідок.

2. Незазначені граничні відхили розмірів Н14, н14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

3. Покрив Ц9.хр., крім отворів.

				XXXX.XXXXXXXXXX.XXX			
				Панель			
				Літера		Маса	Масштаб
							1:1
				Аркуш		Аркушів	
				Стрічка Д16 1,2			
				ГОСТ 13726-97			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.							
Перев.							
Г.контр.							
Н.контр.							
Затв.							

Рис. 8.69



				XXXX.XXXXXXXXX.XXX																										
<table border="1"> <tr> <td>Зм. Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Затв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розроб.				Перев.				Т.контр.				Н.контр.				Затв.				Цанга		
				Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																							
				Розроб.																										
				Перев.																										
				Т.контр.																										
Н.контр.																														
Затв.																														
				Літера	Маса	Масштаб																								
						5:1																								
				Аркуш	Аркушів																									
				Бронза БрАМц10-2 ГОСТ 18175-78																										

Рис. 8.71

Запитання для самоперевірки

1. Які дані має містити кресленик деталі?
2. З яких міркувань слід виходити, вибираючи головний вид деталі?
3. Що таке конструкторські, технологічні та вимірювальні бази деталі?
4. У чому полягає особливість нанесення розмірів на креслениках деталей, які обробляють спільно?
5. Що називають полем допуску?
6. Якими способами на кресленику зазначають граничні відхилення розмірів?
7. Як на кресленику зазначають дані про відхилення форми та розташування поверхонь?
8. Що таке шорсткість поверхні?
9. Як на кресленику позначають шорсткість поверхні?
10. Яким чином на кресленику деталі зазначають марку матеріалу?
11. Яка загальна структура позначки покриття?
12. Що таке нарізь? Як класифікують нарізі?
13. Як на креслениках зображають і позначають нарізі?
14. Як зображають нарізь із нестандартним профілем?
15. Що таке рифлення і як його зображають і позначають на кресленику?

Розділ 9

Зображення з'єднань деталей

- ◆ Нарізові з'єднання
- ◆ Шпонкові та шліцьові з'єднання
- ◆ Зубчасті зачеплення
- ◆ Зварні з'єднання
- ◆ Паяні та клеєні з'єднання

9.1. Нарізові з'єднання

Способи з'єднання деталей поділяють на дві основні групи: рознімні та нерознімні. *Рознімними* називають з'єднання, які можна розібрати без порушення цілісності складових частин виробу. До них належать нарізові, шпонкові, шліцьові, клинові, штифтові та профільні з'єднання. Найпоширенішими серед рознімних з'єднань є нарізові, основний з'єднувальний елемент у яких — нарізь.

Нарізові з'єднання можуть бути реалізовані за допомогою нарізі, безпосередньо виконаної на з'єднувальних деталях, або за допомогою нарізових кріпильних деталей. До стандартних кріпильних деталей загальної призначеності належать болти, гвинти, шпильки, гайки. Під гайки та головки болтів (гвинтів) під час з'єднання деталей підкладають шайби, які захищають деталі від пошкоджень. Для запобігання саморозгвинчуванню кріпильних деталей, що піддаються ударним навантаженням або вібраціям, застосовують пружинні шайби, шплінти, штифти тощо.

Механічні властивості болтів, гвинтів та шпильок із вуглецевих сталей регламентує ГОСТ 1759.4-87. Він встановлює для них 11 класів міцності: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 8.8; 9.8; 10.9; 12.9. Перше число в позначці класу міцності відповідає 1/100 номінального значення тимчасового опору розриву в Н/мм², друге (після крапки) — 1/10 відношення номінального значення межі плинності до тимчасового опору розриву в процентах. Добуток двох зазначених чисел відповідає 1/10 номінального значення межі плинності у Н/мм².

Механічні властивості гайок визначає ГОСТ 1759.5-87. Згідно з його положеннями класи міцності гайок з номінальною висотою, що дорівнює або більше ніж $0,8d$, де d — номінальний діаметр нарізі гайки, позначаються цифрою, яка вказує найбільший клас міцності болтів, з якими вони можуть сполучатися у з'єднанні.

Наприклад, клас міцності гайки, що може згвинчуватися з болтами класів міцності 3.6, 4.6, 4.8, позначається цифрою 4. Усього таких класів сім: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14. Для гайок, у яких номінальна висота менша за $0,8 d$, клас міцності позначають двома цифрами (наприклад, 04, 05), де друга цифра відповідає $1/100$ номінального напруження від випробувального навантаження у $\text{H}/\text{мм}^2$, а перша вказує на те, що навантажувальна здатність з'єднання даної гайки з болтом нижча, ніж у гайок, розглянутих у попередньому випадку.

Форму та розміри кріпильних деталей встановлено відповідними стандартами.

Болт являє собою циліндричний стрижень з головкою на одному кінці та нарізку під гайку на іншому. Болти використовують для скріплення двох або кількох деталей. Існують різні типи болтів, які різняться між собою формою та розмірами, точністю виготовлення, способом виконання нарізи. Найпоширенішими є болти з шестигранною головкою. Вони випускаються трьох класів точності: *A* — підвищеної, *B* — нормальної, *C* — грубої — і мають кілька виконів (ГОСТ 7798–70). Приклади болтів різних виконів показано на рис. 9.1.

Умовні позначки болтів складають відповідно до загальної структури позначок кріпильних виробів, яка містить:

- 1 — назву виробу (болт, гвинт тощо);
- 2 — викін (викін 1 не зазначають);
- 3 — позначку нарізи та її діаметра;
- 4 — крок нарізи (для нарізи з дрібним кроком);
- 5 — позначку поля допуску нарізи;
- 6 — довжину стрижня (для болта, гвинта, шпильки) у міліметрах;
- 7 — клас міцності;
- 8 — марку сталі або сплаву;
- 9 — позначку виду покриття;
- 10 — товщину покриття в міліметрах;
- 11 — номер стандарту на конструкцію та розміри кріпильного виробу.

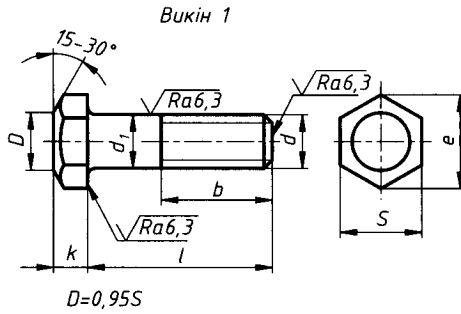
Наприклад, умовна позначка болта викону 1 з діаметром нарізи $d = 12$ мм, з розміром «під ключ» $S = 18$ мм, довжиною $l = 60$ мм, з великим кроком нарізи з полем допуску 6g, класу міцності 5.8, без покриття така: *Болт M12-6g×60.58 (S18)*.

Позначка болта з таким самим діаметром і довжиною, викону 2, з розміром «під ключ» $S = 19$ мм, з дрібним кроком нарізи з полем допуску 6g, класу міцності 10.9, зі сталі марки 40X, з покритвом 01 (цинкове з хроматуванням) товщиною 6 мкм така: *Болт 2M12×1,25-6g×60.109.40X.016 ГОСТ 7798–70*.

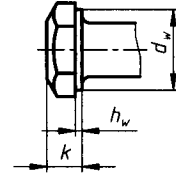
Гвинт — це циліндричний стрижень, на одному кінці якого виконано нарізь, а на іншому є головка. За призначеністю гвинти поділяють на кріпильні та встановлювальні. Останні застосовують для фіксування взаємного розташування деталей.

Вони відрізняються від кріпильних гвинтів тим, що їх стрижень нарізаний повністю і має натискний кінець циліндричної, конічної або плоскої форми.

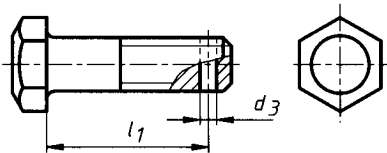
$$\sqrt{Ra_{12,5}} (\sqrt{ })$$



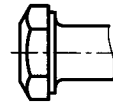
Варіант
виконання головки



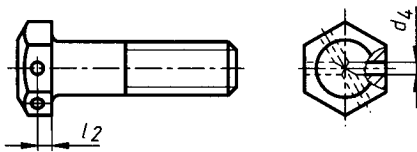
Викін 2



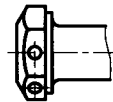
Варіант
виконання головки



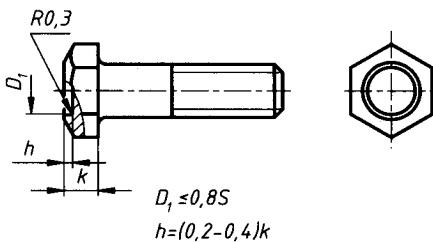
Викін 3



Варіант
виконання головки



Викін 4



Варіант
виконання головки

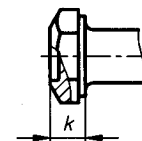


Рис. 9.1

Кріпильні гвинти виготовляють із циліндричною (ГОСТ 1491–80) (рис. 9.2, а), напівкруглою (ГОСТ 17473–80) (рис. 9.2, б), напівпотайною (ГОСТ 17474–80) (рис. 9.2, в) та потайною (ГОСТ 17475–80) (рис. 9.2, г) головками, а також із головками під ключ і з рифленням.

$\sqrt{Ra6,3}(\sqrt{\quad})$

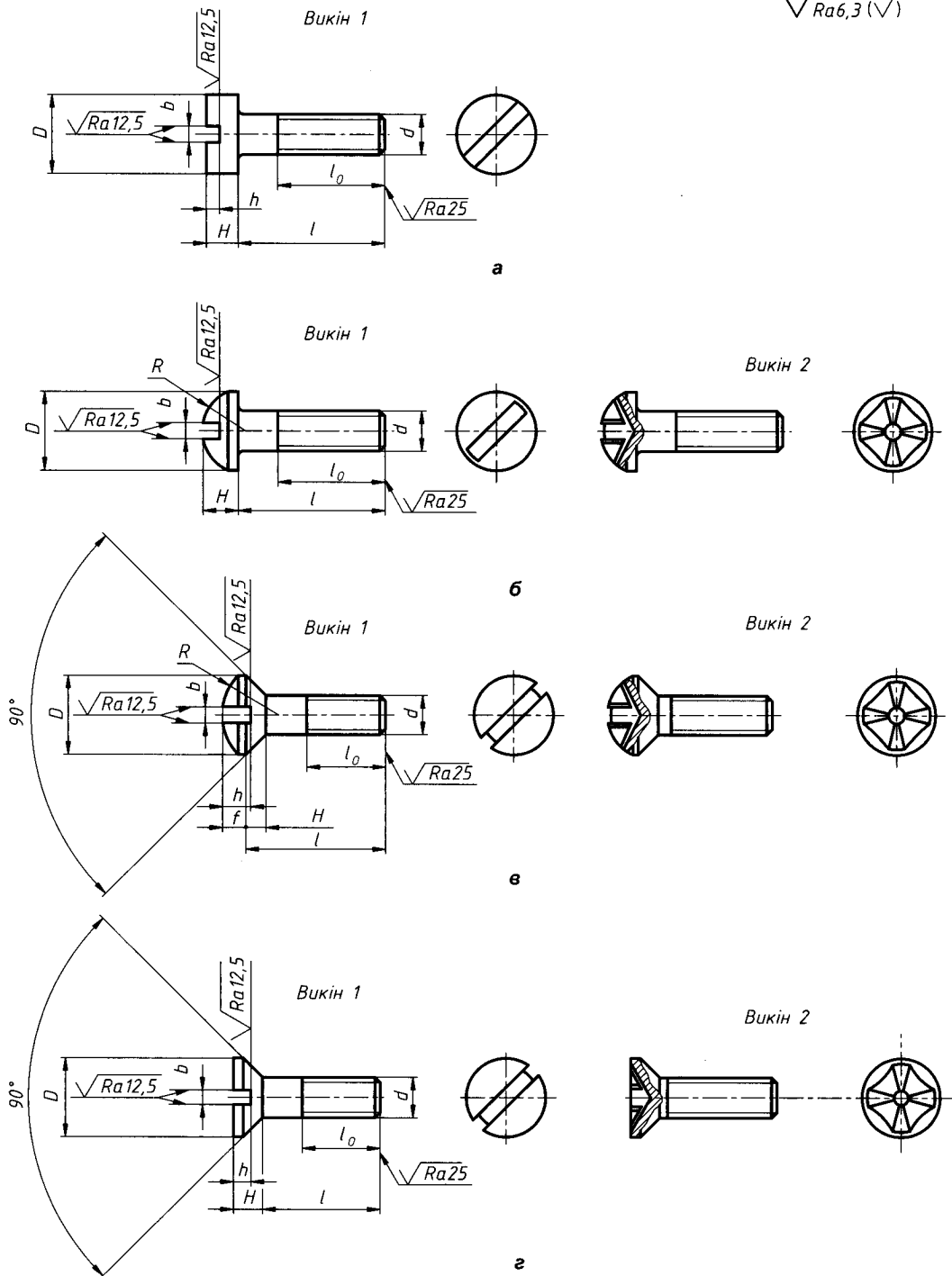


Рис. 9.2

Гвинти з напівкруглою, напівпотайною та потайною головками виготовляють у двох виконах. Головки гвинтів другого викону мають хрестоподібний шліц.

Гвинти випускають двох класів точності: А — підвищеної та В — нормальної.

Приклади умовних познач гвинтів:

- *Гвинт А.М12-6g×50.58 ГОСТ 1491-80* — гвинт із циліндричною головкою, класу точності А, діаметром нарізи $d = 12$ мм, з великим кроком нарізи, з полем допуску 6g, довжиною $l = 50$ мм, класу міцності 5.8, без покриття;
- *Гвинт В.М12×1,25-6g×50.109.40Х.019 ГОСТ 1491-80* — гвинт із циліндричною головкою, класу точності В, з діаметром нарізи $d = 12$ мм, з дрібним кроком нарізи 1,25 мм, з полем допуску 6g, довжиною $l = 50$ мм, класу міцності 10.9, зі сталі марки 40Х, з покритвом 01 (цинкове з хроматуванням) завтовшки 9 мкм.

Шпилька являє собою циліндричний стрижень, на обох кінцях якого є нарізь (рис. 9.3). Один кінець шпильки (його називають посадочним) вгвинчують у нарізевий отвір деталі, а на інший кінець (гайковий) нагвинчують гайку. Шпильки застосовують замість болтів, коли немає місця для головки болта чи коли одна з деталей, що їх з'єднують, має значну товщину.

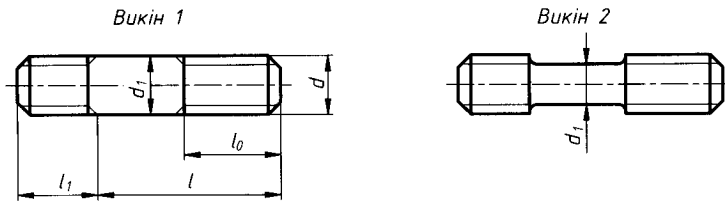


Рис. 9.3

Шпильки випускають нормальної (клас В) та підвищеної (клас А) точності.

Конструкція та розміри шпильок визначаються кількома стандартами залежно від класу точності та від довжини посадочного кінця. Останній, у свою чергу, залежить від діаметра d нарізи та матеріалу деталі. Для вгвинчування у сталеві, бронзові, латунні деталі та деталі з титанових сплавів застосовують шпильки, у яких довжина посадочного кінця $l_1 = 1,0d$ (шпильки за ГОСТ 22032-76 або ГОСТ 22033-76). Для деталей з ковкого та сірого чавуну застосовують шпильки з довжиною посадочного кінця $l_1 = 1,25d$ або $l_1 = 1,6d$ (шпильки за ГОСТ 22034-76 або ГОСТ 22035-76 та ГОСТ 22036-76 або ГОСТ 22037-76 відповідно). У деталі з легких сплавів (алюмінію, магнію) угвинчують шпильки, що мають довжину посадочного кінця $l_1 = 2d$ або $l_1 = 2,5d$ (шпильки за ГОСТ 22038-76 або ГОСТ 22039-76 та ГОСТ 22040-76 або 22041-76 відповідно). Парні номери стандартів позначають шпильки класу точності В, а непарні — класу точності А.

Приклади умовних познач шпильок:

- Шпилька *M16-6g×120.58 ГОСТ 22032-76* — шпилька класу точності *B*, з діаметром нарізі $d = 16$ мм, великим кроком, з полем допуску *6g*, довжиною $l = 120$ мм, класу міцності 5.8, без покриву;
- Шпилька *2 M16×1,5-6g×120.109.40X ГОСТ 22032-76* — аналогічна шпилька викону 2, з дрібним кроком $P = 1,5$ мм, з полем допуску *6g*, класу міцності 10.9, зі сталі марки *40X*, з покривом 02 завтовшки 6 мкм.

Гайка — це деталь з нарізевим отвором, призначена для нагвинчування на стрижень з такими самими параметрами нарізі. Форми гайок різноманітні: шестигранні, квадратні, круглі, гайки-баранчики (для нагвинчування вручну). Найширше застосування мають шестигранні гайки.

Шестигранні гайки можуть бути нормальної висоти (гайки за ГОСТ 5915-70 та ГОСТ 5927-70), низькі (за ГОСТ 5916-70), високі (за ГОСТ 15523-70 та ГОСТ 15524-70) та особливо високі (за ГОСТ 15525-70) і мати підвищену, нормальну або грубу точність (відповідно класи точності *A*, *B* та *C*).

Найширше застосовують гайки за ГОСТ 5915-70. Їх виготовляють трьох виконів: викін 1 — з двома конічними фасками (рис. 9.4, *а*), викін 2 — з однією конічною фаскою (рис. 9.4, *б*), викін 3 — з виступом з одного торця (рис. 9.4, *в*).

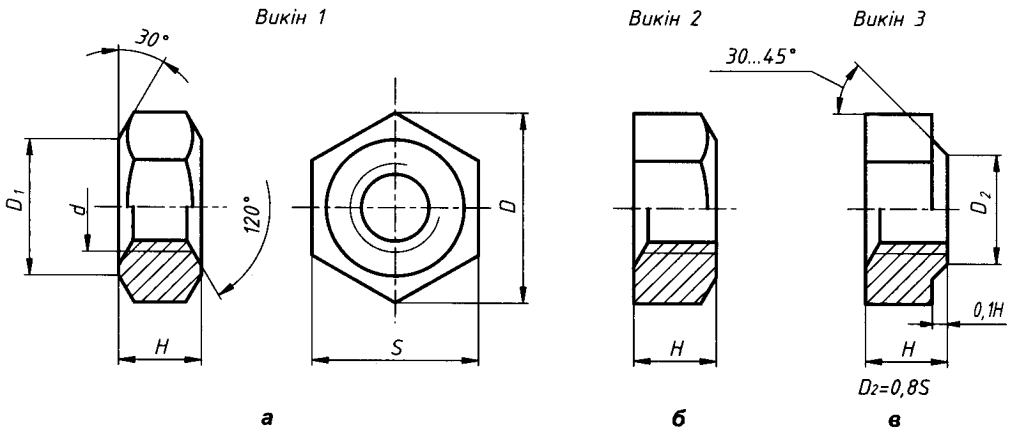


Рис. 9.4

Приклади умовних познач гайок:

- Гайка *M12-6H.12 ГОСТ 5915-70* — гайка викону 1, з діаметром нарізі 12 мм, з великим кроком, з полем допуску *6H*, класу міцності 12, без покриву.
- Гайка *2M12×1,25-6H.12.016 ГОСТ 5915-70* — гайка викону 2, з нарізю діаметром 12 мм та дрібним кроком 1,25 мм, з полем допуску *6H*, класу міцності 12, з покривом 01 (цинкове з хроматуванням) завтовшки 6 мкм.

Шайба являє собою кільце, яке підкладають під гайку або головку болта (гвинта). Площина шайби збільшує опорну поверхню та захищає деталь від пошкоджень

під час загвинчування гайки ключем. З метою запобігання саморозгвинчуванню нарізевих з'єднань в разі ударів і вібрацій застосовують пружинні та стопорні шайби.

Круглі шайби за ГОСТ 11371–78 мають два викони (рис. 9.5): викін 1 — без фаски, викін 2 — з фаскою. Внутрішній діаметр шайби завжди на 0,2...2 мм більший за діаметр нарізі на стрижні, на який шайбу надівають.

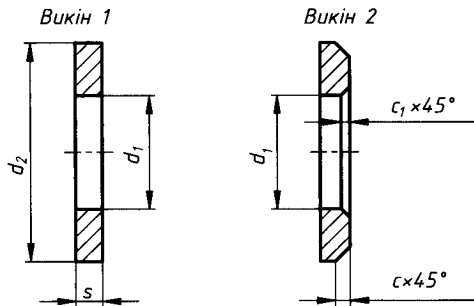


Рис. 9.5

Матеріали, з яких виготовляють шайби, умовно поділяють на групи: наприклад, сталь марки Ст.3 входить до групи 02, а сталь марки 45 — до групи 06.

Приклади умовних познач шайб:

- Шайба 12.02.019 ГОСТ 11371–78 — шайба викону 1 для кріпильної деталі з діаметром нарізі 12 мм, з матеріалу групи 02, з покритвом 01 завтовшки 9 мкм;
- Шайба 2.12.02.019 ГОСТ 11371–78 — аналогічна шайба, але викону 2.

Зображення нарізевих з'єднань виконують відповідно до вимог чинних стандартів. Розрізняють конструктивне, спрощене та умовне зображення нарізевих з'єднань. У разі конструктивного зображення нарізевих з'єднань кріпильні деталі креслять за розмірами, які є функцією зовнішнього діаметра d нарізі. Ці розміри використовують тільки для побудови зображень, і на робочих креслениках кріпильних виробів їх наносити не можна.

Спрощені та умовні зображення регламентовано ГОСТ 2.315–68. Їх дозволено використовувати на складальних креслениках та креслениках загального виду. На спрощених зображеннях фаски, скруглення, а також зазори між стрижнем і отвором не показують. На видах, отриманих проєкціюванням на площину, перпендикулярну до осі нарізі, нарізь на стрижні зображають одним колом, що відповідає її зовнішньому діаметру.

У випадках, коли на кресленику діаметри стрижнів кріпильних виробів не перевищують 2 мм, застосовують умовні зображення нарізевих з'єднань, на яких кріпильні деталі зображають спеціальними знаками.

З'єднання болтом. Конструктивне та спрощене зображення з'єднання болтом показані на рис. 9.6 (відповідно *a* та *б*).

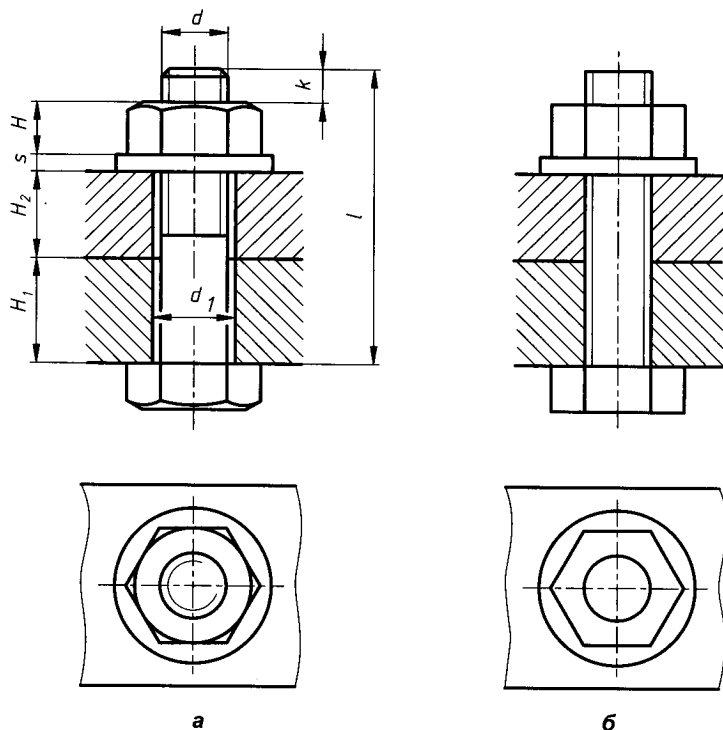


Рис. 9.6

У разі виконання з'єднання болтом у деталях, які потрібно з'єднати, свердлять співвісні наскрізні отвори. В отвори вставляють болт, на нарізевий кінець якого надівають шайбу та нагвинчують гайку. Для полегшення складання діаметри наскрізних отворів під болти мають бути дещо більшими за діаметри стрижнів болтів. ГОСТ 11284–75 встановлює значення діаметрів наскрізних отворів залежно від значень діаметра стрижня кріпильної деталі. Три ряди значень визначають отвір залежно від потрібної точності з'єднання.

Довжину болта l (під нею розуміють довжину його стрижня) розраховують за формулою $l = H_1 + H_2 + H + k + s$, де H_1 та H_2 — товщини деталей, що їх з'єднують; H — висота гайки, $H = 0,8d$; k — довжина виходу стрижня болта за гайку, $k = (0,25 \dots 0,5)d$; s — товщина шайби, $s = 0,15d$. Розрахункову довжину болта заокруглюють до найближчого стандартного значення.

З'єднання шпилькою. У разі з'єднання шпилькою в одній з деталей виконують глухий отвір з нарізною — гніздо під шпильку, а в іншій — наскрізний отвір із більшим діаметром (за ГОСТ 11284–75). Шпильку вгвинчують посадочним кінцем у гніздо, на гайковий кінець надівають другу деталь, зверху деталі надівають шайбу та нагвинчують гайку. Конструктивне та спрощене зображення з'єднання шпилькою показані на рис. 9.7 (відповідно *a* та *б*).

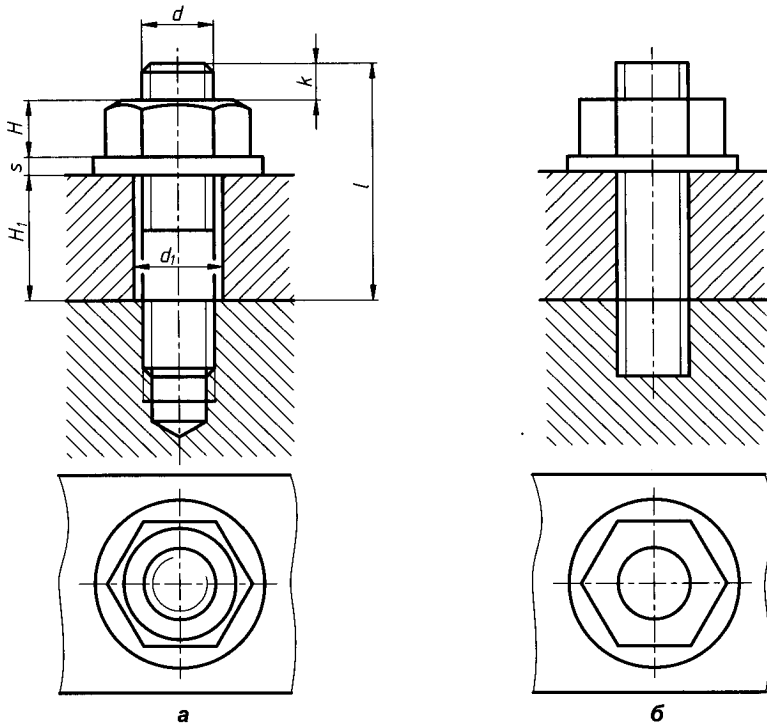


Рис. 9.7

Довжину шпильки l (під нею розуміють ту частину шпильки, на яку надівають деталь та нагвинчують гайку) розраховують за формулою $l = H_1 + H + s + k$, де H_1 — товщина деталі, яку надівають на шпильку; H — висота гайки, $H = 0,8d$; s — товщина шайби, $s = 0,15d$; k — довжина виходу стрижня болта за гайку, $k = (0,25 \dots 0,5)d$. Розрахункову довжину болта заокруглюють до найближчого стандартного значення.

З'єднання гвинтом. Приклади конструктивного та спрощеного зображень з'єднань гвинтами з циліндричною та напівкруглою головками показані відповідно на рис. 9.8 та 9.9 (*а* — конструктивне зображення, *б* — спрощене). Одна з деталей, що їх з'єднують, має гніздо з нарізю, а інша — наскрізний отвір із дещо більшим діаметром. Якщо застосовують гвинт із потайною (рис. 9.10) або напівпотайною (рис. 9.11) головками, то на відповідному боці деталі роблять зенкування під головку гвинта. Гвинт пропускають через наскрізний отвір і вгвинчують у гніздо. Межа нарізі гвинта має бути дещо вище за лінію рознімання деталей.

Довжину l гвинта складають довжина l_1 вгвинченого нарізевого кінця та товщина H_1 деталі, яку приєднують. Довжину нарізевого кінця вибирають залежно від матеріалу деталі аналогічно до того, як це роблять для шпильки. Отримане розрахункове значення довжини гвинта заокруглюють до найближчого стандартного.

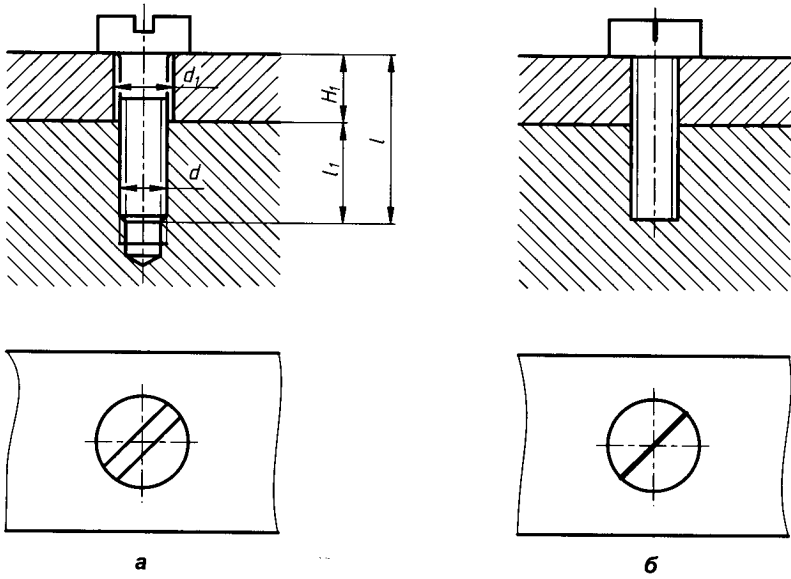


Рис. 9.8

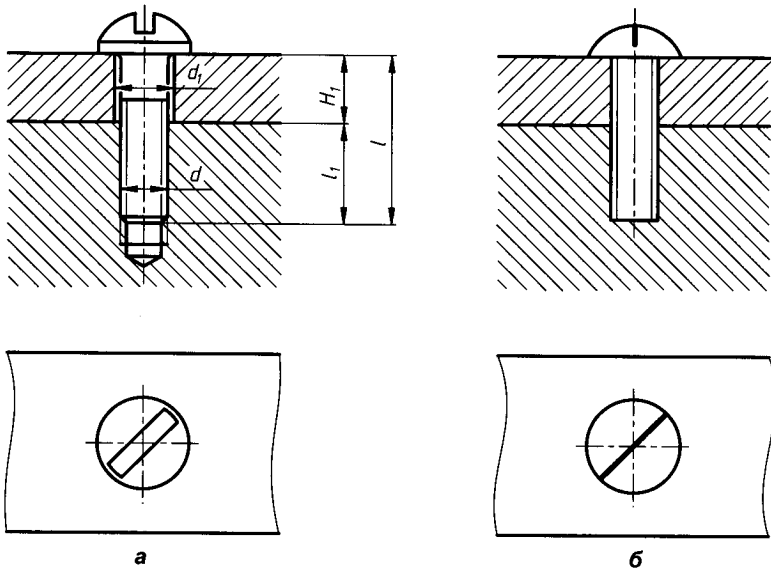


Рис. 9.9

На спрощених зображеннях шліці на головках гвинтів слід зображати однією суцільною лінією: на одному виді по осі гвинта, на іншому — під кутом 45° до рамки кресленика.

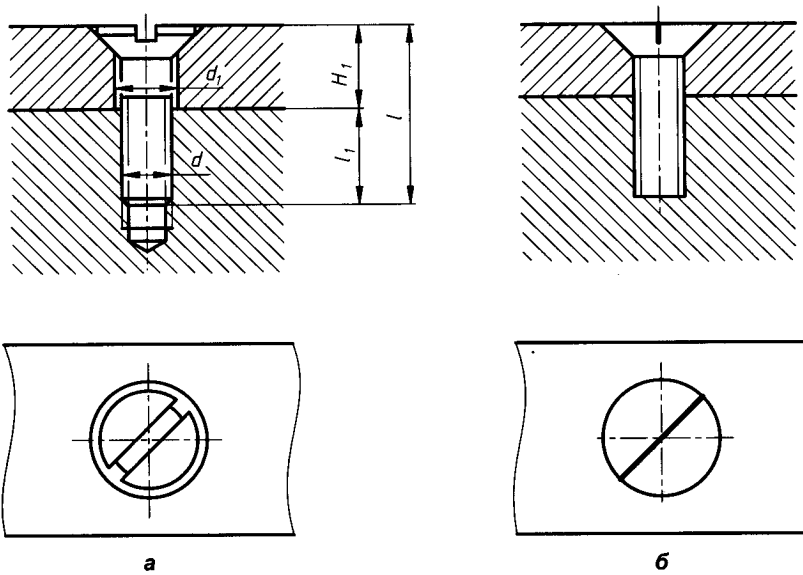


Рис. 9.10

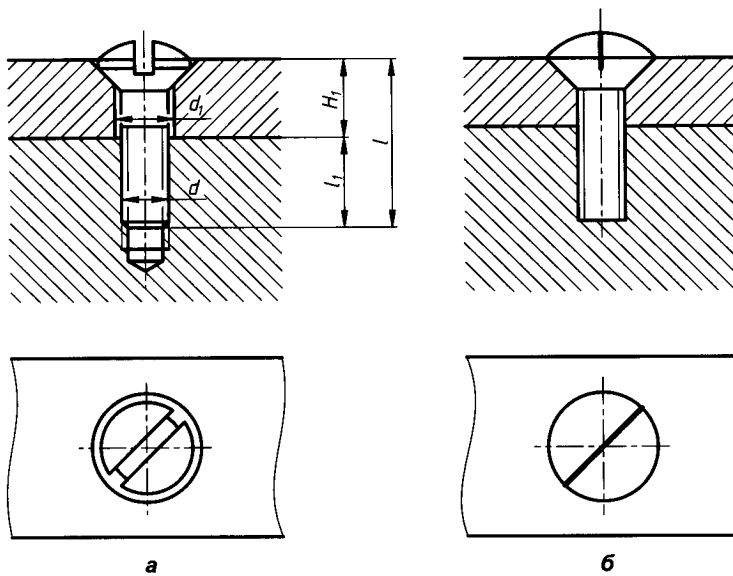


Рис. 9.11

9.2. Шпонкові та шліцьові з'єднання

Шпонкові з'єднання призначені для з'єднання валів з насадженими на них деталями (зубчастими колесами, шківками, маховиками тощо) за допомогою шпонок (рис. 9.12).

У з'єднанні шпонка заходить водночас у пази обох сполучуваних деталей, завдяки чому здійснюється передача крутильного моменту від однієї деталі до іншої. Шпонкове з'єднання складається як мінімум із трьох деталей: вала, втулки (коlesa, шківa тощо) та шпонки.

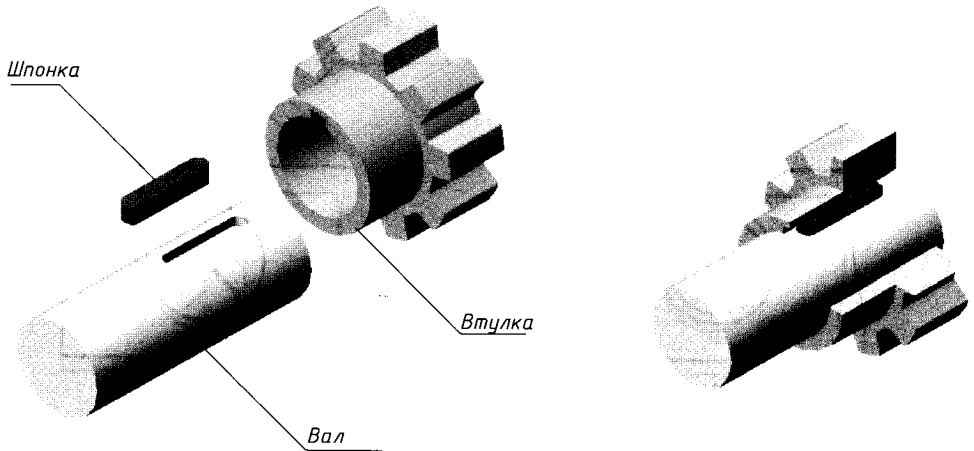


Рис. 9.12

Залежно від конструкції розрізняють такі шпонки: призматичні за ГОСТ 23360–78 (рис. 9.13), сегментні за ГОСТ 24071–97 (рис. 9.14) та клинові за ГОСТ 24068–80 (рис. 9.15). Призматичні шпонки можуть мати три викони: 1 – із заокругленими торцями, 2 – з плоскими торцями, 3 – з одним плоским торцем. Для сегментних шпонок стандартом передбачено два викони: 1 – нормальної форми, 2 – низької. Два викони передбачено і для клинових шпонок: 1 – з головкою, 2 – без головки.

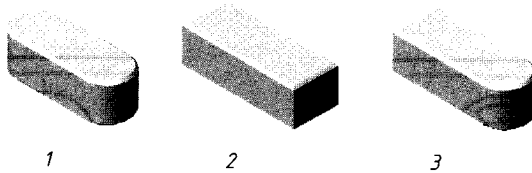


Рис. 9.13

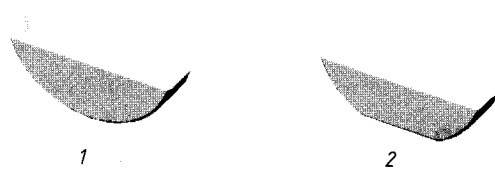


Рис. 9.14

Розміри елементів шпонкового з'єднання залежать від зусиль, що виникають у з'єднанні під час передавання крутильного моменту. В особливо відповідальних

випадках для їх вибору проводять розрахунок з'єднання на міцність, в основному ж дотримуються рекомендацій відповідних стандартів і призначають розміри шпонок та пазів за наведеними у стандартах таблицями залежно від діаметра вала в місці встановлення шпонки.

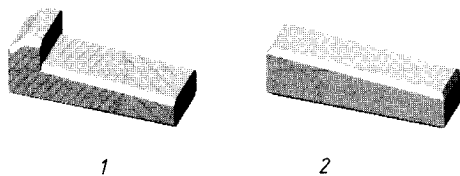


Рис. 9.15

Умовні позначки шпонок визначаються стандартами і містять: назву, викін (викін 1 не зазначають), розміри (ширину, висоту, довжину), номер стандарту. Приклади умовних позначок:

- Шпонка $10 \times 8 \times 60$ ГОСТ 23360–78 — призматична, першого викону, з розмірами поперечного перерізу 10×8 мм, довжиною 60 мм;
- Шпонка $2.10 \times 8 \times 60$ ГОСТ 23360–78 — шпонка з такими самими розмірами викону 2.

Зображення шпонкових з'єднань виконують за загальними правилами. Якщо вал не пустотілий, то в повздовжньому розрізі з'єднання поблизу місця встановлення шпонки виконують місцевий розріз вала. Шпонку показують нерозітнутою. На зображенні з'єднання призматичною шпонкою зазор між неробочими поверхнями (основною паза у втулці та виступною поверхнею шпонки) показують збільшеним так, щоб між лініями, що є проєкціями цих поверхонь, була відстань не менше 0,8 мм. На рис. 9.16–9.18 показані зображення з'єднань деталей відповідно призматичною, сегментною та клинковою шпонками.

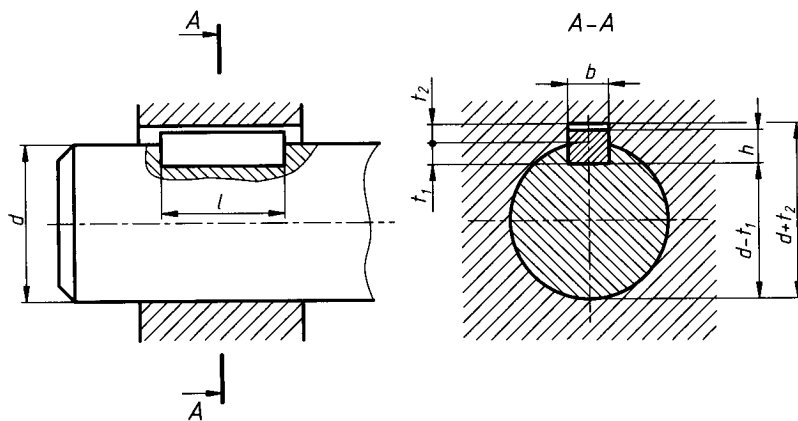


Рис. 9.16

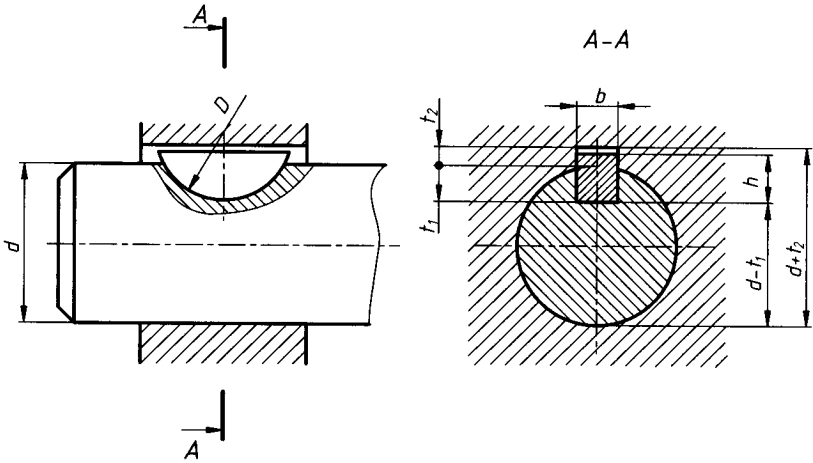


Рис. 9.17

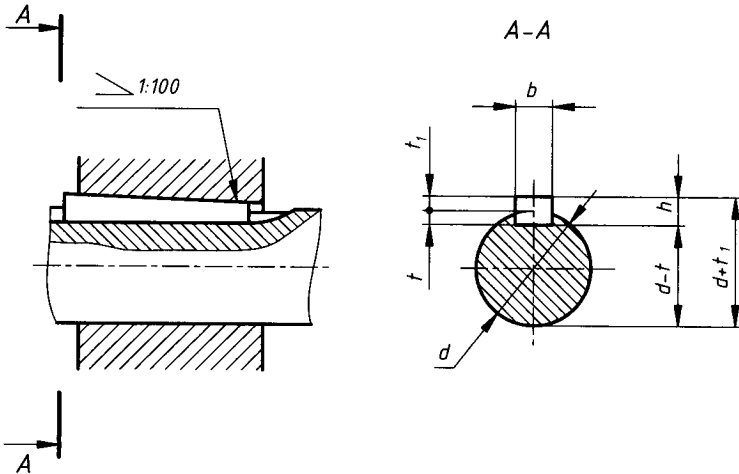


Рис. 9.18

З'єднання шліцьові (зубчасті) утворюються шліцами (зубцями) на валу та відповідними пазами у ступиці насадженої на нього деталі (рис. 9.19). Їх можна розглядати як багатошпонкові з'єднання, у яких шпонки виконані разом з валом і розташовані паралельно до його осі. Шліцьові з'єднання характеризуються значною міцністю і можуть передавати більші зусилля та забезпечувати краще центрування вала та втулки порівняно зі шпонковими.

За формою поперечного перерізу розрізняють прямобічні, евольвентні та трикутні шліці (відповідно рис. 9.20, а, б та в). Параметри елементів шліцьових з'єднань із прямобічним та евольвентним профілями шліців стандартизовано (відповідно ГОСТ 1139–80 та ГОСТ 6033–80). Для прямобічних шліцьових з'єднань стандарт передбачає три серії з'єднань — легку, середню та важку, які відрізняються одна від одної висотою та кількістю шліців.

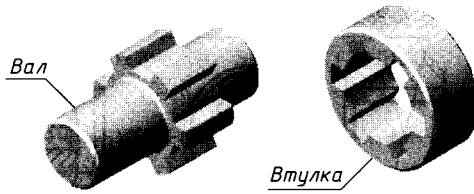


Рис. 9.19

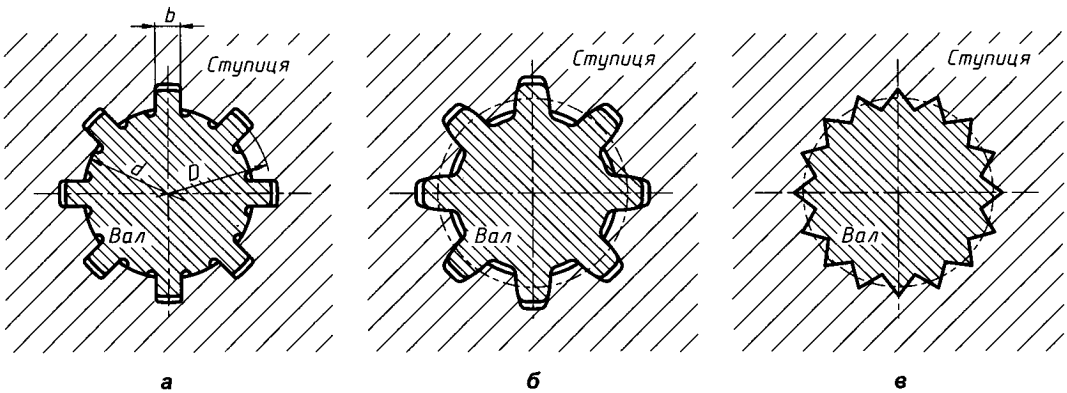


Рис. 9.20

Центрування втулки на валу можна здійснювати за допомогою стикання по зовнішньому діаметру D (з утворенням зазору по внутрішньому діаметру), по внутрішньому діаметру d (з утворенням зазору по зовнішньому діаметру) та по бічних гранях b шліців (з утворенням зазорів по зовнішньому та внутрішньому діаметрах).

На креслениках шліцьові з'єднання та їх елементи зображають умовно за ГОСТ 2.409–74. Кола та твірні поверхонь виступів (шліців) валів і отворів показують суцільними товстими лініями, а западин — суцільними тонкими. Межу шліцьової поверхні, між шліцями повного профілю та збігом, а також сам збіг показують суцільними тонкими лініями. У повздовжньому розрізі поверхні як виступів, так і западин зображають суцільними товстими лініями, а у поперечному розрізі коло западин зображають тонкою лінією. У разі зображення шліцьових з'єднань та їх елементів, що мають евольвентний або трикутний профіль, ділильні кола та твірні ділильних поверхонь показують штрихово-пунктирною тонкою лінією. На площині, перпендикулярній до осі шліцьового вала чи отвору, показують профіль одного виступу та двох западин, а фаски на кінці вала та в отворі не показують. На повздовжніх розрізах виступи умовно суміщають із площиною кресленика та показують нерозітнутими, а у з'єднаннях в отворі показують тільки ту частину виступів, яка не закрита валом. На рис. 9.21, *а, б* та *в* наведено приклади умовних зображень прямобічних шліців відповідно на валу, в отворі та у з'єднанні. Аналогічні зображення для евольвентних шліців показані на рис. 9.22, *а, в*.

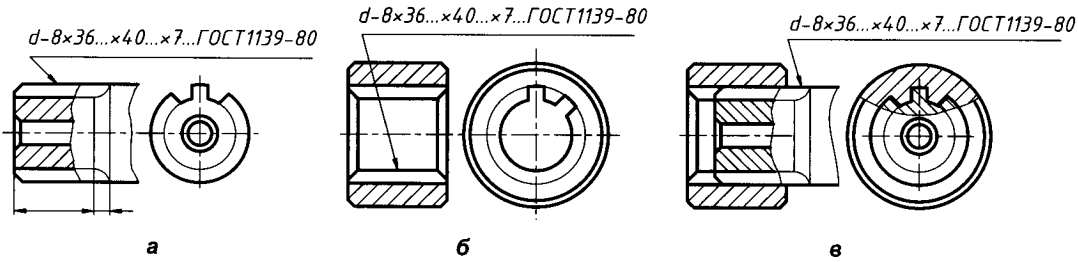


Рис. 9.21

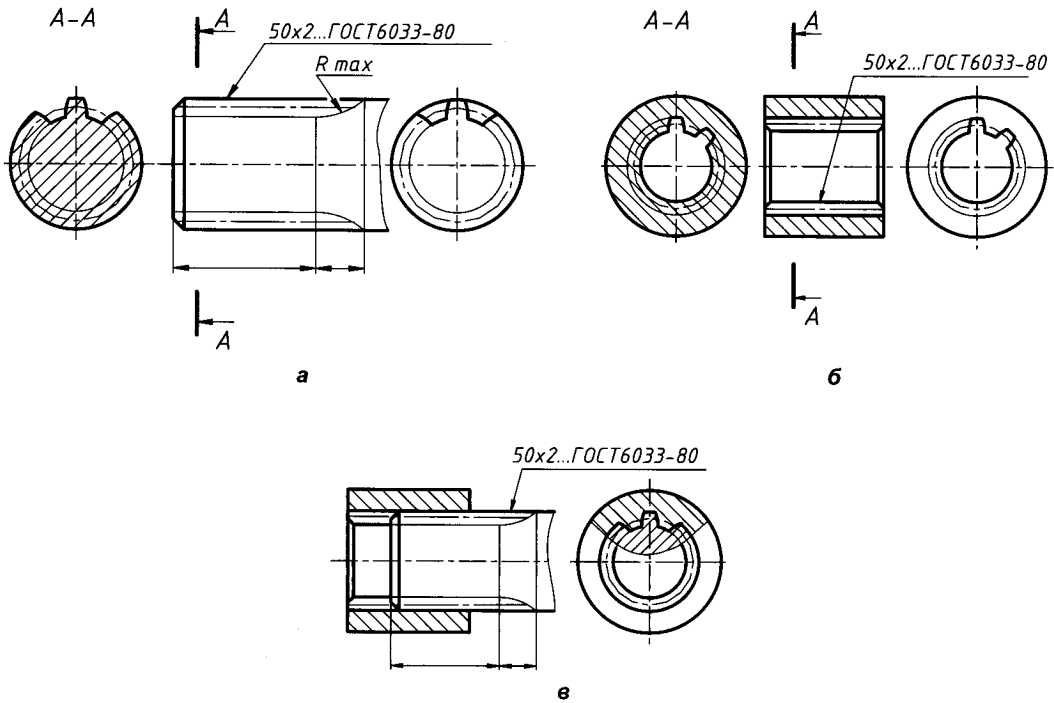


Рис. 9.22

На креслениках шліцьових деталей (вала, втулки), а також кресленику їх з'єднання наносять умовну позначку, яку розташовують на полиці лінії-виноски. Умовна позначка деталей і з'єднань для прямобічного профілю відповідно до ГОСТ 1139–80 має містити літеру, що позначає поверхню центрування, кількість шліців, внутрішній діаметр d , зовнішній діаметр D , ширину шліца b , посадку (на складальному кресленику та кресленику загального виду) або допуск на розмір (на кресленику деталі), а також номер стандарту. Наприклад, умовна позначка для шліцьового вала з прямобічними шліцями, із центруванням по внутрішньому діаметру d , з кількістю шліців $z = 8$, внутрішнім діаметром $d = 36$ і полем допуску $e8$, зовнішнім діаметром $D = 40$ та полем допуску $a11$, шириною шліца $b = 7$ і полем

допуску f_8 така: $d-8 \times 36e8 \times 40a11 \times 7f8$ ГОСТ 1139-80. На навчальних креслениках допуски на розміри та посадки можна не проставляти.

Умовна позначка на креслениках евольвентного шліцевого вала, втулки та їх з'єднання має містити значення номінального діаметра з'єднання D , значення модуля m , посадки (на складальному кресленику та кресленику загального виду) або допуск на розмір (на кресленику деталі), а також номер стандарту. Кількість шліців у позначці не зазначають, оскільки вона залежить від значень D та m . Наприклад, для з'єднання з номінальним (зовнішнім) діаметром $D = 50$ мм і модулем $m = 2$ мм умовна позначка матиме такий вигляд:

- у разі центрування по зовнішньому діаметру: $50 \times H7/h6 \times 2$ ГОСТ 6033-80;
- у разі центрування по внутрішньому діаметру: $50 \times 2 \times H7/h6$ ГОСТ 6033-80;
- у разі центрування по бічних сторонах: $50 \times 2 \times 9H/9g$ ГОСТ 6033-80.

9.3. Зубчасті зачеплення

Зубчасті зачеплення належать до передач (рухомих з'єднань). Вони призначені для передавання руху від однієї ланки механізму до іншої. Складовими частинами зубчастих передач є зубчасті колеса, черв'яки, рейки. Передавання руху здійснюється за допомогою зачеплення зубців двох сполучених зубчастих коліс або черв'ячної пари. Зубчасте колесо з меншою кількістю зубців прийнято називати шестернею, а з більшою — колесом. За однакової кількості зубців шестернею називають ведуче зубчасте колесо, а колесом — ведене. Літерні позначки параметрів, спільних для шестерні та колеса, записують відповідно з індексами 1 і 2.

Залежно від взаємного розташування осей ведучої та веденої ланок застосовують різні передачі: циліндричні — у разі паралельних осей (рис. 9.23), конічні — у разі осей, що перетинаються (рис. 9.24), черв'ячні — у разі мимобіжних осей (рис. 9.25).

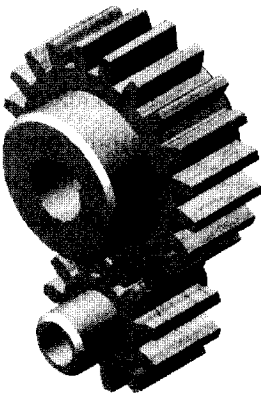


Рис. 9.23

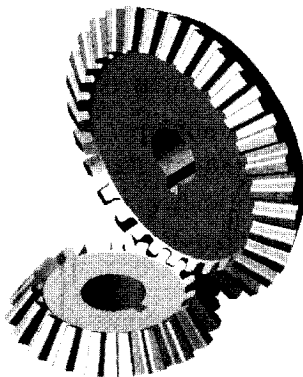


Рис. 9.24

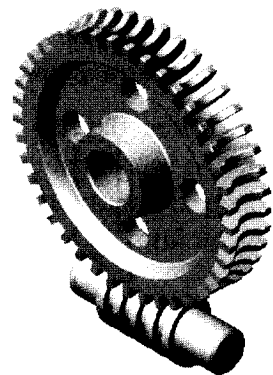


Рис. 9.25

Для перетворення обертального руху на поступальний (рідше навпаки) застосовують зубчато-рейкову передачу (рис. 9.26), яка є окремим випадком циліндричної зубчастої передачі.

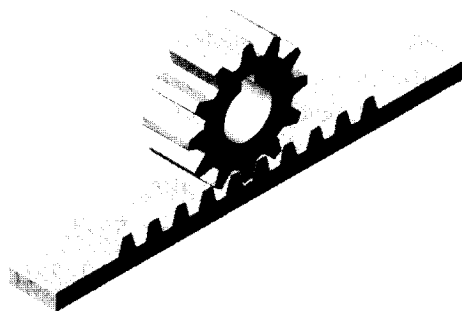


Рис. 9.26

Залежно від розміщення зубців на ободі коліс розрізняють прямозубі передачі, косозубі, шевронні, з круговими зубцями. Залежно від форми та профілю зуба передачі бувають евольвентні, циклоїдальні, із зачепленням Новикова.

У більшості механізмів і машин застосовують зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням, тобто із зубчастими колесами, у яких зубці нарізано на зовнішніх поверхнях; рідше застосовують передачі з внутрішнім зачепленням, коли на одному колесі зубці нарізано на внутрішній поверхні.

У разі виконання креслеників зубчастих коліс, рейок, черв'яків, а також складальних креслеників, що містять зазначені деталі, застосовують умовні зображення. Загальні правила побудови цих зображень регламентовані ГОСТ 2.402–68 і зводяться до такого:

- зубці зубчастих коліс та витки черв'яків зображують у осьових розрізах та перерізах (рис. 9.27, а), зубці рейок — у поперечних (рис. 9.28); у решті випадків зубці та витки не показують, а зображувані деталі обмежують поверхнями виступів; якщо необхідно показати профіль зуба чи витка, їх зображують на виносному елементі, допускається проказувати їх на обмеженій ділянці зображення деталі (рис. 9.27, б);

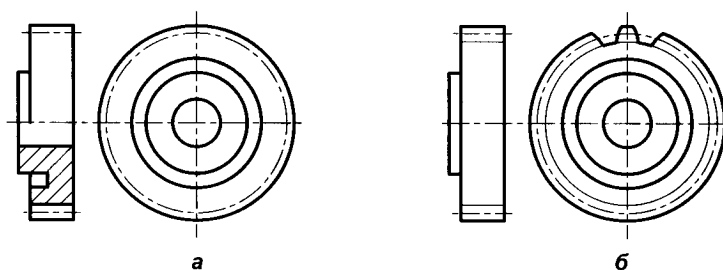


Рис. 9.27

- кола та твірні поверхонь виступів зубців та витків показують суцільними основними лініями (див. рис. 9.27), в тому числі й у зоні зачеплення (рис. 9.29);

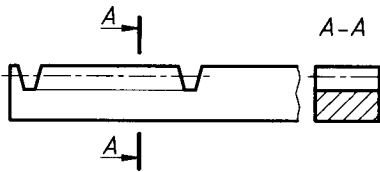


Рис. 9.28

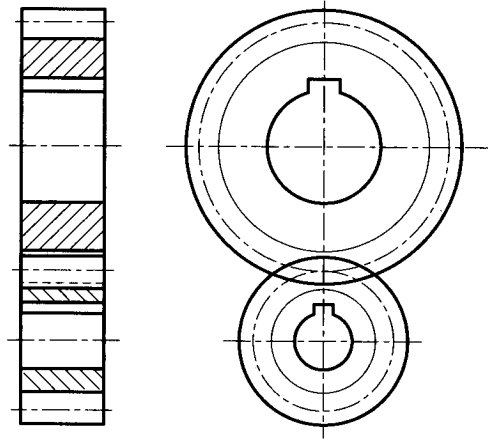


Рис. 9.29

- кола та твірні поверхонь западин зубців та витків у розрізах і перерізах показують по усій довжині суцільними товстими лініями (див. рис. 9.29); на видах їх допускається показувати суцільними тонкими лініями (див. рис. 9.27, б та рис. 9.28);
- на креслениках зубчастих коліс, рейок, черв'яків показують ділильні кола, ділильні лінії, твірні ділильних поверхонь (циліндрів, конусів) та кола більших основ ділильних конусів; на складальних креслениках зубчастих та черв'ячних передач показують початкові кола, початкові лінії, твірні початкових поверхонь та кола більших основ початкових конусів; ділильні та початкові кола і лінії, твірні ділильних і початкових поверхонь, кола більших основ ділильних і початкових конусів показують штрихово-пунктирними тонкими лініями (див. рис. 9.27–9.29);
- на осьових розрізах і перерізах зубчастих коліс, а також на поперечних розрізах і перерізах рейок та черв'яків зубці та витки умовно суміщають з площиною кресленика і показують нерозітненими (див. рис. 9.27–9.29);
- якщо січна площина проходить перпендикулярно до осі зубчастого колеса, вздовж черв'яка чи вздовж рейки, то зубчасті колеса, черв'яки і рейки, як правило, показують нерозітненими; у разі необхідності показати їх розітненими застосовують місцевий розріз і проводять штриховку до ліній поверхні западин;
- якщо січна площина проходить через осі обох зубчастих коліс, що перебувають у зачепленні, то на розрізі в зоні зачеплення зуб одного з коліс (переважно ведучого) показують розташованим перед зубом сполучуваного з ним

колеса (див. рис. 9.29); якщо січна площина проходить через вісь черв'ячного колеса чи черв'яка, то виток черв'яка показують перед зубом колеса; якщо січна площина проходить через вісь зубчастого колеса рейкового зачеплення, то зуб колеса показують перед зубом рейки; у названих випадках невидимі контури допускається не наносити, якщо це не ускладнює читання кресленника.

Правила виконання креслеників зубчастих коліс, рейок, черв'яків у частині зазначення параметрів зубчастого вінця регламентовані низкою стандартів, а саме: ГОСТ 2.403–75 визначає правила виконання креслеників евольвентних циліндричних зубчастих коліс, ГОСТ 2.404–75 — зубчастих рейок, ГОСТ 2.405–75 — конічних зубчастих коліс, ГОСТ 2.406–76 — циліндричних черв'яків і черв'ячних коліс. Згідно з положеннями вказаних стандартів параметри зубчастого вінця зазначають у обов'язковій таблиці, яку розташовують у правій верхній частині кресленника, як показано на рис. 9.30. Таблиця параметрів має складатися з трьох частин, які мають бути відділені одна від одної суцільними основними лініями: перша частина — основні дані; друга частина — дані для контролю; третя — довідкові дані. Тип даних, що їх зазначають у кожній з частин таблиці, регламентовано для кожного виду деталі відповідним стандартом. Таблиця, наведена на рис. 9.30, є прикладом зазначення параметрів (відповідно до ГОСТ 2.404–75) зубчастого вінця на кресленнику прямозубої зубчастої рейки зі стандартним вихідним контуром. На навчальних кресленниках у таблицях зазвичай зазначають лише основні параметри.

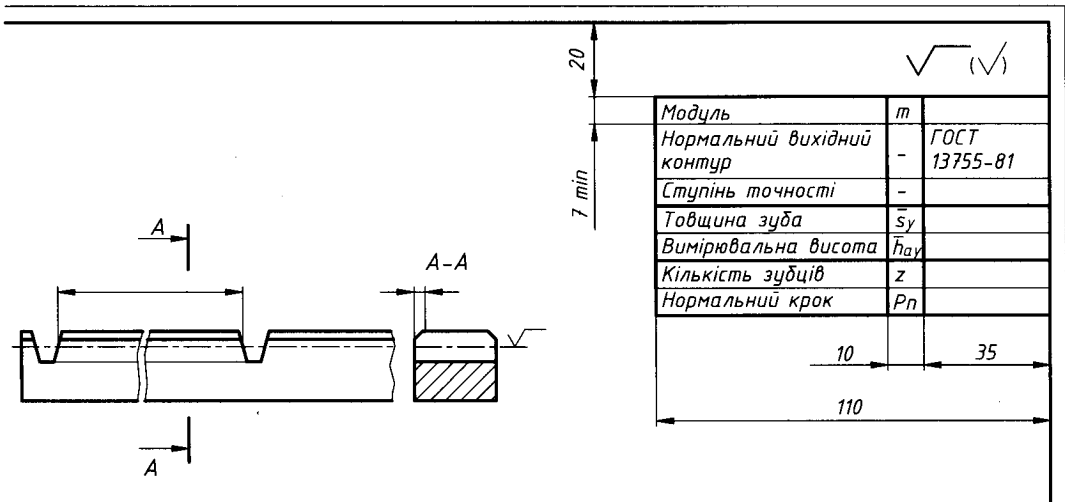


Рис. 9.30

На рис. 9.31 наведено приклад кресленника прямозубого циліндричного колеса. Одним з основних параметрів такого колеса є діаметр d діляльного кола, який слугує базою для визначення елементів зубців та їх розмірів.

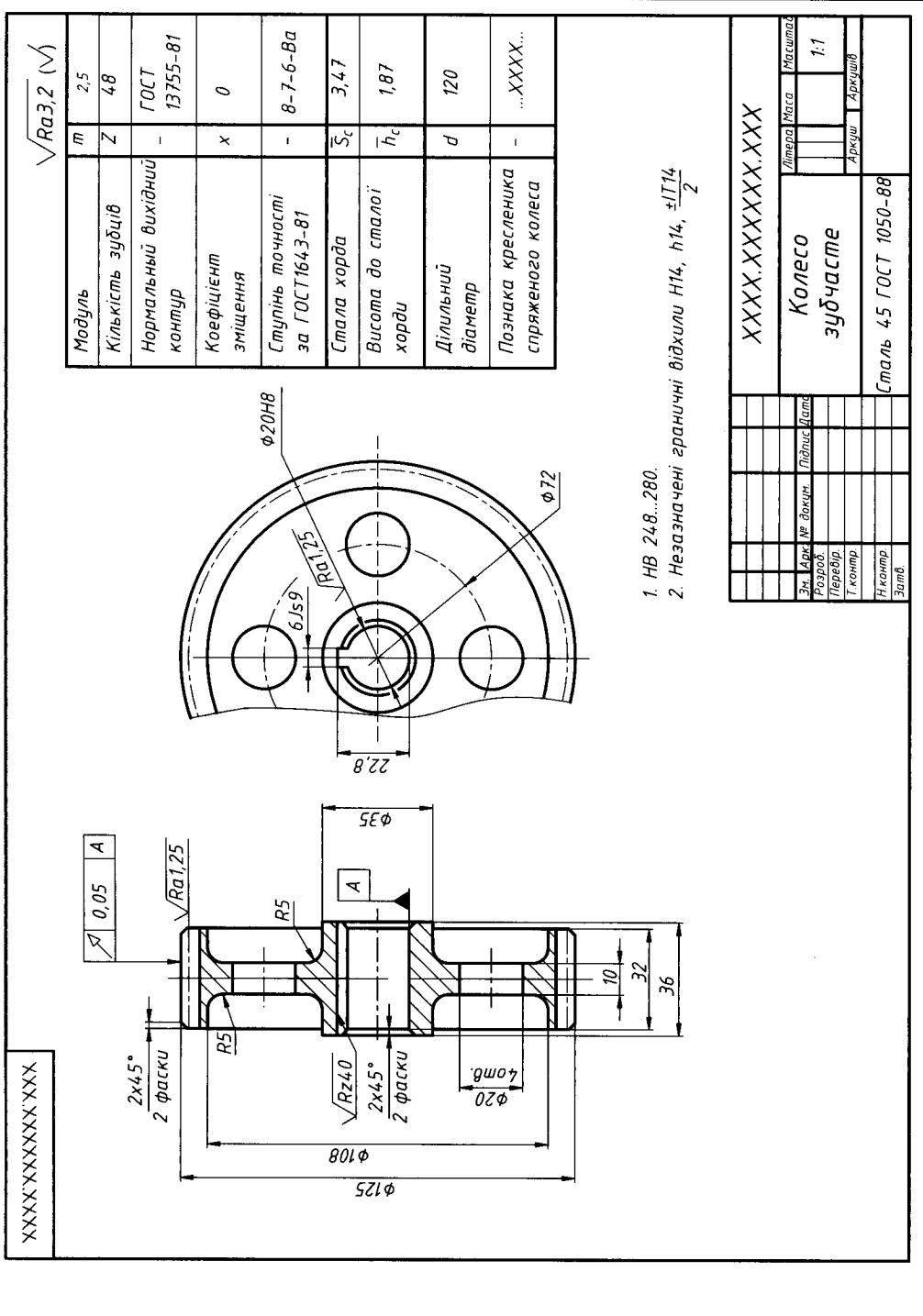


Рис. 9.31

Відстань уздовж дуги ділильного кола між сусідніми зубцями колеса визначає коловий ділильний крок P_t зубців: $P_t = \pi d/z$. Величину, у π разів меншу за коловий ділильний крок, називають *модулем* і позначають літерою m : $m = P_t/\pi$. Інакше модуль можна визначити як частину діаметра ділильного кола, що припадає на один зуб колеса: $m = d/z$. Значення модулів стандартизовано. ГОСТ 9563–60 передбачає два ряди модулів:

- ряд 1: 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16;
- ряд 2: 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14.

Першому ряду слід надавати перевагу над другим.

Ділильне коло ділить висоту h зуба на дві нерівні частини: $h = h_a + h_f$, де h_a – висота головки зуба, $h_a = m$, h_f – висота ніжки зуба, $h_f = 1,25 m$.

Діаметр кола виступів зубців: $d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$.

Діаметр кола западин: $d_f = d - 2h_f = m(z - 2,5)$.

9.4. Зварні з'єднання

Зварне з'єднання – це нерознімне з'єднання заготованок, яке виконують зварюванням.

Терміни та визначення основних понять, що стосуються зварювання, встановлено ДСТУ 3761.1–98 – ДСТУ 3761.5–98. Згідно з ДСТУ 3761.2–98 *зварювання* – це технологічний процес отримання нерознімного з'єднання між заготованками за допомогою нагрівання та плавлення чи (і) пластичного деформування стисканням заготованок у місцях з'єднання.

Існує велика кількість способів зварювання, які класифікують за різними ознаками. ГОСТ 19521–74 встановлює класифікацію зварювання металів за основними фізичними, технічними та технологічними ознаками. До фізичних ознак належать форма енергії, що її використовують для отримання зварного з'єднання, та вид джерела енергії, який безпосередньо використовують. Залежно від форми енергії зварювання поділяють на три класи: термічний, термомеханічний та механічний. До термічного класу зварювання належать види зварювання, що їх здійснюють плавленням з використанням теплової енергії; до термомеханічного класу – такі, що їх здійснюють з використанням теплової енергії та тиску; до механічного – такі, що їх здійснюють з використанням механічної енергії та тиску. У середині кожного класу залежно від джерела енергії, що його безпосередньо використовують для отримання зварного з'єднання, зварювання поділяють на види. Наприклад, до термічного класу належать 11 видів зварювання, серед яких дугове, електронно-променеве, газове та ін.

До технічних ознак, за якими класифікують зварювання, належать спосіб захисту металу в зоні зварювання (у вакуумі, у захисному газі, під флюсом тощо), а також

ступінь механізації процесів зварювання (ручне, механізоване, автоматизоване й автоматичне зварювання). Класифікація за технологічними ознаками встановлена окремо для кожного виду зварювання.

Ділянка зварного з'єднання, яка утворилася внаслідок оплавлення та кристалізації металу з'єднуваних поверхонь, або внаслідок їхньої пластичної деформації під час зварювання тиском, або внаслідок поєднання оплавлення, кристалізації та деформації з'єднуваних поверхонь, називається *зварним швом*.

Залежно від взаємного розташування заготовок, що їх зварюють, розрізняють стикові з'єднання (рис. 9.32, а), кутові (рис. 9.32, б), внапусток (рис. 9.32, в), Т-подібні (інакше таврові) (рис. 9.32, г), торцеві (рис. 9.32, д). В умовній позначці шва їх відповідно зазначають літерами С, У, Н, Т, Тр.

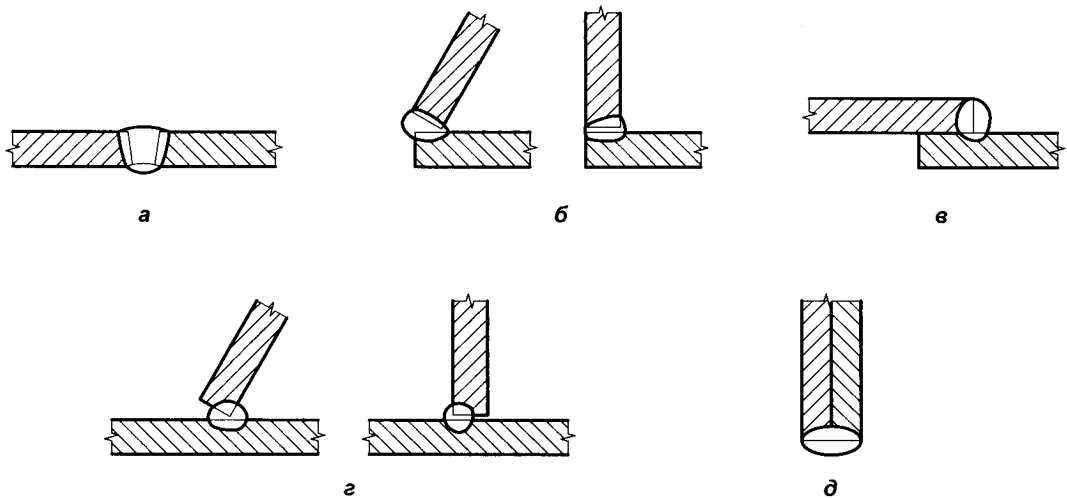


Рис. 9.32

Вид з'єднання визначає і вид зварного шва. Зварні шви поділяються на стикові (шви стикових з'єднань), кутові (шви кутових з'єднань, Т-подібних та з'єднань внапусток), точкові (у яких зв'язок між з'єднуваними поверхнями у разі з'єднання внапусток здійснюється проплавами округлої форми).

Зварні шви можуть бути безперервними (виконаними по усій довжині з'єднуваних крайок заготовок) або переривчастими (виконаними з установленими проміжками нез'єданого металу по довжині з'єднуваних крайок заготовок). У свою чергу, двобічні переривчасті та точкові шви можуть бути ланцюговими (у яких зварені ділянки та проміжки між ними розташовані з протилежних боків з'єднання один проти одного) та шаховими (у яких проміжки нез'єданого металу з одного боку з'єднання розташовані проти зварених ділянок шва з протилежного боку). Залежно від технології зварювання, розташування шва та товщини заготовок, що їх зварюють, зварні шви можуть виконуватися без підготовки крайок (рис. 9. 33, а)

і з їх підготовкою — з відбортовуванням (рис. 9.33, б), зі скосом однієї (рис. 9.33, в) чи обох (рис. 9.33, г) крайок.

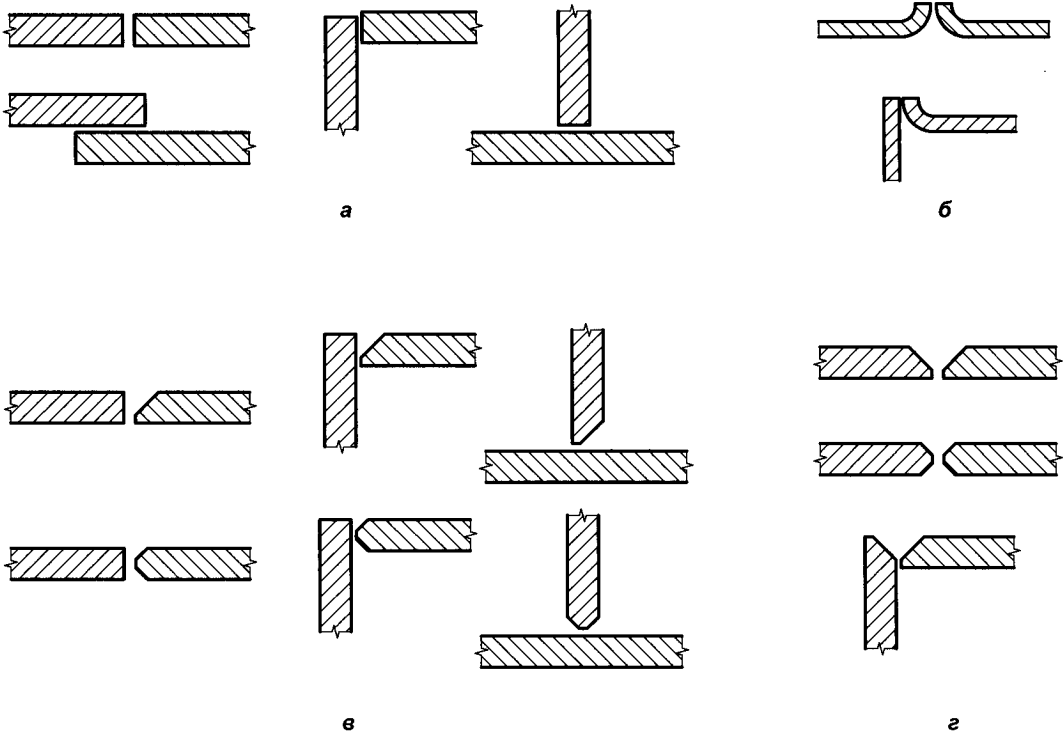


Рис. 9.33

За формою зовнішньої поверхні зварні шви можуть бути плоскими, увігнутими чи випуклими. Форма зварного шва впливає на його фізико-механічні властивості. Різкий перехід від основного металу до зварного шва в разі концентрованих напружень може призвести до руйнування з'єднання. Тому в ході виготовлення відповідальних конструкцій випуклості на швах знімають механічним способом.

На креслениках зварні шви зображають умовно відповідно до ДСТУ 2222–93 та ГОСТ 2.312–72.

Видимі зварні шви, незалежно від способу зварювання, зображають суцільними товстими лініями (рис. 9.34, а), а невидимі — штриховими (рис. 9.34, б). Видиму одиночну зварну точку зображають знаком «+» (рис. 9.35, а), який виконують суцільною товстою лінією в розмірах, зазначених на рис. 9.35, б; невидимі точки не зображають.

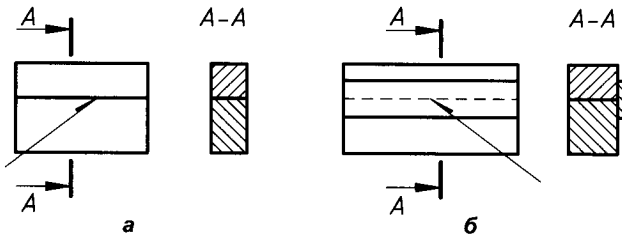


Рис. 9.34

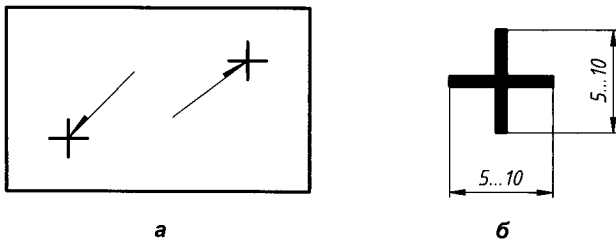


Рис. 9.35

Від зображення шва чи одиночної точки проводять лінію-виноску з однією стрілкою (див. рис. 9.34, 9.35, *a*). Для нанесення умовної позначки зварного шва до лінії-виноски додають полицю. Умовну позначку шва наносять на полицю лінії-виноски, проведеної від зображення шва з лицьового боку (рис. 9.36, *a*) і під полицю лінії виноски, проведеної від зображення шва зі зворотного боку (рис. 9.36, *б*). За лицьовий бік беруть: для однієї шва — бік, з якого виконують зварювання; для двобічного шва з несиметрично підготовленими крайками — бік, з якого виконують зварювання основного шва; для двобічного шва із симетрично підготовленими крайками можна взяти будь-який бік.

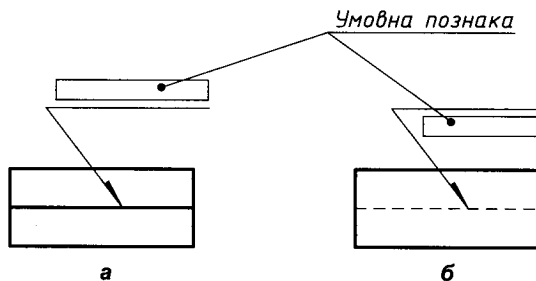


Рис. 9.36

Структура умовної позначки зварного шва в загальному випадку має містити:

- допоміжні знаки: \bigcirc — для шва по замкненому контуру або \lrcorner — для монтаж-ного шва; ці знаки наносять у місці перетину лінії-виноски з горизонтальною полицею;
- позначку стандарту на типи та конструктивні елементи швів;
- літерно-цифрову позначку шва згідно з цим стандартом;
- умовну позначку способу зварювання (для ГОСТ 5264–80 не зазначають);
- знак \triangle та розмір катета шва згідно зі стандартом;
- для переривчастих швів значення у міліметрах довжини звареної ділянки, за яким має йти знак / — для ланцюгових швів або знак Z — для шахових швів, а також значення кроку;
- допоміжні знаки (\square — шов по незамкненому контуру, Ω — опуклість шва зняти, \sim — напливи та нерівності обробити з плавним переходом до основного металу);
- позначку шорсткості механічно обробленого шва.

Допоміжні знаки виконують суцільними тонкими лініями. Висота знаків має бути однаковою з висотою цифр, що входять до позначки шва.

Приклад нанесення на кресленнику позначки зварного шва наведено на рис. 9.37.

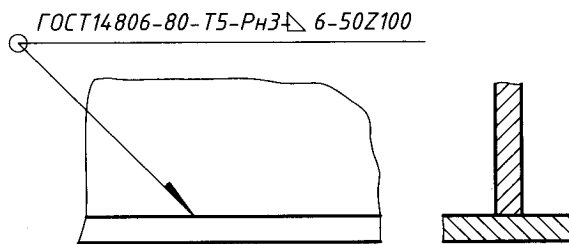


Рис. 9.37

Зміст складових позначки такий: \bigcirc — шов виконано по замкненому контуру згідно з ГОСТ 14806–80, який встановлює форму та розміри шва в разі електродугового зварювання алюмінію; T5 — двобічний шаховий шов T-подібного з'єднання без скосу крайок (будь-який бік можна взяти як лицьовий); РнЗ — шов виконано ручним зварюванням неплавким електродом у захисних газах (допускається не зазначати); $\triangle 6$ — катет шва дорівнює 6 мм; довжина проварюваної ділянки 50 мм, крок 100 мм.

Якщо на кресленнику зображено кілька однакових швів, то умовну позначку шва наносять лише біля одного із зображень, а від зображень решти однакових швів

проводять лінії-виноски з полицями. Усім однаковим швам присвоюють один і той самий порядковий номер, який наносять:

- на лінії-виносці, відведеної від зображення шва, що має позначку (рис. 9.38, *а*);
- на полиці лінії-виноски, відведеної від зображення шва, що не має позначки, з лицьового боку (рис. 9.38, *б*);
- під полицею лінії-виноски, відведеної від зображення шва, що не має позначки, зі зворотного боку (рис. 9.38, *в*).

Кількість однакових швів допускається зазначати на лінії-виносці, що має полицю з нанесеною позначкою (рис. 9.38, *а*).

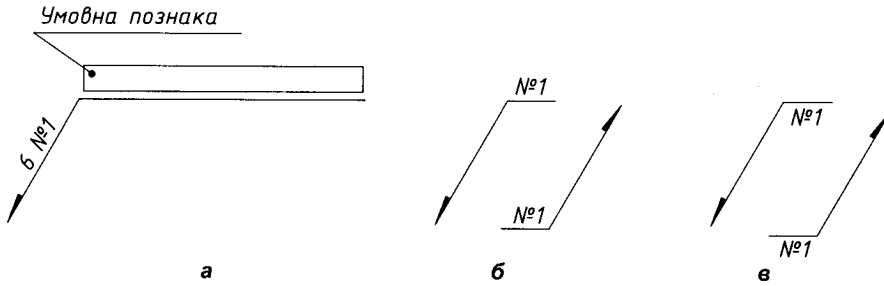


Рис. 9.38

За наявності на креслені швів, виконаних за одним і тим самим стандартом, позначку стандарту зазначають у технічних вимогах кресленіка (записом типу «Зварні шви ... за ГОСТ ...») або у таблиці.

9.5. Паяні та клеєні з'єднання

Паяними називають нерознімні з'єднання, отримані в результаті *паяння* — технологічного процесу з'єднування заготовок нагріванням їх до температури плавлення металевого припою, нижчої за температуру плавлення основного металу, з одночасним змочуванням розплавленим припоєм з'єднуваних поверхонь, затіканням його в щілини між ними та подальшою кристалізацією під час охолодження (ДСТУ 3761.2–98).

Розрізняють паяння легкоплавкими та тугоплавкими припоями. Легкоплавкі припої мають температуру плавлення до 400 °С та незначну механічну міцність. До складу легкоплавких припоїв входять олово та свинець (ПОС, ПОСК, ПОССу за ГОСТ 21930–76 чи ГОСТ 21931–76 залежно від форми випуску). Тугоплавкі припої мають температуру плавлення вищу за 500 °С. Такими припоями можна отримати міцність паяного з'єднання, близьку до міцності основного металу з'єднуваних деталей. До тугоплавких припоїв належать припої на основі срібла

(ПСр, ПсрМО, ПСрМЦКд, ПСрКдМ за ГОСТ 19738–74, ГОСТ 19739–74 чи ГОСТ 19746–74), мідно-нікелеві (МН, МНА за ГОСТ 849–70), кадмієві (КдОАС, Кд за ГОСТ 1467–77), магнієві (Мг 96, Мг 90 за ГОСТ 804–72).

Клеєні з'єднання – це нерознімні з'єднання деталей, що їх отримують за допомогою зв'язувальних речовин (клеїв), які наносять на з'єднувані поверхні. Склеювати можна практично будь-які матеріали, причому як однорідні, так і неоднорідні. Залежно від вимог, що їх ставлять до клеєного з'єднання, та від матеріалів з'єднуваних деталей застосовують різні види клеїв.

Правила зображення та позначання на креслениках паяних та клеєних з'єднань встановлює ГОСТ 2.313–82. Згідно з його положеннями місце з'єднання елементів зображають суцільною лінією завтовшки 2s. Позначають паяння та склеювання за допомогою умовних знаків, показаних відповідно на рис. 9.39 та 9.40, які наносять на лінії-виносці суцільною основною лінією. Лінію-виноску закінчують двобічною стрілкою, якщо вказують безпосередньо шов, або точкою, якщо вказують невидимі площини з'єднання. Шви, виконані по замкненій лінії, позначають колом діаметром від 3 до 5 мм, яке виконують тонкою лінією (рис. 9.41). Шви, обмежені певною ділянкою, позначають, як показано на рис. 9.42.

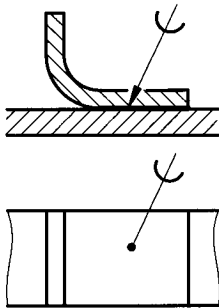


Рис. 9.39

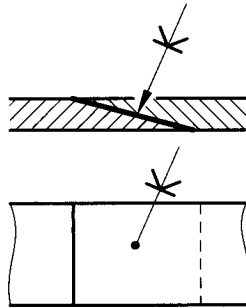


Рис. 9.40

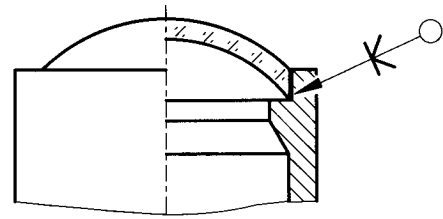


Рис. 9.41

На зображенні паяного шва у разі необхідності зазначають розміри шва та шорсткість поверхні.

Познаку припою чи клею за відповідним стандартом або технічними умовами наводять у технічних вимогах кресленика записом типу «ПОС 40 ГОСТ 21931–76», «Клей БФ-2 ГОСТ12172–74». У разі потреби в тому самому пункті технічних вимог наводять вимоги до якості шва. Посилання на номер пункту розташовують на полиці лінії-виноски, проведеної від зображення шва (рис. 9.43).

У разі виконання швів припоями або клеями різних марок усім швам, виконаним одним і тим самим матеріалом, присвоюють один порядковий номер, який наносять на лінії-виносці. При цьому в технічних вимогах матеріал зазначають записом типу «ПОС 40 ГОСТ 21931–76 (№1), ПМЦ 36 ГОСТ23137–78 (№2), Клей БФ-2 ГОСТ12172–74 (№3), ...».

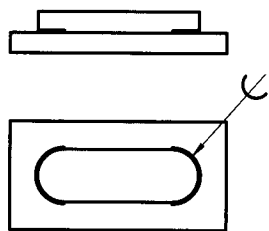


Рис. 9.42

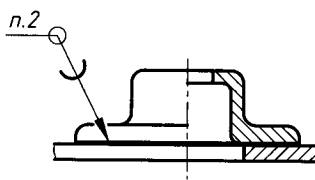


Рис. 9.43

Запитання для самоперевірки

1. Як поділяють способи з'єднання деталей? Які з'єднання називають рознімними?
2. Які деталі відносять до кріпильних?
3. Що таке болт? Яка структура умовної позначки болта?
4. Що являє собою гвинт? Які бувають види гвинтів?
5. Як виконують з'єднання шпилькою? Від чого залежить довжина посадочного кінця шпильки?
6. Як зображують та позначають на креслениках шліцьові з'єднання?
7. Яких умовностей слід дотримуватися у разі зображення зубчастих коліс?
8. Як зазначають параметри зубчастого вінця?
9. Що називають зварним швом? Як зображують та позначають зварні шви?
10. Як зображують на креслениках з'єднання, отримані паянням та склеюванням?
11. Чим відрізняються умовні позначки паяного та клеєного швів?

Розділ 10

Специфікація та кресленики складаних одиниць

- ◆ Специфікація складаної одиниці
- ◆ Складальний кресленик
- ◆ Габаритний кресленик
- ◆ Монтажний кресленик
- ◆ Кресленик загального виду
- ◆ Деталювання кресленика загального виду

10.1. Специфікація складаної одиниці

Специфікацією називається конструкторський документ, який визначає склад складаної одиниці, комплексу чи комплекту.

Специфікація, як і складальний кресленик виробу, належить до робочої конструкторської документації, яку розробляють після розроблення кресленика загального виду та креслеників деталей.

Форма та порядок заповнення специфікації регламентовані ГОСТ 2.106–96. Її складають на аркушах формату А4 за формами 1 (для заголовкового аркушу) та 1а (для наступних аркушів), наведеними відповідно на рис. 10.1 та 10.2.

До специфікації заносять складові частини, що входять до виробу, а також конструкторські документи, що стосуються виробу в цілому та його складових частин.

У загальному випадку специфікація складається з розділів, які розташовують у такій послідовності: документація, комплекси, складанні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали, комплекти. Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, на який складають специфікацію. Назву кожного розділу записують у вигляді заголовка у графі «Найменування» та підкреслюють суцільною тонкою лінією. Після рядка заголовка слід залишити вільний рядок. Як здійснюється запис у кожному розділі, описується далі.

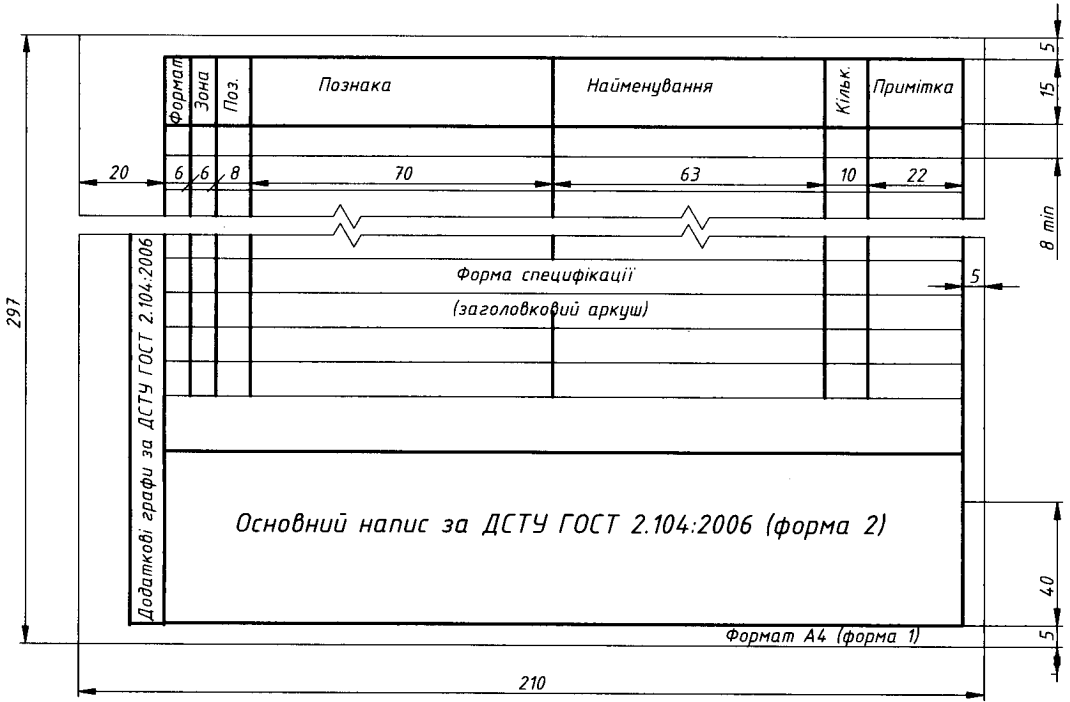


Рис. 10.1

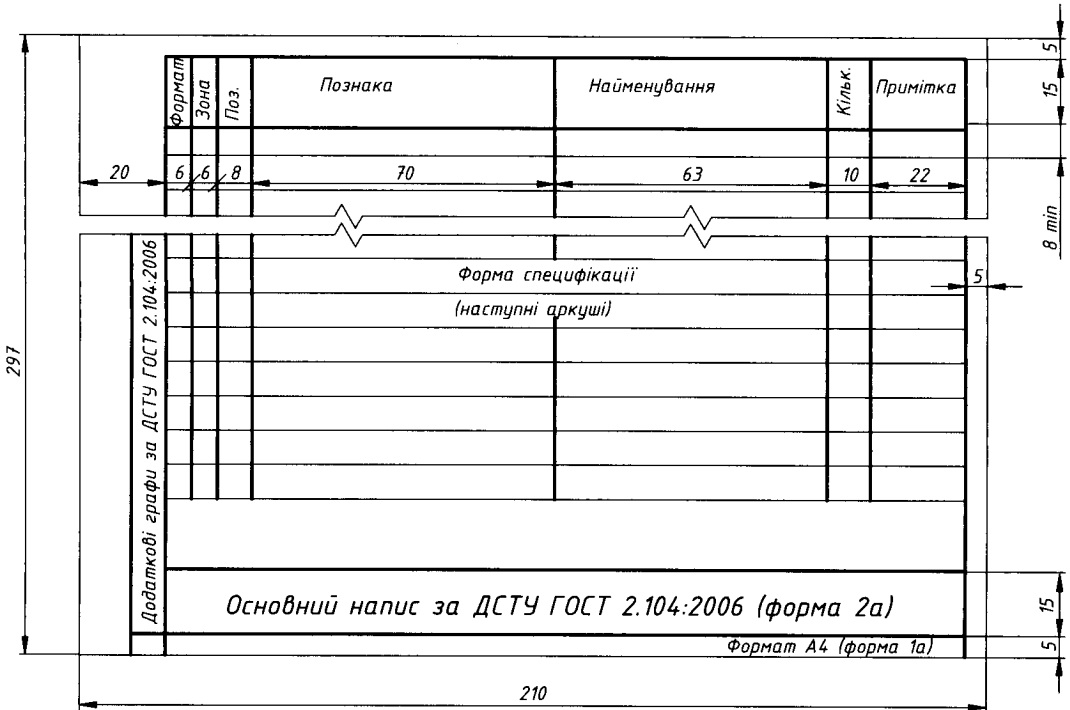


Рис. 10.2

До розділу «Документація» заносять документи, що складають основний комплект конструкторських документів даного виробу, окрім його специфікації, розпису експлуатаційних документів та розпису документів для ремонту, а також документи основного комплексу складових частин (деталей), окрім їх робочих креслеників. Конструкторські документи на виріб записують у тому порядку, у якому їх наведено в ГОСТ 2.102–68 (див. табл. 7. 2).

До розділів «Комплекси», «Складанні одиниці» та «Деталі» заносять відповідно комплекси, складанні одиниці та деталі, що безпосередньо входять до виробу, на який складають специфікацію. Запис здійснюють у алфавітному порядку поєднання літер кодів організацій-розробників, у межах цих кодів — у порядку зростання класифікаційної характеристики виробу, за однакової класифікаційної характеристики — відповідно до порядкового номера.

У розділі «Стандартні вироби» записують вироби, форму та розміри яких встановлено стандартами. Спочатку записують вироби, застосовані за міждержавними стандартами, далі — державними, галузевими та стандартами підприємств. У межах кожної категорії стандартів вироби об'єднують у групи за їх функційною призначеністю (наприклад, кріпильні вироби, електротехнічні вироби тощо). У межах кожної групи їх записують у алфавітному порядку найменувань, у межах кожного найменування — у порядку зростання позначок стандартів, а у межах кожної позначки стандарту — у порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу.

До розділу «Інші вироби» заносять вироби, застосовані за технічними умовами. Запис виробів здійснюють по групах, об'єднаних за функційною призначеністю, у межах кожної групи — у алфавітному порядку найменувань виробів, а у межах кожного найменування — у порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу.

До розділу «Матеріали» заносять матеріали, що безпосередньо входять до виробу, на який складають специфікацію. Їх записують за видами у такій послідовності:

- метали чорні;
- метали магнітоелектричні та феромагнітні;
- метали кольорові, благородні та рідкісні;
- кабелі, дроти та шнури;
- пластмаси та прес-матеріали;
- паперові та текстильні матеріали,
- лісоматеріали;
- гумові та шкіряні матеріали;
- мінеральні, керамічні та скляні матеріали;
- лаки, фарби, нафтопродукти та хімікати;
- інші матеріали.

У межах кожного виду матеріали записують у алфавітному порядку найменувань, а у межах кожного найменування — у порядку збільшення розмірів або інших технічних параметрів. У розділ «Матеріали» не записують матеріали, необхідну кількість яких не можна визначити за розмірами елементів виробу (наприклад, припої, клеї, лаки, фарби). Вказівки щодо їх використання дають у технічних вимогах на полі кресленика.

До розділу «Комплекти» заносять розпис експлуатаційних документів, розпис документів для ремонту, застосовані за конструкторськими документами комплекти, які безпосередньо входять до виробу та постачаються разом з ним, а також пакування, призначене для виробу.

Графі специфікації заповнюють наступним чином.

У графі «Формат» зазначають формат документа. Якщо документ виконано на аркушах різних форматів, то у графі проставляють знак * (зірочка), а формати зазначають у графі «Примітка» у порядку їх зростання. Для деталей, на які не виконано кресленики, у графі зазначають БЧ (без кресленика). У розділах «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали» графу «Формат» не заповнюють.

У графі «Зона» вказують позначку зони кресленика, у якій є номер позиції складової частини виробу, яку записують. Графу заповнюють, якщо кресленик розбито на зони відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.104:2006.

У графі «Поз.» (позиція) зазначають порядкові номери складових частин виробу в послідовності їх запису в специфікації. Для розділів «Документація» та «Комплекти» цю графу не заповнюють.

У графі «Познака» вказують позначки конструкторських документів і виробів відповідно до ГОСТ 2.201–80. Цю графу не заповнюють для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали».

У графі «Найменування» зазначають:

- у розділі «Документація» для документів, що входять до основного комплекту документів виробу, на який складають специфікацію, тільки їх найменування, наприклад: «Складальний кресленик», «Схема електрична принципова», «Технічні умови»; для документів на складові частини — найменування виробу та найменування документа;
- у розділах «Комплекси», «Складанні одиниці», «Деталі», «Комплекти» — найменування виробів відповідно до основного напису на основних конструкторських документах цих виробів; для деталей, на які не випущено креслеників, зазначають найменування, матеріал та інші дані, необхідні для їх виготовлення;
- у розділі «Стандартні вироби» — найменування та умовні позначки виробів відповідно до стандартів на них;

- у розділі «Інші вироби» — найменування та умовні позначки виробів відповідно до документів на їх постачання із зазначенням позначок цих документів;
- у розділі «Матеріали» — позначки матеріалів, встановлені стандартами чи технічними умовами на ці матеріали.

Для запису ряду виробів та матеріалів, що різняться розмірами та іншими даними і застосовані за одним і тим самим документом, допускається загальну частину найменування цих виробів чи матеріалів з позначкою вказаного документа записувати на кожному аркуші специфікації один раз у вигляді спільного найменування (заголовка). Під спільним найменуванням записують для кожного із зазначених виробів і матеріалів тільки їх параметри та розміри.

У графі «Кільк.» (кількість) зазначають:

- для складових частин — їх кількість на один виріб;
- для матеріалів — загальну кількість матеріалів на один виріб із зазначенням одиниці вимірювання; допускається одиниці вимірювання зазначати у графі «Примітка» у безпосередній близькості від графі «Кільк.».

У розділі «Документація» графу «Кільк.» не заповнюють.

У графі «Примітка» подають додаткові відомості щодо виробів, документів, матеріалів, унесених до специфікації (наприклад, для деталей, на які не випущено кресленики, зазначають масу, для документів, випущених на двох і більше аркушах різних форматів, записують позначки форматів, перед переліком яких ставлять знак «зірочки»: *) А4, А3).

Після кожного розділу специфікації допускається залишати кілька вільних рядків для додаткових записів. Допускається резервувати і номери позицій, які проставляють у специфікацію після заповнення резервних рядків.

Специфікацію допускається суміщати зі складальним креслеником за умови їх розміщення на одному аркуші формату А4. Такому суміщеному документу присвоюють позначку основного документа.

10.2. Складальний кресленик

Складальним креслеником називається графічний документ, який містить зображення складаної одиниці та інші дані, необхідні для її складання, виготовлення та контролювання. Складальний кресленик виконують на стадії розроблення робочої конструкторської документації.

Відповідно до ГОСТ 2.109–73 складальний кресленик має містити:

- зображення складаної одиниці, яке дає уявлення про розташунок і взаємозв'язки складових частин, що їх з'єднують за даним креслеником, та забезпечує можливість здійснення складання та контролювання складаної одиниці.

Допускається розташовувати на складальних креслениках додаткові схематичні зображення з'єднань та розташунок складових частин виробу;

- розміри, граничні відхили та інші параметри і вимоги, які мають бути виконані або проконтрольовані за складальним креслеником. Допускається зазначати як довідкові розміри деталей, які визначають характер сполучення;
- вказівки щодо характеру сполучення та методів його здійснення, якщо точність сполучення забезпечується не заданими граничними відхилами розмірів, а підбиранням, припасовуванням тощо, а також вказівки про виконання нерознімних з'єднань (зварних, паяних, тощо);
- номери позицій складових частин, що входять до виробу;
- габаритні розміри виробу;
- установчі, приєднавчі та інші необхідні довідкові розміри;
- технічну характеристику виробу (у разі необхідності).

Зазначимо, що габаритні розміри, перенесені з креслеників деталей, або такі, що є сумою розмірів кількох деталей, відносять до довідкових. До довідкових відносять і розміри, які перенесені з креслеників деталей і використовуються як установчі та приєднавчі, а також розміри, що визначають граничні положення окремих елементів конструкції.

У разі зазначення установчих та приєднавчих розмірів мають бути нанесені:

- координати розташунок, розміри з граничними відхилами елементів, що слугують для з'єднання зі сполучуваними деталями;
- інші параметри (наприклад, для зубчастих коліс, що слугують елементами зовнішнього зв'язку, — модуль, кількість та напрямок зубців).

Кількість зображень на складальному кресленнику залежить від складності конструкції виробу. Вона має бути мінімальною, але достатньою, щоб дати повне уявлення про взаємний розташунок та з'єднання складових частин. Зображення виконують відповідно до ГОСТ 2.305–68 або стандартів ДСТУ ISO серії 128.

Розріз на складальному кресленнику є сукупністю розрізів окремих складових частин, що входять до складаної одиниці. Штрихування у розрізах однієї й тієї самої деталі на усіх зображеннях виконують у один і той самий бік з однаковою відстанню між лініями штриховки. Штриховку суміжних деталей з одного й того самого матеріалу відрізняють зміною напрямку на протилежний, зміною кроку або зсувом штрихів.

На складальному кресленнику дозволяється зображати частини виробу, які розміщуються, у їх крайньому або проміжному положенні, зазначаючи розміри, що характеризують ці положення. Допускається наносити зображення примежових (сусідніх) виробів («обстановку») та розміри, що визначають їх взаємний розташунок. Складові частини виробу, які розміщені за «обстановкою», зображають як

видимі. У разі потреби допускається зображати їх як невидимі. Вироби «обстановки» показують спрощено суцільними тонкими лініями і наводять необхідні дані щодо їх місця встановлення, методів кріплення та приєднання.

Складальні кресленики слід виконувати, як правило, зі спрощеннями, які відповідають вимогам ГОСТ 2.109–73 та інших стандартів ЄСКД.

На складальних креслениках допускається не показувати:

- фаски, скруглення, проточки, заглибини, виступи, рифлення та інші дрібні елементи;
- зазори між стрижнем та отвором;
- кришки, щити, кожухи, перегородки тощо, якщо необхідно показати закриті ними складові частини виробу. При цьому над зображенням роблять відповідний напис, наприклад «Кришку поз. 3 не показано»;
- видимі складові частини виробу або їх елементи, які розташовані за сіткою, а також ті, що частково закриті складовими частинами, що розташовані спереду;
- написи на табличках, шкалах та інших подібних елементах, зображаючи лише їх контур.

Вироби з прозорого матеріалу зображують як непрозорі. Допускається складові частини виробу та їх елементи, розташовані за прозорими предметами, зображати як видимі (наприклад, стрілки приладів, внутрішню будову ламп тощо).

Вироби, розташовані за гвинтовою пружиною, яку зображено лише перерізами витків, зображують до зони, що умовно закриває ці вироби і визначається осьовими лініями перерізів витків (рис. 10.3).

На складальних креслениках застосовують такі способи спрощеного зображення складових частин виробу:

- на розрізах зображують нерозітненими складові частини, на які виконано самостійні складальні кресленики;
- типові, покупні та інші вироби, що широко використовуються, дозволяється зображати зовнішніми обрисами. Зовнішні обриси виробу, як правило, слід спрощувати, не показуючи дрібних виступів, западин тощо.

На складальних креслениках, що містять зображення кількох однакових складових частин, допускається виконувати повне зображення однієї складової частини, а зображення решти – спрощено у вигляді зовнішніх обрисів.

Зварний, паяний або клеєний виріб із однорідного матеріалу в з'єднанні з іншими виробами в розрізах і перерізах штрихують в один бік, зображуючи межі між деталями суцільними основними лініями (рис. 10.4). Допускається не показувати межу між деталями, тобто зображати конструкцію як монолітне тіло.

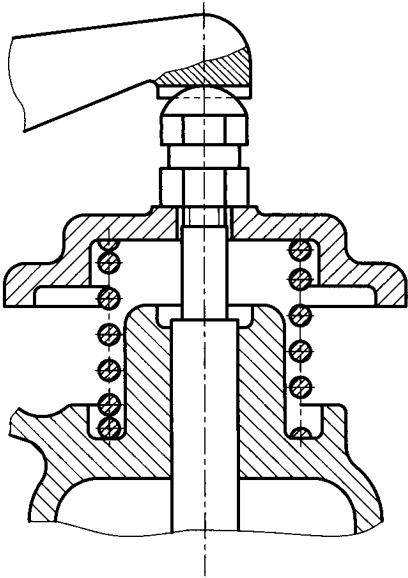


Рис. 10.3

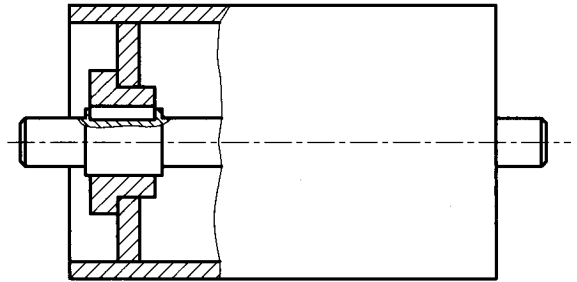


Рис. 10.4

На складальному кресленнику всі складові частини складанної одиниці нумерують відповідно до номерів позицій, зазначених у специфікації цієї складанної одиниці. Номери позицій наносять на полицях ліній виносок, проведених від зображень складових частин.

Зазначати номери позицій слід на тих зображеннях, на яких відповідні складові частини проєкціюються як видимі, як правило, на основних видах та розрізах, що їх замінюють.

Номери позицій розташовують паралельно до основного напису кресленика поза контуром зображення та групують у колонку або рядок по можливості на одній лінії. Розмір шрифту номерів позицій має бути на один-два номери більшим за розмір шрифту розмірних чисел на тому самому кресленнику.

Номер позиції наносять на кресленнику зазвичай один раз; у разі необхідності можна повторно зазначати номери позицій однакових складових частин.

Допускається робити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій:

- для групи кріпильних деталей, що належать до одного й того самого місця кріплення (рис. 10.5);
- для групи деталей з чітко вираженим взаємозв'язком, що виключає різне розуміння, у разі неможливості підвести лінію-виноску до кожної складової частини (рис. 10.6);

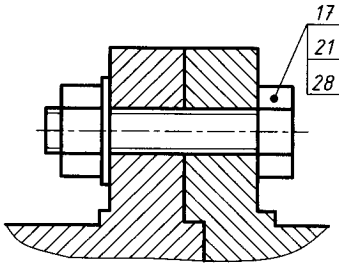


Рис. 10.5

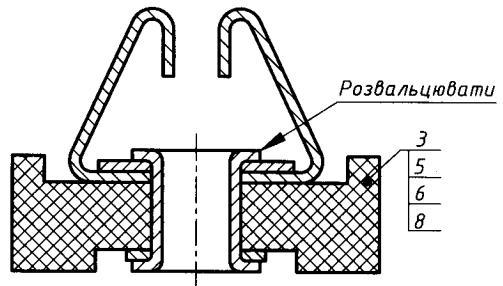


Рис. 10.6

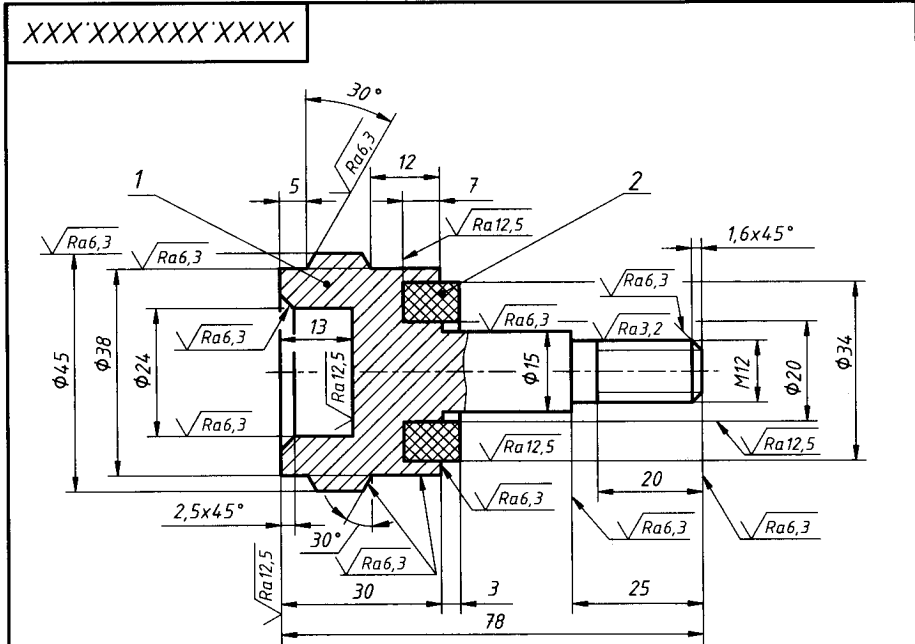
- для окремих складових частин виробу, якщо графічно зобразити їх складно; у цьому випадку допускається ці складові частини не показувати, а місцезнаходження їх визначати за допомогою лінії-виноски, відведеної від видимої складової частини, і на полі кресленика, у технічних вимогах поміщати відповідну вказівку, наприклад «Джгути поз. 12 під скобами обгорнути прешспаном поз. 22».

Якщо складанню одиницю виготовляють наплавленням на деталь металу чи сплаву, заливанням поверхонь або елементів деталі металом, сплавом, пластмасою, гумою та іншими матеріалами, то кресленик на такі деталі допускається не випускати. На креслениках цих складаних одиниць зазначають розміри поверхонь або елементів під наплавлення, заливання тощо, розміри остаточно готової складаної одиниці та інші дані, необхідні для виготовлення та контролю (рис. 10.7). Розміри для усіх елементів остаточно готової складаної одиниці (окрім виступних елементів арматури) зазначають і у випадку, коли на армувальну деталь виготовляють самостійний кресленик, оскільки ці дані необхідні для проектування форматвірних поверхонь прес-форми (рис. 10.8). Метал, сплав, що їх наплавляють, пластмасу, гуму та інші матеріали, якими заливають армувальні деталі, записують у специфікацію складаної одиниці у розділ «Матеріали».

На складальному кресленнику виробу, що містить деталі, на які не випущено робочих креслеників, на зображенні та (або) в технічних вимогах наводять додаткові до зазначених у специфікації дані, необхідні для виготовлення деталей (шорсткість поверхонь, відхили форми тощо).

Якщо для виготовлення за складальним кресленником деталі нескладної конфігурації (без випуску на неї самостійного кресленника) встановлюють певний сортовий матеріал, то відповідні розміри деталі наводять у специфікації. Якщо немає потреби встановлювати певний сортовий матеріал для деталі, то на складальному кресленнику всі розміри наносять біля зображення цієї деталі, а у специфікації зазначають тільки марку матеріалу.

Приклади виконання складального кресленника та специфікації складаної одиниці наведені на рис. 10.9–10.11.



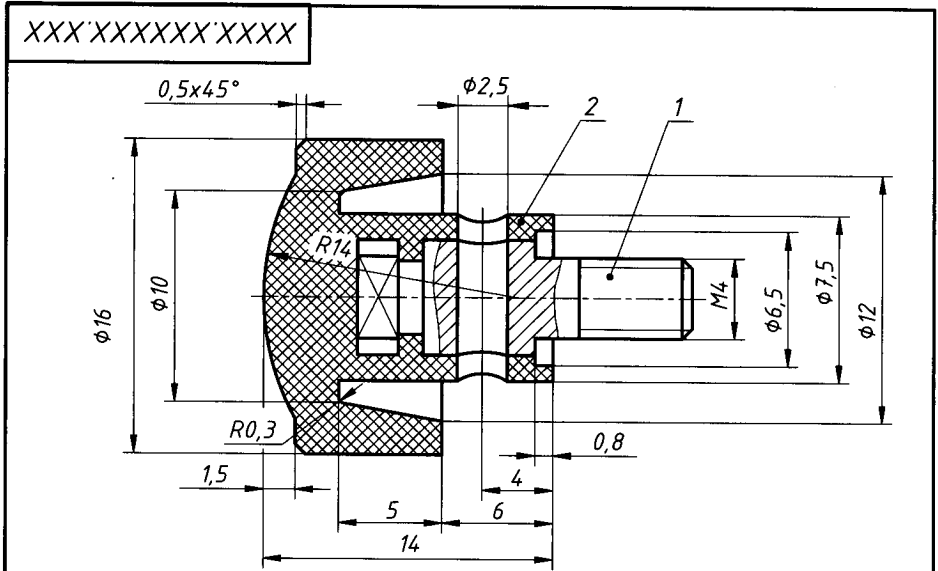
1. Граничні відхилення розмірів Н12, н12, ± IT12/2

Формат	Зона	Поз.	Позначка	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Деталі</u>		
	БЧ	1	XXXX.XXXXXX.XXX	Клапан		
				Сталь 20 ГОСТ1050-88	1	
				<u>Матеріали</u>		
		2		Суміш гумова НО-68-1 нта		
				ТУ 38 005 1166-98	0,06	кг

XXXX.XXXXXX.XXX

Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.						
Перев.				Аркуш	Аркушів	
Т.контр.						
Н.контр.						
Затв.						

Рис. 10.7

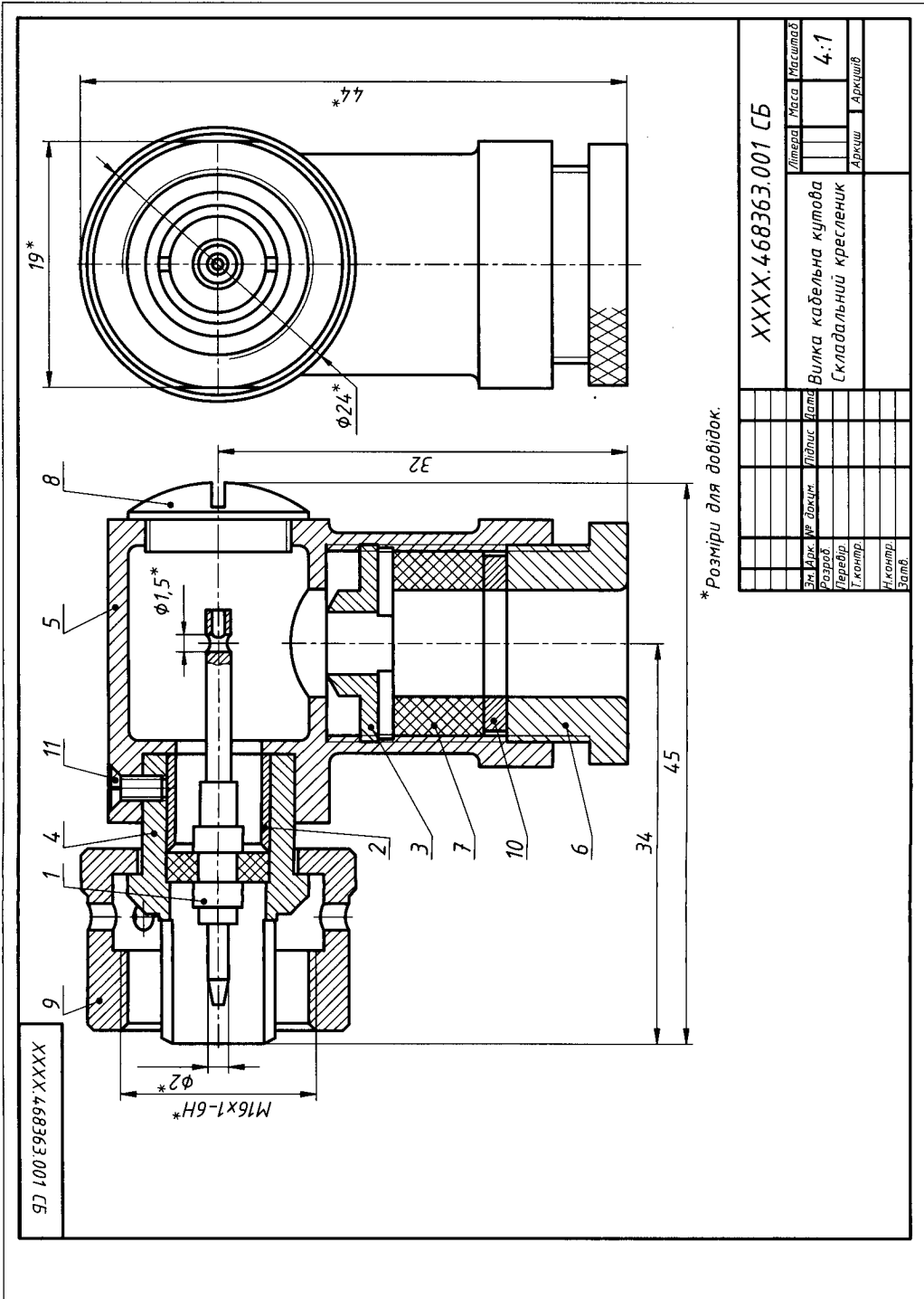


1. Граничні відхили розмірів Н12, н12, $\pm \frac{IT12}{2}$.
2. Уклоли форматвірних поверхонь прес-форми 1:100.
3. Шорсткість поверхні матеріалу поз.2 - $\sqrt{Ra}1,25$

Формат	Зона	Поз.	Позначка	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Деталі</u>		
A4		1	XXXX.XXXXXX.XXX	Стрижень	1	
				<u>Матеріали</u>		
		2		Фенопласт Э1-340-02		
				ГОСТ 28804-90	0,07	кг

				XXXX.XXXXXX.XXX			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кнопка зі стрижнем	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.							4:1
Перев.					Аркуш	Аркушів	
Т.контр.							
Н.контр.							
Затв.							

Рис. 10.8



* Розміри для довідок.

XXXX.468363.001 СБ		Літера	Маса	Класифікація
Вилка кафельна кутюва		Діаметр	4.1	Архив
Складальний кресленник		Архив	Архив	Архив
Зм. Арк.	№ док.	Тітлиц	Уста	
Розроб				
Т. конпр				
Н. конпр				
Зана.				

Рис. 10.9

10.3. Габаритний кресленик

Габаритним називається кресленик, що містить контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, установчими і приєднаними розмірами.

Габаритні кресленики можна виконувати на стадії розроблення як проектної, так і робочої конструкторської документації, залежно від характеру, призначеності чи умов виготовлення виробу.

Габаритні кресленики не призначені для виготовлення за ними виробів і не мають містити даних для виготовлення та складання.

На габаритному кресленнику зображення виробу виконують з максимальними спрощеннями. Виріб зображають так, щоб були видні крайні положення частин, що переміщуються, висуваються чи відкидаються. Кількість видів на габаритному кресленнику має бути мінімальною, але достатньою, щоб дати уявлення про зовнішні обриси виробу та його виступні елементи (важелі, маховики, кнопки тощо). Зображення виробу виконують суцільними основними лініями, а обриси частин, що переміщуються, у їх крайніх положеннях, — тонкими штрихово-пунктирними з двома крапками.

На габаритному кресленнику допускається зображати тонкими лініями «обстановку» — деталі та складанні одиниці, що не входять до складу виробу.

На габаритному кресленнику наносять габаритні, установчі та приєднанчі розміри, а також, у разі потреби, розміри, що визначають положення виступних частин. Установчі та приєднанчі розміри, необхідні для ув'язки з іншими виробами, мають бути зазначені з граничними відхилами. На габаритному кресленнику не зазначають, що всі наведені на ньому розміри є довідковими.

На габаритному кресленнику дозволяється поміщати вказівки щодо зберігання, транспортування та експлуатації виробу.

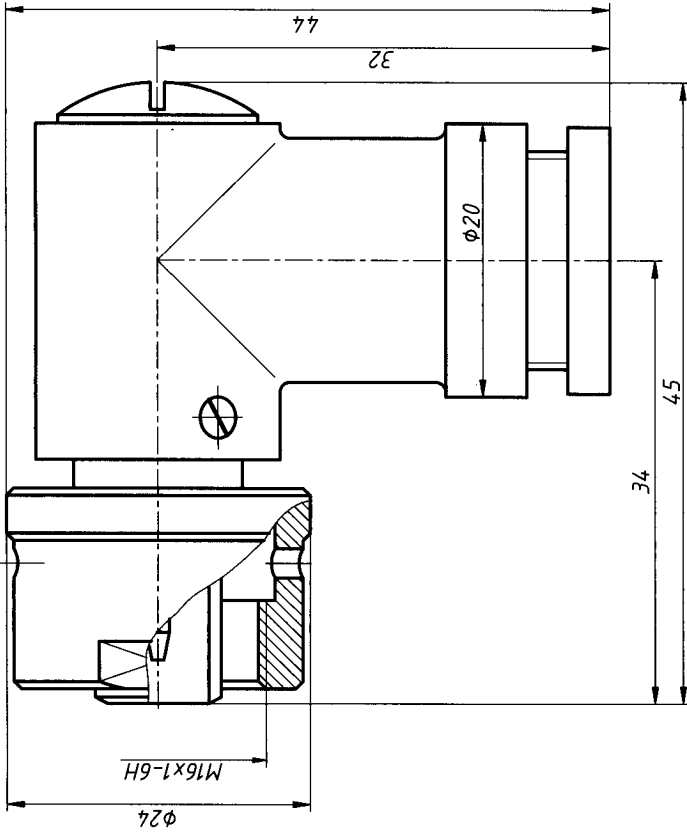
Приклад виконання габаритного кресленника показано на рис. 10.12.

10.4. Монтажний кресленик

Монтажним називається кресленик, що містить контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, згідно з якими його встановлюють (монтують) на місці експлуатування.

Монтажний кресленик має містити:

- зображення виробу, який монтують;
- зображення виробів, що їх застосовують у монтажі, а також повне чи часткове зображення пристрою (конструкції, фундаменту), до якого кріпиться виріб;
- установчі та приєднанчі розміри з граничними відхилами;



XXXX.468363.001 ГЧ

XXXX.468363.001 ГЧ		Листов	Масса	Масштаб
				4:1
		Вилка кабельна кутюва		
		Габаритний кресленик		
		Архив	Архив	
Зм.	Арх.	№ докум.	Листів	Лист
Розроб.				
Перевір.				
Т. констр.				
Н. констр.				
Затв.				

Рис. 10.12

- перелік складових частин, необхідних для монтажу;
- технічні вимоги до монтажу виробу.

Монтажні кресленики випускають на вироби, що їх монтують на одному певному місці (пристрої, об'єкти, фундаменти) або ж на декількох різних місцях. Монтажний кресленик випускають також у тому випадку, коли необхідно показати з'єднання складових частин комплексу між собою на місці експлуатування.

Монтажний кресленик виконують за правилами, встановленими для складальних креслеників, з урахуванням правил, викладених нижче.

Виріб, який монтують, зображають на кресленнику спрощено, показуючи його зовнішні обриси. Детально показують елементи конструкції, які необхідні для правильного монтажу виробу.

Пристрій (об'єкт, фундамент), до якого кріпиться виріб, зображають спрощено, показуючи лише ті частини, які необхідні для правильного визначення місця та способу кріплення виробу.

Зображення виробу, який монтують, та виробів, що входять до комплексу монтажних частин, виконують суцільними основними лініями, а пристрій, до якого кріпиться виріб, — суцільними тонкими.

На монтажному кресленнику зазначають приєднавчі, установчі та інші розміри, які необхідні для монтажу.

Перелік складових частин, необхідних для монтажу, може бути виконаний за формою 1 ГОСТ 2.106–96, за винятком граф «Формат» і «Зона», і має бути розташований на першому аркуші кресленника. У перелік записують виріб, який монтують, а також складанні одиниці, деталі та матеріали, необхідні для монтажу. Допускається замість переліку зазначати позначки цих складових частин на полицях ліній-виносок.

На монтажному кресленнику на полиці лінії-виноски чи безпосередньо на зображенні зазначають найменування та (або) позначку пристрою (об'єкта) чи частини пристрою, до якого кріпиться виріб.

10.5. Кресленик загального виду

Кресленик загального виду – це кресленик, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу.

Кресленик загального виду належить до проектних документів і розробляється на стадіях технічної пропозиції, ескізного та технічного проєктів. Він є основою для подальшого розробляння креслеників деталей, специфікації та складального кресленника виробу. Вимоги до виконання кресленника загального виду регламентують ГОСТ 2.118–73, ГОСТ 2.119–73 та ГОСТ 2.120–73.

Відповідно до ГОСТ 2.119–73 кресленик загального виду ескізного проекту в загальному випадку має містити:

- зображення виробу (види, розрізи, перерізи), текстову частину та написи, необхідні для розуміння конструктивного устрою виробу, взаємодії його складових частин і принципу роботи виробу;
- найменування, а також позначки (якщо вони є) тих складових частин виробу, для яких потрібно зазначити дані (кількість, вказівки щодо матеріалу тощо) або запис яких є необхідним для пояснення зображення кресленика загального виду;
- розміри та інші дані, що їх наносять на зображення;
- схему, якщо вона потрібна, але оформляти її окремим документом недоцільно;
- технічну характеристику виробу, якщо це необхідно для зручності порівняння варіантів за креслеником загального виду.

Зображення на кресленику загального виду виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими стандартами ЄСКД для робочих креслеників. Складові частини виробу, у тому числі запозичені (розроблені раніше) і покупні, зображують зі спрощеннями (іноді у вигляді контурних обрисів), якщо при цьому забезпечено розуміння конструктивного устрою виробу, взаємодії його складових частин та принципу роботи.

Найменування та позначки складових частин виробу на креслениках загального виду зазначають одним із таких способів:

- на полицях ліній-виносок;
- у таблиці, яку розташовують на тому самому аркуші, що і зображення виробу;
- у таблиці, виконаній на окремих аркушах формату А4, які вважають наступним аркушами кресленика загального виду.

За наявності таблиці на полицях ліній-виносок зазначають номери позицій складових частин.

Таблиця в загальному випадку складається з таких граф: «Поз.», «Позначка», «Кільк.» «Додаткові вказівки». Запис складових частин у таблицю рекомендується виконувати в такому порядку: запозичені вироби, покупні вироби, заново розроблювані вироби.

Елементи кресленика загального виду (номери позицій, текст технічних вимог, написи та ін.) виконують за правилами, встановленими стандартами ЄСКД для робочих креслеників.

На стадії технічного проекту кресленик загального виду виконують за тими самими правилами, що й на стадії ескізного проекту. Окрім того, у разі необхідності на ньому наводять (ГОСТ 2.120–73):

- вказівки щодо вибраних посадок деталей (наносять розміри та граничні відхили сполучуваних поверхонь за ГОСТ 2.307–68);
- технічні вимоги до виробу, наприклад щодо застосовування певних видів покриттів, методів зварювання, які забезпечують необхідну якість виробу (ці вимоги треба брати до уваги в ході подальшого розроблення робочої документації);
- технічні характеристики виробу, які необхідні для подальшого розроблення креслеників.

Розглянемо детальніше позначання на кресленику посадок деталей.

Посадкою називається характер з'єднання деталей, який визначається різницею їх розмірів до складання. Посадки використовують для забезпечення відносної рухомості або нерухомості сполучуваних деталей.

Різні види посадок для даного квалітету та інтервалу номінальних розмірів утворюються за рахунок поєднання полів допусків отвору та вала (див. підрозділ 8.4). Залежно від вибраного поєднання посадка може бути з *натягом* (коли найбільший граничний розмір отвору менший за найменший граничний розмір вала чи дорівнює йому), *із зазором* (коли найменший граничний розмір отвору більший за найбільший граничний розмір вала чи дорівнює йому) та *перехідною* (коли в з'єднанні можна отримати як зазор, так і натяг залежно від дійсних розмірів отвору та вала). Схематичні подання посадок із зазором, натягом та перехідних наведені відповідно на рис. 10.13, а, б та в.

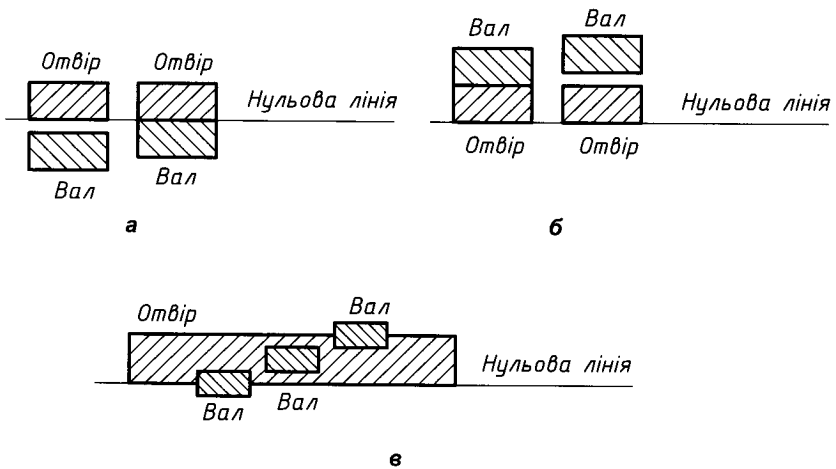


Рис. 10.13

Найраціональнішим є такий спосіб утворення посадок, коли одна деталь (отвір або вал) у різних посадках має постійний розташунок поля допуску, а потрібний характер посадки забезпечується підбором розташунок поля допуску другої сполучуваної деталі (вала чи отвору). Деталь, у якій поле допуску залишається без змін і не залежить від виду посадки, називають *основною* деталлю системи. Якщо цією деталлю є отвір, то з'єднання виконане *в системі отвору*, якщо основною деталлю є вал — *у системі вала*. Схематичні зображення посадок у системі отвору та системі вала показані відповідно на рис. 10.14 та 10.15.

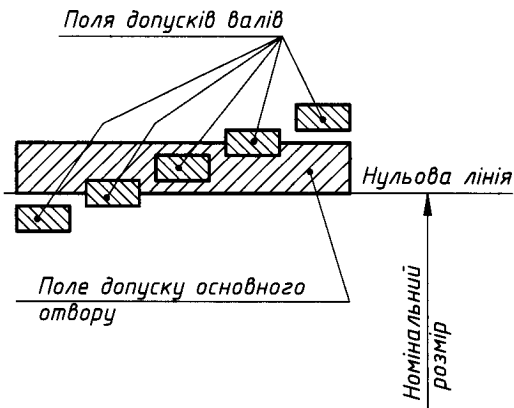


Рис. 10.14

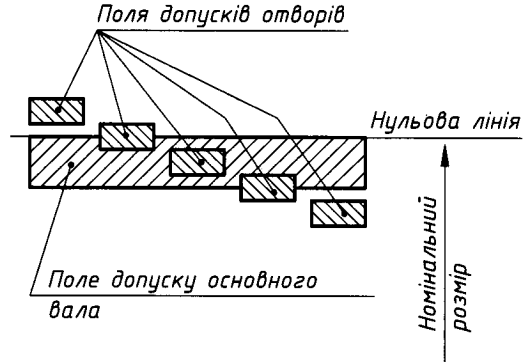


Рис. 10.15

У системі отвору нижній відхил розміру основного отвору дорівнює нулю й умовно позначається літерою H , у системі вала верхній відхил розміру основного вала дорівнює нулю й умовно позначається h . Система отвору має переважне застосування порівняно із системою вала внаслідок, як правило, простішої технології оброблення деталей.

Умовність позначання посадки на кресленнику полягає в тому, що ні зазор, ні натяг не мають графічного зображення. Вал та отвір на кресленнику мають однаковий розмір, що відповідає номінальному. Характер з'єднання визначається за позначкою посадки, яку записують у вигляді дробу, у чисельнику якого зазначають позначку поля допуску отвору, а у знаменнику — позначку поля допуску вала, наприклад $H7/g6$ або $\frac{H7}{g6}$. Позначку посадки наносять після розмірного числа, що визначає номінальний розмір, наприклад $\varnothing 40 H7/g6$. Дозволяється посадку позначати у вигляді дробу, у чисельнику якого зазначають числові значення граничних відхилів отвору, а в знаменнику — числові значення граничних відхилів вала, наприклад $40 \frac{+0,25}{-0,25} / \frac{-0,50}{0}$. Приклад виконання кресленника загального виду показано на рис. 10.16.

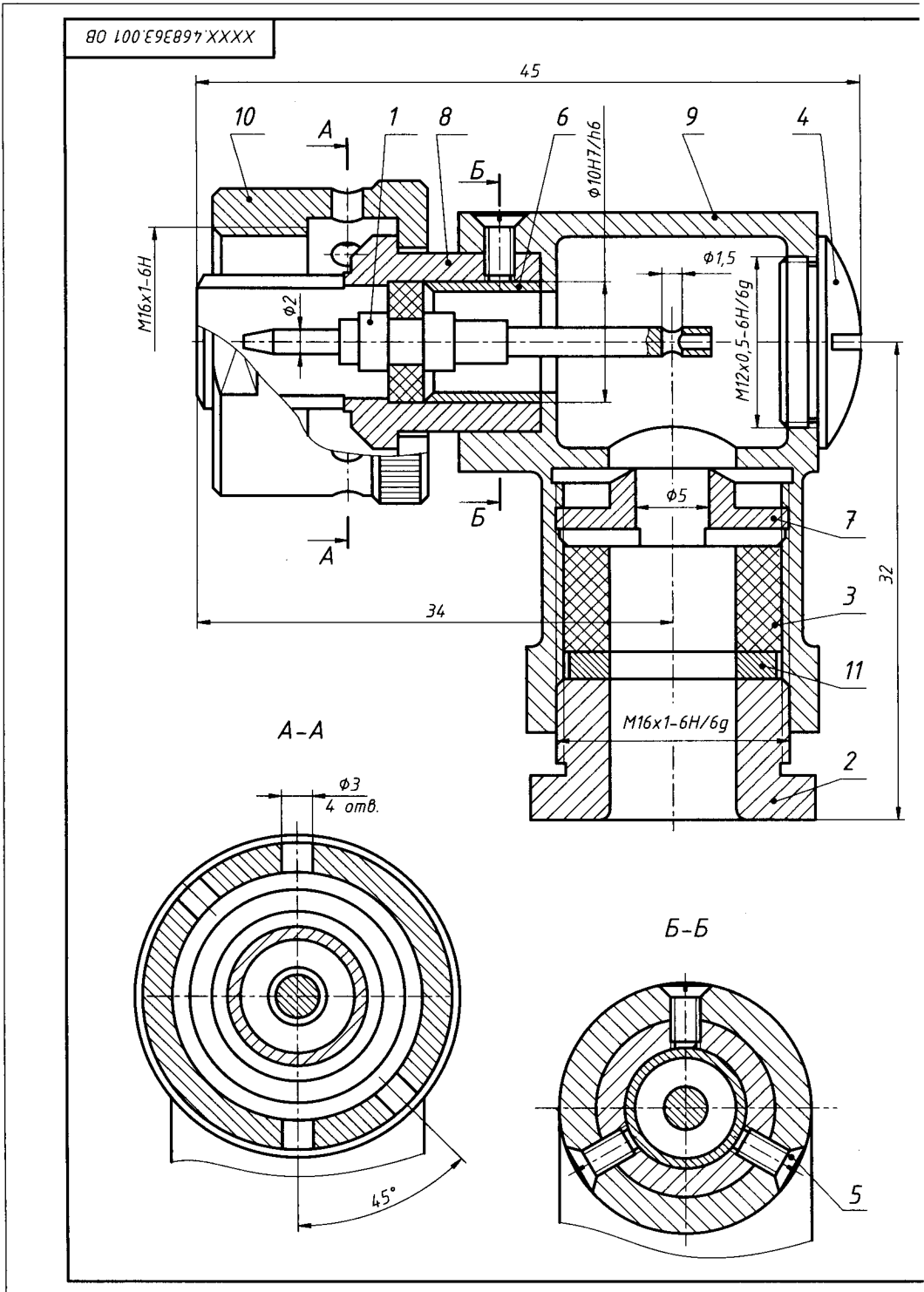
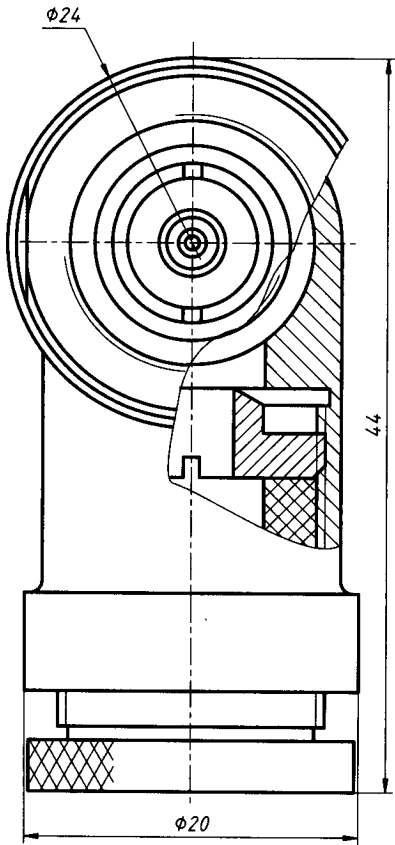


Рис. 10.16



Поз.	Позначка	Найменування	Кільк.	Додаткові вказівки
		<u>Запозичені вироби</u>		
1	XXXX.46834.2.001	Контакт	1	
2	XXXX.753129.001	Гвинт	1	
3	XXXX.754252.001	Ущільнювач	1	
4	XXXX.758161.001	Заглушка	1	
		<u>Покупні вироби</u>		
5		Гвинт М2-6х5.33		
		ГОСТ 17475-80	3	
		<u>Заново розроблювані вироби</u>		
6	XXXX.71114.1.001	Втулка	1	
7	XXXX.71154.3.001	Гвинт	1	
8	XXXX.71574.4.001	Стакан	1	
9	XXXX.731372.001	Корпус	1	
10	XXXX.758453.001	Гайка	1	
11	XXXX.758491.001	Шайба	1	

Технічна характеристика

1. Хвильовий опір 50 Ом.
2. Робоча напруга (амплітудне значення) 500 В.
3. Діапазон частот до 3000 МГц.
4. Кількість з'єднань-роз'єднань не менша ніж 5000.

					XXXX.468363.001 В0			
Зм.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Дата	Вилка кабельна кутова Кресленик загального виду	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.								5:1
Перев.						Аркцих	Аркцихв	
Т.контр.								
Н.контр.								
Затв.								

10.6. Деталювання кресленника загального виду

У практиці проектування робочі кресленики деталей отримують, використовуючи інформацію, що міститься в кресленнику загального виду. Процес виконання креслеників деталей за кресленником загального виду називається *деталюванням*.

Перш ніж розпочати виконання креслеників окремих деталей, потрібно прочитати кресленник складаної одиниці. Читання кресленника починають з основного напису, звідки дізнаються найменування виробу та масштаб зображень. Далі знайомляться з розташуванням зображень, з'ясовують їх проєкційний взаємозв'язок. За зображеннями й таблицею складових частин виробу за допомогою номерів позицій визначають, з яких деталей і в якій кількості складається виріб та як ці деталі взаємодіють між собою. Після цього беруться до аналізу геометричних форм окремих деталей. З'ясувавши форму деталі, визначають кількість необхідних для неї зображень та вибирають головне, керуючись положеннями, викладеними раніше у розділі «Виконання креслеників деталей». Виходячи з розмірів та складності деталі, вибирають масштаб зображень та формат кресленника. Виконуючи зображення деталі, слід пам'ятати, що кресленики загального виду допускають умовності та спрощення, у той час як на робочому кресленнику деталь має бути зображена зі всіма конструктивними та технологічними елементами. На виконанні зображення наносять усі необхідні розміри. Розміри фасок, проточок, канавок тощо визначають не за кресленником загального виду, а за стандартами на ці елементи. Вивчивши за кресленником загального виду характер сполучення деталі з іншими деталями, наносять граничні відхилення розмірів. Позначки шорсткості поверхонь деталі наносять, виходячи з функційної призначеності та технології виготовлення. Закінчують виконання кресленника нанесенням текстової інформації та заповненням основного напису.

Запитання для самоперевірки

1. Що таке специфікація?
2. З яких розділів складається специфікація та в якому порядку їх розміщують?
3. У якому порядку здійснюють запис у розділі «Стандартні вироби»?
4. Яку інформацію має містити складальний кресленник?
5. Які умовності та спрощення допускаються на складальних кресленниках?
6. Яких правил слід дотримуватися в ході нанесення номерів позицій?
7. Як зазначають розміри деталей, на які не випущено окремих креслеників?
8. Які розміри зазначають на габаритних кресленниках?
9. Що таке кресленник загального виду та яку інформацію він має містити?
10. Що називається посадкою та якими бувають посадки?
11. Якої послідовності дій слід дотримуватися в ході деталювання кресленника загального виду?

Розділ 11

Виконання креслеників деяких виробів радіоелектронної апаратури

- ◆ Кресленики виробів з обмотками та магнітопроводами
- ◆ Кресленики друкованих плат
- ◆ Виконання кресленика та специфікації друкованого вузла

11.1. Кресленики виробів з обмотками та магнітопроводами

Кресленики виробів з електричними обмотками (електричних машин, трансформаторів, котушок індуктивностей тощо), як правило, є складальними креслениками і в загальному випадку мають містити зображення виробу, що дає уявлення про склад, розташунок та взаємодію його складових частин, габаритні, приєднавчі та установчі розміри, номери позицій складових частин, технічні вимоги до виготовлення та контролювання виробу. Основним конструкторським документом виробу з обмотками та магнітопроводами є специфікація, виконана відповідно до вимог ГОСТ 2.106–96.

Особливості виконання креслеників виробів з електричними обмотками відображені в ГОСТ 2.415–68. Згідно з його положеннями, зображаючи вироби типу якорів (роторів), статорів та індукторів електричних машин в повздовжньому розрізі, як правило, показують верхню половину предмета. Якщо необхідно показати нижню половину предмета, на кресленику дають лише її контур. Зображення обмоток в розрізах та перерізах залежить від виду обмотки. Одновиткову, двовиткову та стрижневу обмотки в поперечних розрізах та перерізах не штрихують, багатовиткову штрихують «в клітинку» (рис. 11.1); при цьому напрям штриховки має бути паралельним до осі паза (для якорів і статорів) або осі каркаса котушки (для трансформаторів та дроселів). На розрізі котушки вздовж проводів обмотки її зображають так, як показано на рис. 11.2. Кількість зображених на кресленику витків є умовною, вона не може відповідати фактичній їх кількості, а також

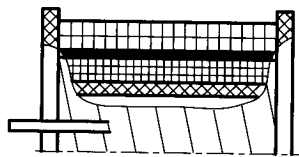


Рис. 11.1

не залежить від кількості шарів обмотки та товщини проводу. У разі необхідності на креслениках котушок з обмотками показують напрям намотування (див. рис. 11.2).

Одношарову та багатошарову ізоляцію, якщо її товщина на кресленику 2 мм і більше, штрихують як неметалеві матеріали, а ізоляцію, товщина якої менше ніж 2 мм, зачорнюють (рис. 11.3).

Багатошарову ізоляцію з одного й того самого матеріалу зображають як монолітне тіло, не проводячи ліній, що розмежують окремі шари ізоляції (рис. 11.3, а). Суміжні шари ізоляції, виконаної з різних матеріалів, розмежують суцільними основними лініями (рис. 11.3, б). Проводи неізольованих котушок на видах не креслять, а котушку зображають як монолітне тіло.

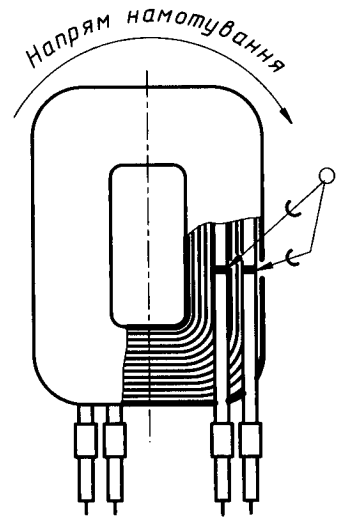


Рис. 11.2

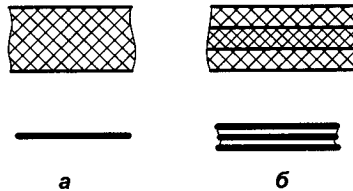


Рис. 11.3

Вказівки про кількість шарів і витків обмотки, ізоляції, а також дані про їх розташунок поміщають у технічних вимогах або в таблиці даних обмотки. Порядок розміщення даних у таблиці має відповідати порядку намотування, починаючи від каркаса котушки. Розміри граф таблиці та їх зміст визначаються розробником і стандартом не регламентуються. Короткі записи допускається поміщати на полицях ліній-виносок безпосередньо біля зображення, наприклад «2 шари», «25 витків». Якщо конструктивні елементи кріплення виводів до обмотки, ізоляції місць паяння тощо зобразити неможливо, усі вказівки про порядок кріплення виводів, способи ізоляції наводять у технічних вимогах або у таблиці даних обмотки.

На складальному кресленику виробу з обмотками, як правило, поміщають схему обмотки. У разі необхідності початок та кінець кожної обмотки позначають відповідно буквами *П* та *К* з додаванням номера обмотки, наприклад *П1*, *П2* або *К1*, *К2*. На кресленику наводять також дані про просочування, паяння та лакофарбовий покрив, які зазначають у технічних вимогах.

На рис. 11.4 та 11.5 наведено приклади оформлення складального кресленика та специфікації котушки.

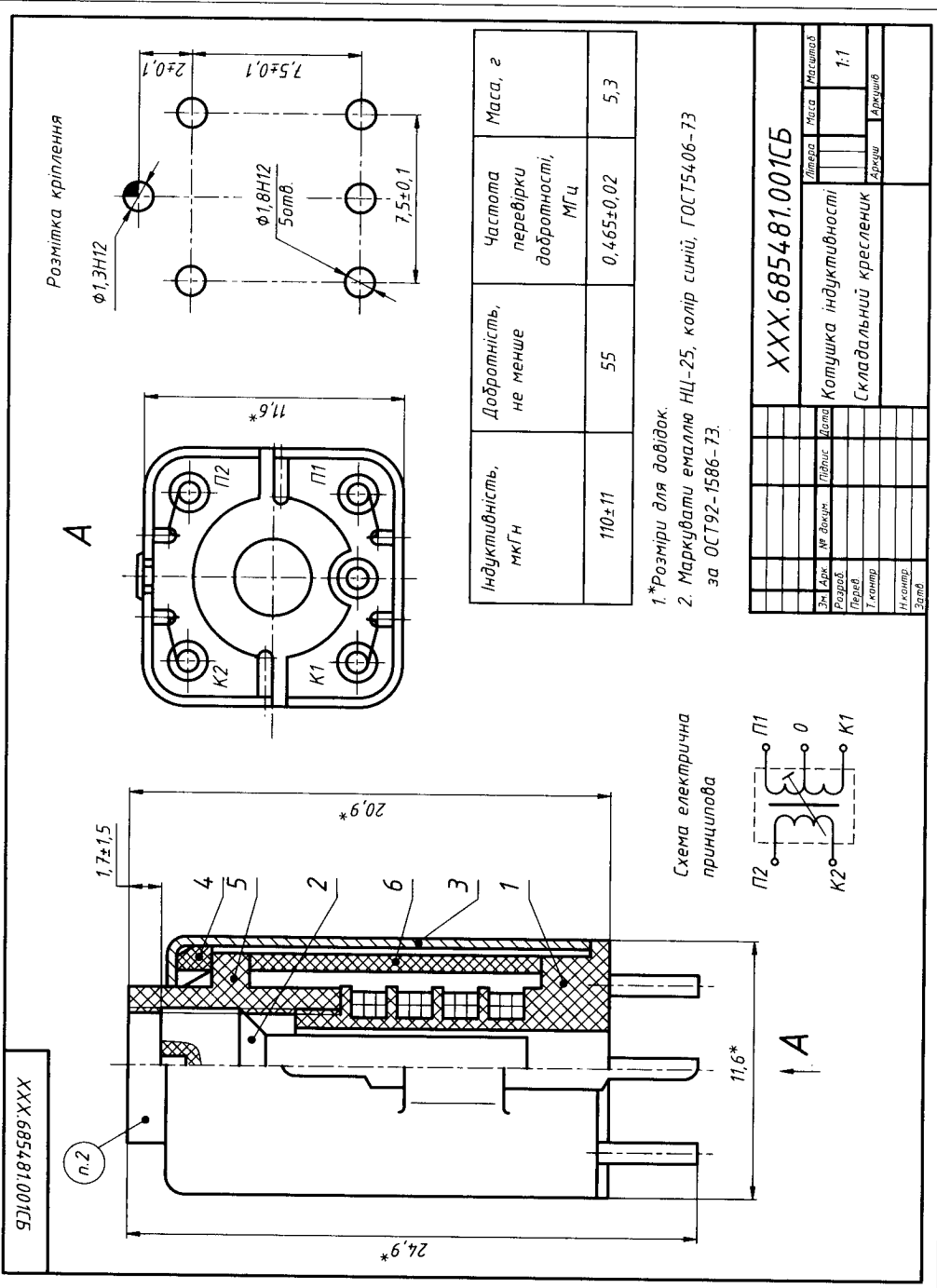


Рис. 11.4

Формат	Зона	Поз.	Познака	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A3			XXXX.685481.001СБ	Складальний кресленик		
				<u>Складанні одиниці</u>		
A3	1		XXXX.685441.001	Котушка	1	
A3	2		XXXX.685462.001	Осердя	1	
A3	3		XXXX.686471.001	Екран	1	
				<u>Деталі</u>		
A4	4		XXXX.711148.001	Прокладка	1	
A4	5		XXXX.711461.001	Букса	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		6		Осердя М400НН-5 ПЯ7.137.902.УВ0.707.050ТУ	1	
XXXX.685481.001						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.					Літера	Аркуш
Перевір.						Аркушів
Н.контр.					Котушка індуктивності	
Затв.						

Рис. 11.5

У разі виконання креслеників виробів з шихтованими (які набирають з листів) та витими (які навивають зі стрічок) магнітопроводами слід керуватись положеннями ГОСТ 2.416–68, який встановлює умовні зображення цих видів магнітопроводів.

Шихтовані та виті магнітопроводи у поперечних розрізах та перерізах штрихують, як показано на рис. 11.6, *а* і *б*. У розрізах та перерізах вздовж листів магнітопроводу не штрихують. Виті магнітопроводи у повздовжніх розрізах та перерізах (відносно стрічок) штрихують, як показано на рис. 11.7.



Рис. 11.6

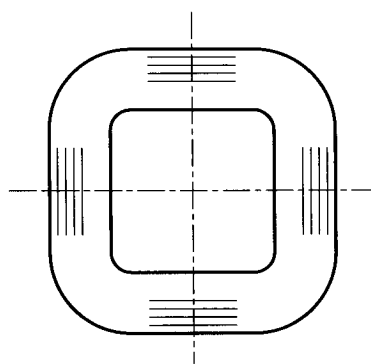


Рис. 11.7

Штрихування виконують суцільними тонкими лініями. Відстань між паралельними лініями штриховки має бути однаковою для усіх перерізів даного предмета, що їх виконують в одному й тому самому масштабі. Цю відстань вибирають у межах від 1 до 10 мм залежно від площі штриховки та необхідності різноманітності штриховку суміжних перерізів. Лінії штриховки (див. рис. 11.6) обмежують допоміжними діагоналями, які на кресленику не показують. Довжину ліній штриховки в разі позначання витих магнітопроводів не регламентують, але ця довжина має бути приблизно однаковою. Напрямок ліній штриховки має відповідати розташуванню листів або витків стрічки магнітопроводів. Кількість ліній штриховки не залежить від кількості листів (витків стрічки) і від товщини листів (стрічки) магнітопроводу.

На видах магнітопроводи показують як монолітні тіла (рис. 11.8, *а* та 11.9, *а*). Якщо немає розрізів магнітопроводів, допускається на виді проводити кілька штрихових ліній у напрямку розташування листів (рис. 11.8, *б*) або стрічок (рис. 11.9, *б*).

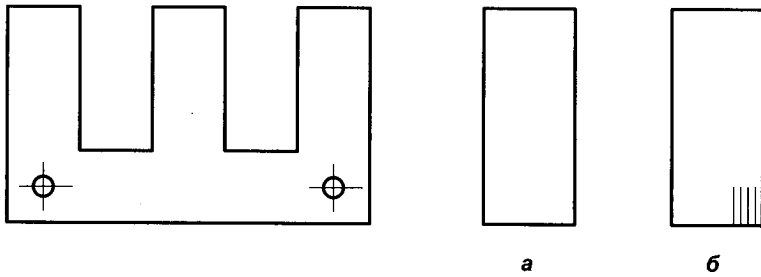


Рис. 11.8

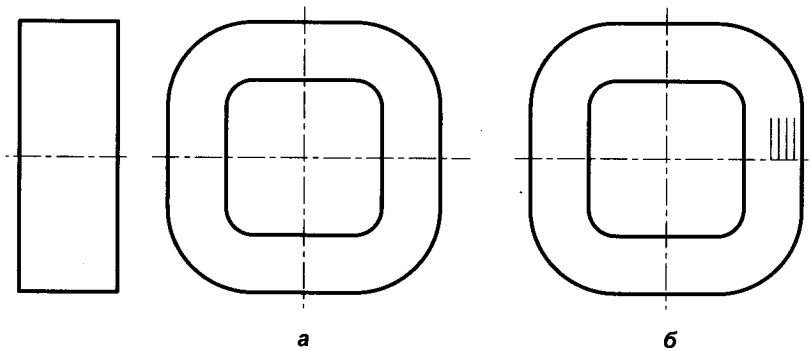


Рис. 11.9

11.2. Кресленики друкованих плат

Друкована плата є основним конструктивним елементом для друкованого монтажу електронних компонентів відповідно до електричної принципової схеми. Терміни та визначення основних понять в галузі друкованих плат встановлює ДСТУ 2646–94. Наведемо ті з них, які буде використано в подальшому викладі матеріалу.

Друкований монтаж – спосіб монтажу, згідно з яким сполучення елементів електричного пристрою виконано за допомогою друкованих провідників.

Друкована плата – основа, яка вміщує провідний рисунок та необхідні отвори.

Рисунок (друкованої плати) – конфігурація провідникового і (або) діелектричного матеріалів, отримана друком відповідного зображення на друкованій платі.

Провідний рисунок – рисунок друкованої плати, утворений провідниковим матеріалом.

Основа (друкованої плати) – частина друкованої плати, на поверхні або в об'ємі якої виконано провідний рисунок.

Однобічна друкована плата – друкована плата з провідним рисунком лише на одному боці.

Двобічна друкована плата — друкована плата, провідний рисунок якої виконано на двох протилежних боках з потрібними сполученнями між ними.

Багатошарова друкована плата — друкована плата, провідний рисунок якої виконано шарами в об'ємі та на поверхні основи.

Гнучка друкована плата — друкована плата, яка має гнучку основу.

Жорстка друкована плата — друкована плата, яка має жорстку основу.

Друкований вузол — друкована плата, до якої підімкнено зовнішні елементи та виконано всі процеси обробляння (паяння, покривання та ін.).

Товщина (друкованої плати) — товщина матеріалу основи друкованої плати, включаючи провідний рисунок або рисунки.

Друкований провідник — одна провідна смужка у провідному рисунку.

Ширина друкованого провідника — поперечний розмір друкованого провідника в будь-якому місці, видимому в плані.

Контактна площадка (друкованої плати) — частина провідного рисунка, використовувана для сполучення елементів радіоелектронної апаратури.

Контактна група — група контактних площадок, призначених для монтажу багатопровідного зовнішнього елемента.

Металізований отвір (друкованої плати) — отвір у друкованій платі з осадженим на стінках провідниковим матеріалом.

Монтажний отвір (друкованої плати) — отвір, використовуваний для з'єднання виводів зовнішніх елементів з друкованою платою, а також для будь-якого електричного сполучення з провідним рисунком.

Перехідний отвір — наскрізний металізований отвір, який служить тільки для електричного сполучення провідників, розташованих на різних шарах плати.

Кріпильний отвір (друкованої плати) — отвір, використовуваний для механічного кріплення друкованої плати на шасі або для механічного кріплення зовнішніх елементів до друкованої плати.

Бік монтажу (друкованої плати) — бік друкованої плати, на якому розміщено більшість зовнішніх елементів.

Бік паяння (друкованої плати) — бік друкованої плати, протилежний до боку монтажу друкованої плати.

Координатна сітка (кресленика друкованої плати) — сітка, яка визначає положення елементів рисунка друкованої плати у прямокутній або полярній системі координат.

Вузол координатної сітки — точка перетину ліній координатної сітки.

Крок координатної сітки — відстань між сусідніми лініями координатної сітки у лінійних або кутових одиницях.

Для виготовлення друкованих плат використовують фольговані та нефольговані листові діелектричні матеріали. Найширше використовують фольговані діелектрики. Для їх виробництва використовують папір або склотканину, просочені синтетичними композиційними смолами, а також полімерні плівки з лавсану, фторопласту тощо. На поверхню листових діелектричних матеріалів з одного або з двох боків, залежно від призначеності друкованих плат, наклеюють мідну фольгу товщиною 20, 35 або 50 мкм. Таким чином виготовляють однібічні або двобічні фольговані діелектрики. Приклади деяких фольгованих матеріалів наведено у табл. 11.1.

Таблиця 11.1. Матеріали друкованих плат

Назва матеріалу	Марка матеріалу	ГОСТ, ТУ	Товщина фольги, мкм	Товщина матеріалу з фольгою, мм	Галузь застосування
Склотекстоліт фольгований однібічний	СФ-1-35	ГОСТ 10316–68	35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	Однібічні друковані плати
	СФ-1-50		50	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	
Склотекстоліт фольгований двобічний	СФ-2-35		35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	Двобічні друковані плати
	СФ-2-50		50	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	
Склотекстоліт теплостійкий фольгований однібічний	СТФ-1	ТУ 16-503.161–77	35	0,13; 0,15; 0,20; 0,25; 0,35; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5	Однібічні друковані плати з підвищеною нагрівостійкістю
Склотекстоліт теплостійкий фольгований двобічний	СТФ-2		35	0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0	Двобічні друковані плати з підвищеною нагрівостійкістю

Виготовлення друкованих плат (ДСТУ 2646–94) здійснюють хімічним, електрохімічним або комбінованим методами. Останнім часом набуває поширення новий метод виготовлення — адитивний.

Хімічний (субтрактивний) метод полягає в тому, що на мідну фольгу, приклеєну до діелектрика з одного або двох боків, наносять фоторезистивний рисунок друкованої плати. Фоторезист — це світлочутливий матеріал, який під впливом актинічного випромінювання змінює властивості, перш за все розчинність. За-

готованку з нанесеним рисунком піддають травленню, в результаті чого в незахищених фоторезистом ділянках фольга розчиняється. Після цього фоторезист видаляють, провадять свердління монтажних отворів і лудіння провідників та контактних площинок. Таким чином, у разі застосування хімічного методу монтажні отвори не металізуються, що є одним із суттєвих недоліків.

В *електрохімічному* методі провідний рисунок отримують у результаті осадження металу на нефольгований діелектрик. При цьому попереднє осадження тонкого шару металу здійснюють хімічним відновленням, а вибіркове — гальванічним осадженням.

Комбінований метод є поєднанням перших двох методів. Провідний рисунок отримують витравлюванням міді, а металізацію отворів здійснюють електрохімічним способом. Залежно від того, на якому етапі відбувається травлення фольги (до металізації отворів чи після металізації) розрізняють відповідно негативний та позитивний комбінований методи виготовлення друкованих плат.

Адитивний метод полягає у створенні провідного рисунка за допомогою вибіркового осадження провідникового матеріалу на нефольгований матеріал основи.

Розробляючи друковані плати, потрібно задовольняти багато вимог щодо забезпечення їх конструктивних параметрів. Ці вимоги викладено в міждержавних стандартах ГОСТ 10317–79, ГОСТ 23751–86 та низці інших. Слід зауважити, що деякі положення цих стандартів є застарілими і не відповідають сучасному рівню розвитку електроніки, тому на поточний момент вітчизняні розробники та виробники електроніки поряд з використанням положень зазначених міждержавних стандартів використовують положення стандартів IPC. IPC (The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits) — це міжнародна асоціація виробників електроніки, основним завданням якої є розроблення та випуск нормативної документації та рекомендацій, які забезпечують координацію між виробниками електронних компонентів, друкованих плат, обладнання, матеріалів та виробниками електроніки. Сформулюємо основні рекомендації з конструювання друкованих плат, базуючись на положеннях стандартів IPC, ГОСТ 10317–79 та ГОСТ 23751–86.

Згідно з ГОСТ 10317–79 лінійні розміри кожного з боків друкованої плати мають бути кратними:

- 2,5 за довжини до 100 мм;
- 5,0 за довжини до 350 мм;
- 10,0 за довжини понад 350 мм.

Максимальний розмір будь-якого з боків не має перевищувати 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін має бути не більшим ніж 1:3.

Граничні відхилення всіх лінійних розмірів мають відповідати встановленим ГОСТ 25347–82 і бути не більшими за 12-й квалітет для сполучуваних розмірів контуру друкованої плати та за 14-й квалітет — для несполучуваних розмірів (ГОСТ 23751–86).

З метою спрощення компоновання блоків та уніфікації розмірів рекомендовано вибирати останні з табл. 11.2.

Таблиця 11.2. Лінійні розміри друкованих плат

У міліметрах								
Ширина	Довжина	Ширина	Довжина	Ширина	Довжина	Ширина	Довжина	
20	30	60	90	100	120	140	150	
	40		100		130		200	
30	40		140	110	150	150	150	
			160		170		170	
40	60	75	75	120	120		160	180
45	75		90		140			200
	80		170		150	160	170	
50	60	80	130		120	160	160	200
	80		140	170		180		
	100	90	90	180		170	200	
	150		120	200			280	
60	60	90	150	130	200	200	360	
	80		170					

Для розміщення зовнішніх елементів та трасування провідників друкованої плати використовують координатну сітку ліній у прямокутній або полярній системі координат. ГОСТ 10317–79 встановлює основний крок координатної сітки рівним 2,50 мм, а додаткові — 1,25; 0,625; (0,5) мм. Зауважимо, що на теперішній час ці положення є застарілими, оскільки з'явилися компоненти з кроком виводів, меншим за 0,5 мм, а також використовуються компоненти закордонного виробництва з кроком у частки дюйма. У зв'язку з цим, базуючись на положеннях стандартів IPC, у ході розроблення друкованих плат як основний крок координатної сітки беруть 0,50 мм в обох напрямках. Якщо координатна сітка з номінальним кроком 0,50 мм не задовольняє вимоги конкретної конструкції, то слід застосовувати координатну сітку з основним кроком 0,05 мм. Для конструкцій, у яких використано елементну базу з кроком 0,625 мм, допускається застосування кроку координатної сітки 0,625 мм. Крок координатної сітки вибирають відповідно до

кроку більшості елементів, які встановлюють на друковану плату. Якщо є потреба застосувати крок, відмінний від основних кроків, то він має бути кратним до основних кроків. Перевагу слід надавати таким крокам:

- $n \times 0,05$ мм, де $n = 5, 10, 15, 20, 25$;
- $n \times 0,50$ мм, де $n = 1, 2, 5, 6, 10$.

У разі використання мікросхем закордонного виробництва з відстанями між выводами за дюймовою системою допускається застосування таких кроків:

- $n \times 2,54$ мм;
- $n \times 0,635$ мм.

Діаметри монтажних та перехідних отворів (металізованих і неметалізованих) мають відповідати ГОСТ 10317–79, який встановлює такий ряд значень: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм. Центри отворів мають бути розміщені у вузлах координатної сітки. У разі застосування зовнішніх (дискретних) елементів з кроком выводів, не кратним до кроку координатної сітки, у вузлі координатної сітки розташовують один з отворів, який розглядають як основний. Решту отворів розташовують відповідно до робочого кресленика елемента.

Застосування різних діаметрів отворів в одній платі слід обмежувати. Не рекомендується застосовувати більше ніж три різні діаметри монтажних та перехідних отворів. Діаметри монтажних та перехідних отворів слід вибирати:

- неметалізованих — залежно від діаметрів выводів зовнішніх елементів, які встановлюють у ці отвори (табл. 11.3);
- металізованих — залежно від діаметрів выводів зовнішніх елементів і товщини плати, в якій виконують отвори (табл. 11.4).

Таблиця 11.3. Діаметри неметалізованих отворів

У міліметрах

Номинальний діаметр неметалізованого отвору	Діаметр виводу, не більший за
0,6	0,4
0,8	0,6
1,0	0,8
1,3	1,0
1,5	1,2
1,6	1,5
2,0	1,7

Таблиця 11.4. Діаметри металізованих отворів

У міліметрах

Номінальний діаметр металізованого отвору	Діаметр виводу, не більший за	Номінальна товщина плати, не більша за
0,6	0,4	1,2
0,8	0,5	1,6
1,0	0,7	2,0
1,3	0,8	2,5
1,5	1,0	3,0
1,6	1,2	3,0
2,0	1,5	3,0

Контактні площинки друкованої плати можуть мати довільну форму (круглу, прямокутну, квадратну тощо). У зовнішніх шарах вона залежить від форми виводів зовнішніх елементів, характеру розташування виводів (радіально-перпендикулярно чи аксіально-паралельно до площини монтажу), способу з'єднання виводів з контактними площинками (в отвори паянням чи внапусток до контактних площинок паянням або зварюванням), способу виготовлення друкованої плати. Контактну площинку, призначену для першого виводу багатовивідного елемента, як правило, виконують іншої форми, ніж решту площинок групи.

Правила виконання креслеників друкованих плат встановлює ГОСТ 2.417–91.

У креслеників однієї, двобічної та багат шарової друкованої плати має бути найменування «Плата друкована». Розміри плати на кресленіку мають бути зазначені одним із таких способів:

- нанесенням координатної сітки в прямокутній системі координат;
- нанесенням координатної сітки в полярній системі координат;
- комбінованим способом за допомогою розмірних ліній та координатної сітки в прямокутній або полярній системі координат;
- у вигляді таблиці координат елементів провідного рисунка (провідників, контактних площинок тощо).

У разі нанесення розмірів за допомогою координатної сітки лінії сітки потрібно нумерувати. Крок нумерації визначають конструктивно, беручи до уваги насиченість і масштаб зображення; його можна виражати в міліметрах (рис. 11.10) або у кількості ліній координатної сітки (рис. 11.11).

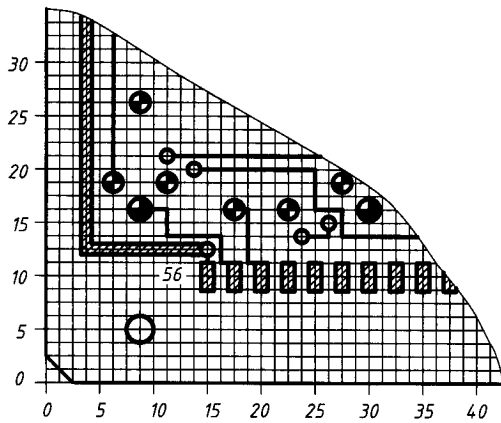


Рис. 11.10

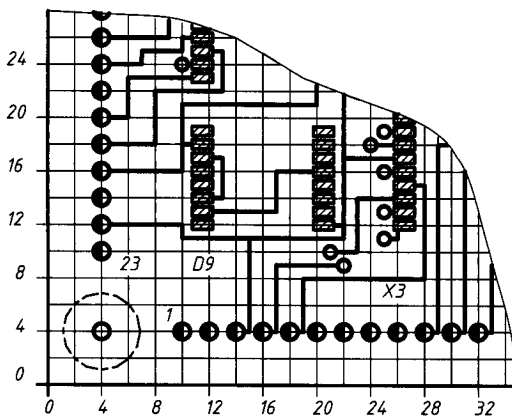


Рис. 11.11

Координатну сітку наносять тонкими суцільними лініями на все поле кресленика або на частину поверхні друкованої плати, або рисками по периметру контуру друкованої плати. Допускається виділяти на кресленику окремі лінії координатної сітки, що чергуються через певні інтервали (див. рис. 11.11), при цьому в технічних вимогах кресленика слід поміщати вказівку типу «Лінії координатної сітки нанесено через одну».

За початок відліку в прямокутній системі координат на головному виді кресленика друкованої плати слід брати:

- центр крайнього лівого або правого нижнього отвору;
- лівий або правий нижній кут друкованої плати (див. рис. 11.11);
- ліву або праву нижню точку, утворену лініями побудови (див. рис. 11.10).

Координатну сітку в полярній системі координат застосовують для креслеників друкованих плат, що мають певну послідовність розташування друкованих провідників з радіальною орієнтацією. Крок координатної сітки в полярній системі координат зазначають за кутом і діаметром.

Якщо розміри та конфігурація рисунка друкованої плати обумовлені в технічних вимогах, то допускається її елементи зображати умовно. Круглі контактні площадки з отворами, в тому числі й такі, що мають зенківку, а також контактні площадки довільної форми, розміри яких не зазначено, зображають на кресленнику одним колом. Допускається контактні площадки, в тому числі й круглі, залежно від їх розмірів зображати умовно у вигляді квадрата, прямокутника, багатокутника тощо. Розміри та форму контактних площадок зазначають у технічних вимогах кресленика. Для нанесення розмірів елементів контактних груп рекомендується винести зображення контактної групи у збільшеному масштабі (рис. 11.12).

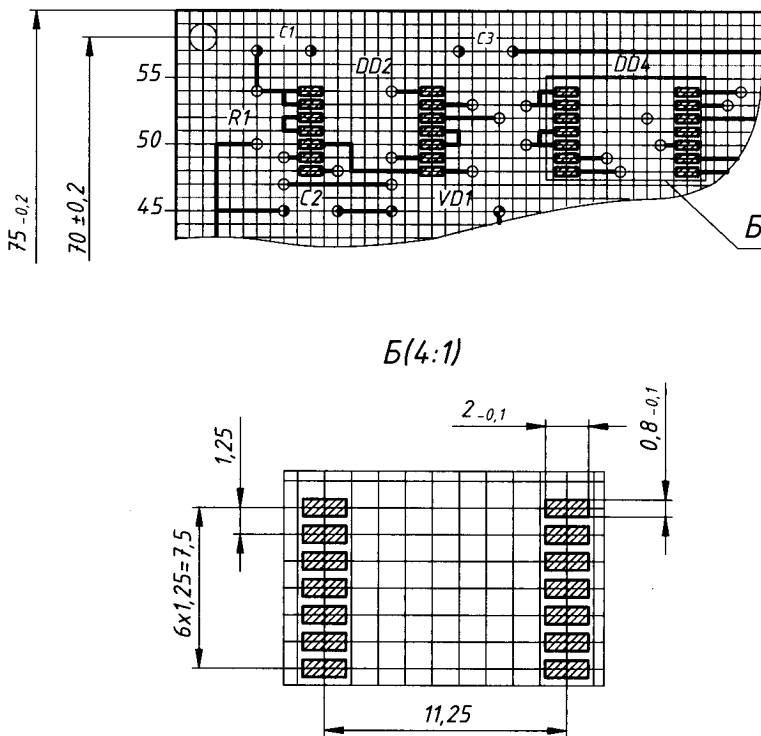


Рис. 11.12

Близькі за діаметром отвори зображають колами з однаковим діаметром, обов'язково наносячи умовну позначку відповідно до ГОСТ 2.307. Приклади таких умовних позначок показано на рис. 11.13. Відомості про діаметр отвору, його умовну позначку, діаметр контактної площадки, наявність металізації, кількість отворів об'єднують у таблицю, рекомендовану форму якої наведено на рис. 11.14.






<i>Діаметр, мм</i>	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
<i>Умовна позначка отвору</i>					

Рис. 11.13

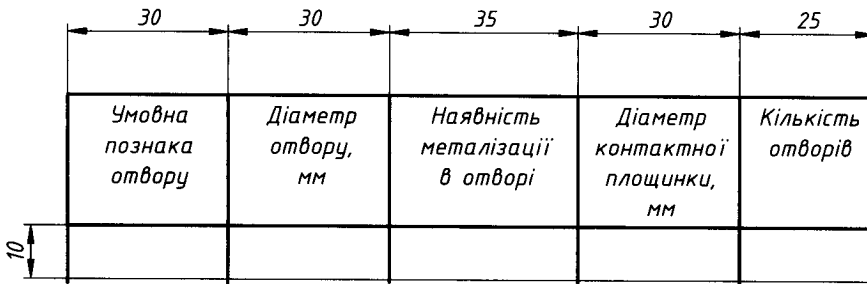


Рис. 11.14

Провідники на кресленику слід позначати однією лінією, що є віссю симетрії провідника. Числове значення ширини провідника зазначають у технічних вимогах. Можна зображати провідники двома лініями; при цьому, якщо вони збігаються з лініями координатної сітки, числове значення ширини провідника не зазначають.

Окремі елементи рисунка друкованої плати (провідники, екрани, ізоляційні ділянки) допускається виділяти на кресленику штриховкою, зачорненням тощо.

Ділянки друкованої плати, які не допускається займати друкованими провідниками та контактними площадками, на кресленику необхідно обводити штрихово-пунктирною потовщеною лінією (див. рис. 11.11). Розміри цих ділянок визначають за координатною сіткою або наносять на кресленику.

Зображення друкованої плати з елементами, що повторюються, допускається виконувати не повністю в обсязі, що забезпечує однозначність читання кресленика. При цьому має бути вказана закономірність розташування таких елементів.

Маркування друкованої плати розміщують на вільному місці плати. У разі маркування способом, яким виконано провідний рисунок, допускається застосовувати будь-який шрифт; при цьому в технічних вимогах кресленика спосіб маркування не зазначають.

Над основним написом наносять технічні умови, які складають, групуючи їх за технологією виготовлення, і записують, наприклад, у такій послідовності.

- Плату виготовити ... (вказати метод).
- Плата має відповідати ... (вказати стандарт або технічні умови).

- Крок координатної сітки ... мм.
- Конфігурацію провідників витримувати за координатною сіткою з відхиленням від кресленика ... мм.
- Допускається скруглення кутів контактних площинок і провідників.
- Місця, обведені штрихово-пунктирною лінією, провідниками не займати.
- Ширина провідників у вільних місцях ... мм, у вузьких — ... мм.
- Відстань між двома провідниками, між двома контактними площинками або між провідником і контактною площинкою у вільних місцях не менша ніж ... мм, у вузьких — не менша ніж ... мм.
- Провідники покрити сплавом «Розе».
- Маркування виконати травленням шрифтом ... за НО.010.007.

Позначку друкованої платі та її кресленику присвоюють за загальними правилами відповідно до класифікатора ЄСКД. Для друкованих плат цим класифікатором виділено групи класифікаційної характеристики 758700–758800. Група 758700 включає друковані плати на жорсткій основі з прямолінійним та непрямолінійним контуром у плані; одно- та двобічні; з друкованими провідниками, елементами, схемою. У межах цієї групи подальший розподіл за підгрупами та видами здійснюють відповідно до табл. 11.5.

Таблиця 11.5. Розподіл за підгрупами та видами у групі 758700

Група	Підгрупа	Вид	Опис
7587__	1		З друкованими провідниками, однобічні
	2		З друкованими провідниками, двобічні
	3		З друкованою схемою, однобічні
	4		З друкованою схемою, двобічні
	5		З друкованими елементами
		1	Завширшки до 20 мм включно
		2	Завширшки понад 20 до 50 мм включно
		3	Завширшки понад 50 до 125 мм включно
		4	Завширшки понад 125 до 200 мм включно
		5	Завширшки понад 200 до 400 мм включно
		6	Завширшки понад 400 мм

Приклад виконання кресленика двобічної друкованої платі наведено на рис. 11.15 та рис. 11.16.

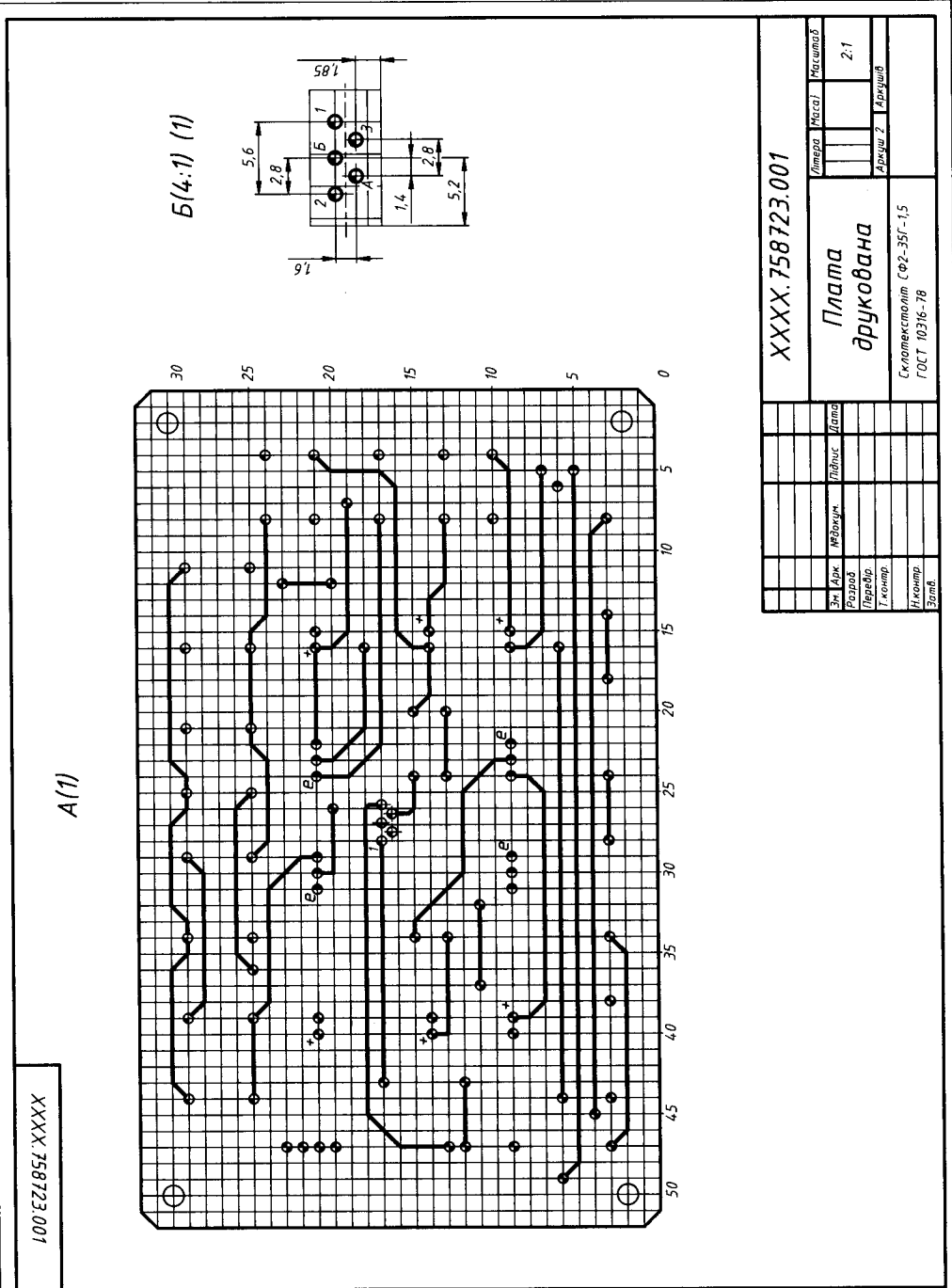


Рис. 11.16

У разі застосування автоматизованого та напіваавтоматизованого методів конструювання допускається кресленики друкованих плат випускати без зображення провідного рисунка, включаючи в комплект конструкторської документації документи на носіях даних, що визначають конструкцію та спосіб виготовлення друкованих плат і їх складових частин. Документи на носіях даних записують у специфікацію складанної одиниці. Комплект конструкторської документації на друковану плату за автоматизованого методу проектування має відповідати ГОСТ 2.123–93.

11.3. Виконання кресленика та специфікації друкованого вузла

Друкованим вузлом називають друковану плату, до якої підімкнено зовнішні елементи та виконано всі процеси обробляння (паяння, покривання тощо).

Зовнішні елементи слід розташовувати на платі правильними рядами паралельно один до одного. Кріплять зовнішні елементи за допомогою виводів, які вставляють у монтажні отвори. Не рекомендується у монтажному отворі розташовувати два і більше виводів.

Складальний кресленик друкованого вузла виконують відповідно до вимог ГОСТ 2.109–73 та ГОСТ 2.413–72. Останній встановлює правила оформлення конструкторської документації виробів, що їх виготовляють із застосуванням електромонтажу.

Складальний кресленик друкованого вузла має давати повне уявлення про розташунок і встановлення на друкованій платі усіх зовнішніх елементів (електронних компонентів та інших складових частин друкованого вузла). Зовнішні елементи зображають спрощено, якщо це не заважає розумінню кресленика. Якщо зовнішній елемент є елементом електричної принципової схеми, то на його зображенні або біля нього (переважно над ним або справа) наносять позиційну позначку, присвоєну цьому елементу в схемі. Якщо зовнішній елемент, що є елементом електричної принципової схеми, має бути підібраний під час регулювання, то на кресленіку позиційну позначку цього елемента наносять зі знаком * (наприклад, R16*), а у технічних вимогах поміщають вказівку типу «Підбирають під час регулювання».

На складальному кресленнику друкованого вузла мають бути зазначені номери позицій складових частин, габаритні та приєднавчі розміри, а також мають міститися відомості про способи приєднання зовнішніх елементів до друкованої плати.

Допускається не наносити на кресленнику номери позицій, під якими у специфікації записано складові частини, що є елементами електричної принципової схеми вузла та їх занесено до його специфікації у розділах «Стандартні вироби» та «Інші вироби».

У технічних вимогах складального кресленника дають посилання на нормативні документи, які регламентують правила підготовки виводів та встановлення виробів електронної техніки на друковані плати. У випадку, якщо спосіб встановлення зовнішнього елемента на плату не передбачено нормативним документом, на кресленнику наводять відповідний вид або розріз, що пояснює спосіб кріплення цього елемента.

Найменування виробу, що його записують у графі 1 основного напису на складальному кресленнику друкованого вузла, має збігатися з найменуванням електричної принципової схеми.

Специфікацію друкованого вузла виконують відповідно до вимог ГОСТ 2.106–96, беручи до уваги доповнення та зміни, встановлені ГОСТ 2.413–72.

Складові частини, що є елементами електричної принципової схеми та застосовані за стандартами або технічними умовами, записують у специфікацію на початку відповідного розділу групами в порядку розташування літерних позиційних позначок, наведених у ГОСТ 2.710–81. У середині групи складові частини записують у порядку зростання основних параметрів.

У разі занесення до специфікації складової частини, що є елементом електричної принципової схеми вузла, у графі «Примітка» зазначають позиційну позначку, присвоєну цьому елементу в схемі. Якщо у вузлі кілька однакових складових частин, що є різними елементами схеми (наприклад, резистор С1-4–0,125-5,1 кОм $\pm 10\%$ ГОСТ 25380–88 є опорами R3, R8 та R11), то у графі «Примітка» у відповідному рядку наводять у порядку зростання позиційні позначки елементів. При цьому позиційні позначки елементів з послідовними порядковими номерами зазначають так: «R8 ... R12».

Приклади виконання складального кресленника та специфікації друкованого вузла наведені відповідно на рис. 11.17–11.19.

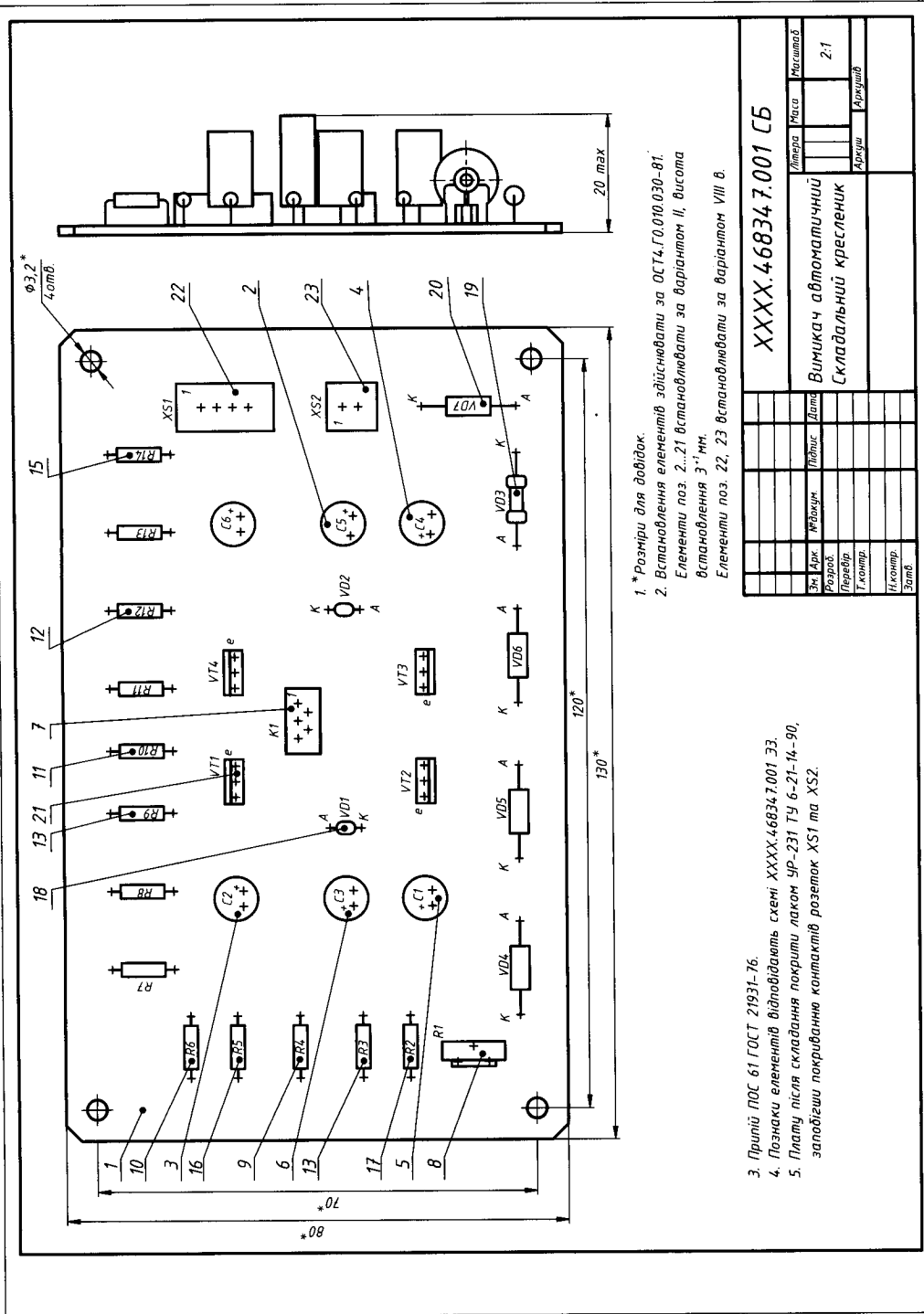


Рис. 11.17

Формат	Зона	Поз.	Познака	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
А3			XXXX.46834.7.001 СБ	Складальний кресленик		
А3			XXXX.46834.7.001 ЗЗ	Схема електрична принципова		
А4			XXXX.46834.7.001 ПЗЗ	Перелік елементів		
				<u>Деталі</u>		
А3	1		XXXX.758723.001	Плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори К50-35		
				ОЖО.464.214 ТУ		
		2		К50-35-25В-10 мкФ	1	С5
		3		К50-35-25В-22 мкФ	1	С2
		4		К50-35-25В-4.7 мкФ	1	С4
		5		К50-35-25В-100 мкФ	2	С1, С6
		6		К50-35-50В-4,7 мкФ	1	С3
		7		Реле РЭК-63		
				РВИМ.64.7612.029 ТУ	1	К1
		8		Резистор РП1-630М - -100 кОм ±20%		
				ОЖО.468.396ТУ	1	Р1
				XXXX.46834.7.001		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.					Літера	Аркуш
Перевір.						Аркушів
Н.контр.						1 2
Затв.					Вимикач автоматичний	

Рис. 11.18

Запитання для самоперевірки

1. Які основні особливості зображення на креслениках виробів з обмотками?
2. Як на креслениках зображають магнітопроводи?
3. Яких вимог слід дотримувати, вибираючи розміри друкованої плати?
4. Назвіть способи нанесення розмірів на кресленику друкованої плати.
5. Які умовності припустимі в разі зображення на кресленику друкованої плати отворів та контактних площинок?
6. Які особливості виконання складального кресленика друкованого вузла?
7. Як слід записувати у специфікацію друкованої плати складові частини, що є елементами електричної принципової схеми?

Розділ 12

Схеми

- ◆ Загальні положення. Види та типи схем
- ◆ Загальні вимоги до виконання схем
- ◆ Правила виконання електричних схем різних типів
- ◆ Умовні графічні позначки в електричних схемах

12.1. Загальні положення. Види та типи схем

Схема — це графічний конструкторський документ, на якому за допомогою умовних позначок і зображень показано складові частини виробу і зв'язки між ними.

Терміни та визначення основних понять, що стосуються схем, подано в ДСТУ 3323:2003. Наведемо основні з них.

Функційна частина схеми — складова частина схеми певної функційної призначеності: елемент схеми, пристрій схеми, функційна група, функційний ланцюг.

Елемент схеми — функційна складова частина схеми, що означає частину виробу, яку не можна поділити на частини самостійної функційної призначеності (резистор, трансформатор, діод, транзистор).

Пристрій схеми — складова частина схеми, що означає сукупність елементів, яка відповідає складовим частинам виробу, з'єднаним у єдину конструкцію (блок, плата).

Функційна група схеми — складова частина схеми, що означає сукупність елементів, яка відповідає складовим частинам виробу, що виконують певну функцію, але не становлять єдиної конструкції.

Функційний ланцюг схеми — складова частина схеми, яка позначає лінію, канал чи тракт певної призначеності (позначки каналу звуку, відеоканалу, тракту надвисоких частот).

Лінія взаємозв'язку (зв'язку) — відрізок лінії, що означає зв'язки між функційними частинами схеми.

Класифікацію схем за видами і типами та загальні вимоги до їх виконання встановлює ГОСТ 2.701–84.

Залежно від видів елементів, що входять до складу виробу, та зв'язків між ними схеми поділяють на *види*, кожний з яких має свою літерну позначку. Усього розрізняють десять видів схем:

- електричні — Э;
- гідравлічні — Г;
- пневматичні — П;
- газові (окрім пневматичних) — Х;
- кінематичні — К;
- вакуумні — В;
- оптичні — Л;
- енергетичні — Р;
- поділу — Е;
- скомбіновані — С.

Для виробів, до складу яких входять елементи різних видів, розробляють кілька схем відповідних видів або скомбіновану схему, що містить елементи та зв'язки різних видів. Допускається на схемі одного виду зображати елементи схем іншого виду, які безпосередньо впливають на роботу схеми цього виду, а також елементи і пристрої, що не входять до виробу, на який розробляють схему, але є необхідними для роз'яснення принципів його роботи.

Залежно від основної призначеності схеми поділяють на *типи*, які позначають арабськими цифрами. Усього встановлено вісім типів схем:

- структурні — 1;
- функційні — 2;
- принципіві — 3;
- з'єднання — 4;
- приєднання (підмикання) — 5;
- загальні — 6;
- розташування — 7;
- об'єднані — 0.

Найменування та код схеми залежать від її виду й типу. Код схеми має складатися з літерної частини, що позначає вид схеми, та цифрової частини, яка позначає її тип (схема електрична принципова — ЭЗ, схема гідравлічна з'єднання — Г4). Найменування скомбінованої схеми залежить від видів схем, які до неї входять, і її типу (схема електрогідравлічна принципова — СЗ, схема електрогідроппневмокінематична принципова — СЗ). Найменування об'єднаної схеми залежить від виду схеми та об'єднаних типів схем (схема електрична з'єднання та підмикання — Э0, схема гідравлічна структурна, принципова та з'єднання — Г0).

12.2. Загальні вимоги до виконання схем

Загальна кількість схем, що їх розробляють на виріб, має бути мінімальна, але в сукупності вони мають містити відомості в обсязі, достатньому для проектування, виготовлення, експлуатації та ремонтування виробу.

Формати аркушів схем вибирають відповідно до вимог, встановлених у ГОСТ 2.301–68 та ГОСТ 2.004–88, надаючи перевагу основним форматам.

Схеми виконують без дотримання масштабу, дійсний просторовий розташунок складових частин виробу до уваги не беруть або беруть приблизно.

Графічні позначки елементів (пристроїв, функційних груп) та лінії зв'язку, що їх з'єднують, слід розташовувати на схемі таким чином, щоб забезпечити найкраще уявлення про структуру виробу та взаємодію його складових частин.

У разі проектування виробу, до якого входять кілька різних пристроїв, на кожний пристрій рекомендується виконувати самостійну принципову схему. На пристрої, які можуть бути застосовані в інших виробках або самостійно, необхідно виконувати самостійні принципові схеми.

Оформлюючи схему виробу, до складу якого входять пристрої, що мають самостійні принципові схеми, кожний такий пристрій розглядають як елемент схеми і зображають у вигляді фігури (як правило, прямокутника) суцільною лінією, такою собою завтовшки, як і лінії зв'язку. Допускається зображати такі пристрої у вигляді фігури лініями, удвічі товщими за лінії зв'язку, а також у вигляді умовної графічної позначки.

Функційну групу або пристрій, що не мають самостійної принципової схеми, виконують на схемах у вигляді фігури (як правило, прямокутника) з контурних штрихово-пунктирних ліній, товщина яких дорівнює лініям зв'язку. Якщо до виробу входять кілька однакових пристроїв, що не мають самостійних принципових схем, або однакових функційних груп, то на схемі виробу допускається не повторювати схеми цих пристроїв чи функційних груп. При цьому пристрій або функційну групу зображають у вигляді прямокутника, а схему такого пристрою або функційної групи зображають всередині одного з прямокутників (більшого розміру) або розташовують на полі схеми з відповідним написом, наприклад «Схема блоку ХХХХ.ХХХХХХ.ХХХ».

У ході виконання схем застосовують такі *графічні позначки*:

- *умовні графічні позначки*, встановлені у стандартах ЄСКД, а також побудовані на їх основі;
- *прямокутники*;
- *спрощені зовнішні обриси* (зокрема аксонометричні).

Умовні графічні позначки елементів зображають у розмірах, встановлених у стандартах на умовні графічні позначки. Умовні графічні позначки, співвідношення розмірів яких наведено у відповідних стандартах на модульній сітці, потрібно зображати на схемах у розмірах, заданих по вертикалі та горизонталі кількістю кроків модульної сітки M (рис. 12.1). При цьому крок модульної сітки для кожної схеми може бути будь-яким, але однаковим для усіх елементів та пристроїв даної схеми. Умовні графічні позначки елементів, розміри яких не встановлено у вказаних стандартах, потрібно зображати на схемі у розмірах, у яких їх виконано у відповідних стандартах на умовні графічні позначки. Допускається пропорційно змінювати усі розміри умовних графічних позначок.

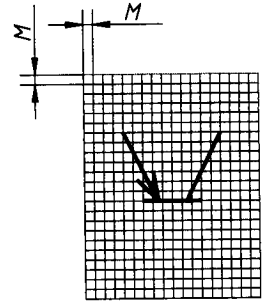


Рис. 12.1

Розміри умовних графічних позначок, а також товщини їх ліній мають бути однаковими на усіх схемах для даного виробу. Виняток можуть складати умовні графічні позначки елементів, що їх використовують як складові частини позначок інших елементів (пристроїв); їх допускається зображати зменшеними порівняно з іншими елементами.

Умовні графічні позначки слід виконувати лініями тієї самої товщини, що й лінії зв'язку. Відстань між двома сусідніми лініями умовної графічної позначки має бути не менша за 1,0 мм, а між окремими умовними графічними позначками — не менша за 2,0 мм.

Умовні графічні позначки елементів зображають на схемі в положенні, в якому їх наведено у відповідних стандартах, або повернутими на кут, кратний до 90° . Допускається умовні графічні позначки повертати на кут, кратний до 45° , або зображати дзеркально повернутими. Умовні графічні позначки, що містять цифрові або літерно-цифрові позначки, допускається повертати проти годинникової стрілки тільки на кут 90 або 45° .

Лінії зв'язку виконують завтовшки від 0,2 до 1,0 мм залежно від формату схеми та розмірів графічних позначок (рекомендованими є значення від 0,3 до 0,4 мм). Вони мають складатися з горизонтальних та вертикальних відрізків і мати найменшу кількість зломів та взаємних перетинів. В окремих випадках, якщо це спрощує графіку схеми, дозволяється застосовувати похилі відрізки ліній зв'язку, довжину яких слід по можливості обмежувати. Відстань між двома сусідніми паралельними лініями зв'язку має бути не меншою за 3,0 мм.

Лінії зв'язку зазвичай слід показувати повністю. Якщо ж вони утруднюють читання схеми, їх допускається обривати. Обриви ліній зв'язку закінчують стрілками. Біля стрілок вказують місця підмикання та (або) необхідні характеристики ланцюгів, наприклад полярність, потенціал тощо.

У разі переходу лінії зв'язку з одного аркуша чи одного документа на інший лінії зв'язку слід обривати за межами зображення схеми без стрілок. Поряд з обривом має бути вказана познака чи назва, присвоєна лінії, а в круглих дужках номер аркуша схеми та зони (за умови її наявності) у разі виконання схеми на кількох аркушах, наприклад аркуш 5, зона А6 – (5А6), або познака документа, на який переходить лінія зв'язку, у разі виконання схем як самостійних документів.

Елементом, пристроєм та функційним групам, що входять до виробу і зображені на схемі, присвоюють *умовні літерно-цифрові позначки*. Ці позначки призначені для однозначного записування в скороченій формі відомостей про елементи, пристрої та функційні групи у документації на виріб, а також для посилань на відповідні частини виробу в текстових документах. Умовні літерно-цифрові позначки формують відповідно до стандартів на правила виконання конкретних видів схем. Правила формування умовних літерно-цифрових позначок в електричних схемах визначає ГОСТ 2.710–81. Для їх побудови застосовують великі літери латинського алфавіту, арабські цифри, а також наведені у табл. 12.1 знаки (*кваліфікувальні символи*).

Таблиця 12.1. Кваліфікувальні символи умовних позначок

Тип умовної позначки	Символ
Познака вищого рівня – пристрій	=
Познака вищого рівня – функційна група	≠
Конструкційна позначка	+
Познака елемента (позиційна позначка)	–
Познака електричного контакту	:
Адресна позначка	()

Умовні літерно-цифрові позначки записують у вигляді послідовності літер, цифр та знаків в один рядок без пробілів, і їх кількість у позначці не визначено.

Залежно від повноти інформації, яку потрібно передати, умовна літерно-цифрова позначка може мати просту або складну структуру, тобто структуру у вигляді позначок окремих типів або у вигляді складанної позначки. Складанну позначку утворюють послідовним записуванням позначок різних типів. Позначку, що входить до складанної позначки, записують з кваліфікувальним символом. Порядок запису залежить від порядку входження. Наприклад, $\neq T1=A2-R5$ означає, що резистор R5 входить до складу пристрою A2, який належить до функційної групи T1. Перед позначкою пристрою, функційної групи або елемента, що стоїть на початку складанної позначки, допускається не вказувати відповідний кваліфікувальний символ, якщо це не призведе до неправильного розуміння позначок (наприклад, K1:2 – другий контакт реле K1).

Познака елемента (позиційна позначка) у загальному випадку складається з трьох частин. У першій частині позиційної позначки однією або кількома літерами (літерним кодом) вказують вид елемента, у другій — порядковий номер елемента даного виду, у третій — функційну призначеність елемента (відповідним літерним кодом). Наприклад, С4І — конденсатор С4, що його використовують як інтегровальний. Вид і номер є обов'язковими частинами умовної літерно-цифрової позначки, і їх потрібно присвоювати всім елементам та пристроям виробу. Позначка функційної призначеності елемента не слугує для ідентифікації елемента і не є обов'язковою. Літерні коди найпоширеніших видів елементів відповідно до ГОСТ 2.710–81 наведено у табл. 12.2, а літерні коди функційної призначеності — у табл. 12.3.

Таблиця 12.2. Літерні коди найпоширеніших видів елементів

Перша літера коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
А	Пристрій (загальна позначка)		
В	Перетворювачі неелектричних величин у електричні (окрім генераторів та джерел живлення) або навпаки; Аналогові чи багаторозрядні перетворювачі або датчики для вказування чи вимірювання	Гучномовець Магнітострикційний елемент Детектор іонізуючих випромінювань Сельсин-приймач Телефон (капсуль) Сельсин-датчик Тепловий датчик Фотоелемент Мікрофон Датчик тиску П'єзоелемент Датчик частоти обертання (тахогенератор) Звукознімач Датчик швидкості	ВА ВВ ВД ВЕ ВФ ВС ВК ВЛ ВМ ВР ВQ ВR BS BV
С	Конденсатори		
Д	Схеми інтегральні, мікросбірки	Схема інтегральна аналогова Схема інтегральна цифрова, логічний елемент Пристрої зберігання інформації Пристрої затримки	DA DD DS DT
Е	Елементи різні	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна Піропатрон	EK EL ET

Перша літера коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
F	Розрядники, запобіжники, пристрої захисні	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії Запобіжник плавкий Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	FA FP FU FV
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Пристрої індикаційні та сигнальні	Пристрій звукової сигналізації Індикатор символний Пристрій світлової сигналізації	HA HG HL
K	Реле, контактори, пускачі	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги	KA KH KK KM KT KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
M	Двигуни		
P	Прилади, вимірювальне обладнання	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Реєстраційний прилад Годинник, вимірювач часу дії Вольтметр Ватметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
Q	Вимикачі та роз'єднувачі у силових мережах (енергопостачання, живлення обладнання тощо)	Вимикач автоматичний Короткозамикач Роз'єднувач	QF QK QS

Таблиця 12.2 (продовження)

Перша літера коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
R	Резистори	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варистор	RK RP RS RU
S	Пристрої комутаційні у ланцюгах керування, сигналізації та вимірювальних	Вимикач або перемикач Вимикач кнопковий Вимикач автоматичний Вимикачі, що спрацьовують від різних впливів: <ul style="list-style-type: none"> • рівня • тиску • положення • частоти обертання • температури 	SA SB SF SL SP SQ SR SK
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатори струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги	TA TS TV
U	Пристрої зв'язку Перетворювачі електричних величин у електричні	Модулятор Демодулятор Дискримінатор Перетворювач частотний, інвертор, генератор частоти, випрямляч	UB UR UI UZ
V	Прилади електровакуумні та напівпровідникові	Діод, стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Лінії та елементи НВЧ Анени	Відгалужувач Короткозамикач Вентиль Трансформатор, фазообергач Атенюатор Антенна	WE WK WS WT WU WA

Перша літера коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
X	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт ковзний Штир Гніздо З'єднання рознімне З'єднувач високочастотний	XA XP XS XT XW
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальма з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом Електромагнітний патрон або плита	YA YB YC YN
Z	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі	Обмежувач Фільтр кварцовий	ZL ZQ

Таблиця 12.3. Літерні коди функційної призначеності елементів

Літерний код	Функційна призначеність	Літерний код	Функційна призначеність
A	Допоміжний	N	Вимірювальний
B	Напрямок руху (вперед, назад, уверх, униз, за годинниковою стрілкою, проти годинникової стрілки)	P	Пропорційний
		Q	Стан (старт, стоп, обмеження)
C	Лічильний	R	Вертання, скидання
D	Диференціювальний	S	Запам'ятовування, запис
F	Захисний	T	Синхронізація, затримка
G	Випробувальний	V	Швидкість (прискорення, гальмування)
H	Сигнальний	W	Додавання
I	Інтегрувальний	X	Множення
K	Штовхальний	Y	Аналоговий
M	Головний	Z	Цифровий

Дані про елементи схеми слід записувати до *переліку елементів*. Його оформляють у вигляді таблиці за формою, показаною на рис. 12.2, і поміщають на першому

аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа. У разі виконання переліку документів на першому аркуші схеми його розташовують над основним написом на відстані не меншій за 12 мм. Продовження переліку поміщають зліва від основного напису, повторюючи головик таблиці. Перелік елементів у вигляді самостійного документа виконують на форматі А4. Основний напис виконують за ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 (форма 2 та 2а). Код такого документа має складатися з літери «П» та коду схеми, до якої випускають перелік (наприклад, код переліку елементів до електричної принципової схеми — ПЭЗ). При цьому в основному написі (графі 1) вказують найменування виробу, а також найменування документа — «Перелік елементів». Перелік документів записують у специфікацію після схеми, до якої його випущено.

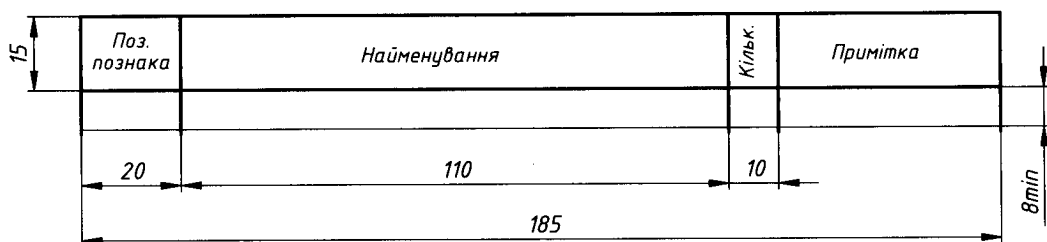


Рис. 12.2

У графах таблиці переліку елементів зазначають такі дані:

- у графі «Поз. познака» — позиційні позначки елементів, пристроїв функційних груп;
- у графі «Найменування» — найменування елемента чи пристрою відповідно до документа, на підставі якого цей елемент або пристрій застосовано, та позначку цього документа (основний конструкторський документ, державний стандарт, галузевий стандарт чи технічні умови);
- у графі «Примітка» — технічні дані елемента чи пристрою, які не містяться у його найменуванні.

У випадках, коли поле схеми розбивають на зони, перелік елементів доповнюють графою «Зона» (рис. 12.3), вказуючи в ній позначку зони, у якій розташовано даний елемент або пристрій.

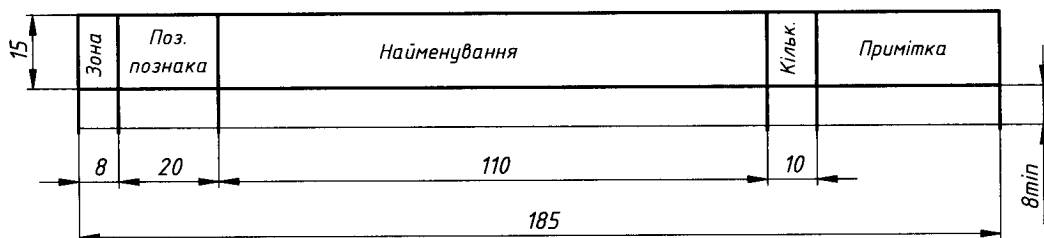


Рис. 12.3

Елементи у перелік записують групами в алфавітному порядку літерних позиційних позначок. У межах кожної групи, що мають однакові літерні позиційні позначки, елементи розташовують за зростанням порядкових номерів. У разі застосування на схемі цифрових позначок останні записують у порядку зростання. Для полегшення внесення змін допускається залишати кілька незаповнених рядків між окремими групами елементів, а за великої кількості елементів у групі — і між елементами. Елементи одного типу з однаковими параметрами допускається записувати у перелік одним рядком. У цьому випадку до графи «Поз. позначка» вписують тільки позиційні позначки з найменшим та найбільшим порядковими номерами (R3, R4; C8...C12), а до графи «Кільк.» — загальну кількість таких елементів. У разі записування однакових за найменуванням елементів, які відрізняються технічними характеристиками та іншими даними і мають однакові літерні позначки, допускається найменування (або найменування, тип та позначку документа, на підставі якого ці елементи застосовано) записувати у вигляді загального заголовка.

Якщо на схемі показано елементи, які не є самостійними конструкціями, то в разі записування їх до переліку графу «Найменування» не заповнюють, а у графі «Примітка» роблять пояснювальний напис або посилання на пояснювальний напис на полі схеми (рис. 12.4).

Поз. позначка	Найменування	Кільк.	Примітка
C4	Конденсатор К10-62-Н20-1000 пФ $\pm 20\%$		
	ОЖО.460.217 ТУ	1	
C5		1	Ємність монтажу
DP1		1	Див. п.5

Рис. 12.4

У ході виконання схем дозволяється використовувати наступні спрощення.

Якщо у виробі є кілька однакових елементів (пристроїв, функційних груп), з'єднаних паралельно, то можна замість зображення усіх гілок паралельного з'єднання зображати тільки одну гілку, вказуючи кількість гілок за допомогою позначки відгалуження. Біля графічних позначок елементів (пристроїв, функційних груп), зображених в одній гілці, проставляють їх літерно-цифрові позначки. При цьому мають бути враховані усі елементи, що входять до цього паралельного з'єднання (рис. 12.5).

У разі послідовного з'єднання трьох і більше однакових елементів (пристроїв, функційних груп) можна зображати тільки перший та останній елементи (пристрої, функційні групи), показуючи зв'язки між ними штриховими лініями. Над штриховою лінією зазначають загальну кількість однакових елементів (рис. 12.6).

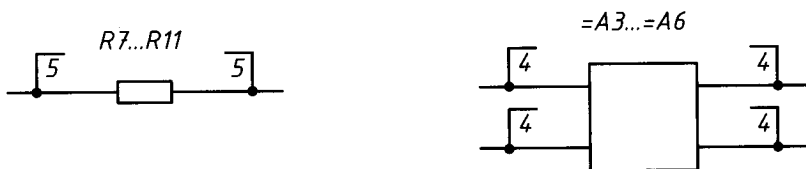


Рис. 12.5

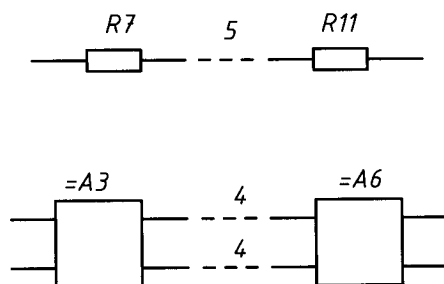


Рис. 12.6

На схемах дозволяється вказувати різноманітні *технічні дані*, характер яких залежить від призначеності схеми. Їх наводять у тому випадку, коли відомості, які у них містяться, недоцільно або неможливо виразити графічно або умовними позначками. Ці дані залежно від форми та призначеності можуть бути розташовані:

- поряд з графічними позначками (літерно-цифрові позначки, позначки сигналів тощо);
- усередині графічних познач (назви пристроїв, функційних груп);
- над лініями зв'язку, в їх розриві чи біля кінців (позначки ліній зв'язку, адреси);
- на вільному полі схеми (діаграми, таблиці, текстові вказівки).

Текстові дані, що стосуються ліній зв'язку, орієнтують паралельно до горизонтальних ділянок відповідних ліній. За великої насиченості схеми допускається вертикальна орієнтація даних. Написи, знаки чи графічні позначки, призначені для нанесення на виріб, на схемі беруть у лапки.

У написах на схемах не можна застосовувати скорочення слів, за винятком загальноприйнятих або встановлених у стандартах.

На полі схеми над основним написом допускається поміщати технічні вказівки. У разі виконання схеми на кількох аркушах технічні вказівки, що є загальними для усієї схеми, слід розташовувати на першому аркуші схеми, а технічні вказівки, що стосуються окремих елементів, розташовують або безпосередньо біля зображення елемента, або на вільному полі того аркуша, де вони є найнеобхіднішими для зручності читання схеми.

12.3. Правила виконання електричних схем різних типів

12.3.1. Схеми структурні

Структурна схема — це схема, на якій показано основні функційні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначеність для отримання загального уявлення про виріб (ДСТУ 3323:2003).

Правила виконання електричних структурних схем, як і правила виконання електричних схем інших типів, визначає ГОСТ 2.702–75. Згідно з його положеннями функційні частини на структурній схемі зображують у вигляді прямокутників або умовних графічних позначок.

Графічна побудова схеми має давати якомога краще наочне уявлення про послідовність взаємодії функційних частин у виробі. На лініях взаємозв'язку рекомендується стрілками позначати напрямок перебігу процесів, що відбуваються у виробі.

На схемі слід зазначати найменування кожної функційної частини виробу, якщо для її позначання застосовано прямокутник. Допускається вказувати тип елемента (пристрою) та (або) позначку документа, на підставі якого цей елемент (пристрій) застосовано. Назви функційних частин, типи та позначки слід вписувати всередину прямокутників (рис. 12.7). За великої кількості функційних частин допускається замість назв, типів та позначок проставляти порядкові номери справа від зображення чи над ним у напрямку зверху вниз і справа наліво. У цьому випадку назви, типи та позначки вказують у таблиці, виконаній як перелік елементів (рис. 12.8).

Допускається поміщати на схемі пояснювальні написи, діаграми, таблиці, а також вказувати параметри у характерних точках (значення струмів, напруг, форми та значення імпульсів, математичні залежності тощо).

12.3.2. Схеми функційні

Функційна схема — це схема, яка пояснює певні процеси, що відбуваються у виробі чи у його окремих функційних частинах (ДСТУ 3323:2003).

Функційна схема порівняно зі структурною детальніше розкриває функції окремих елементів та пристроїв. Функційні частини та зв'язки між ними зображують на схемі у вигляді умовних графічних позначок, встановлених стандартами. Окремі функційні частини дозволяється зображати у вигляді прямокутників. Графічна побудова схеми має якомога наочніше давати уявлення про послідовність процесів, ілюстрованих схемою.

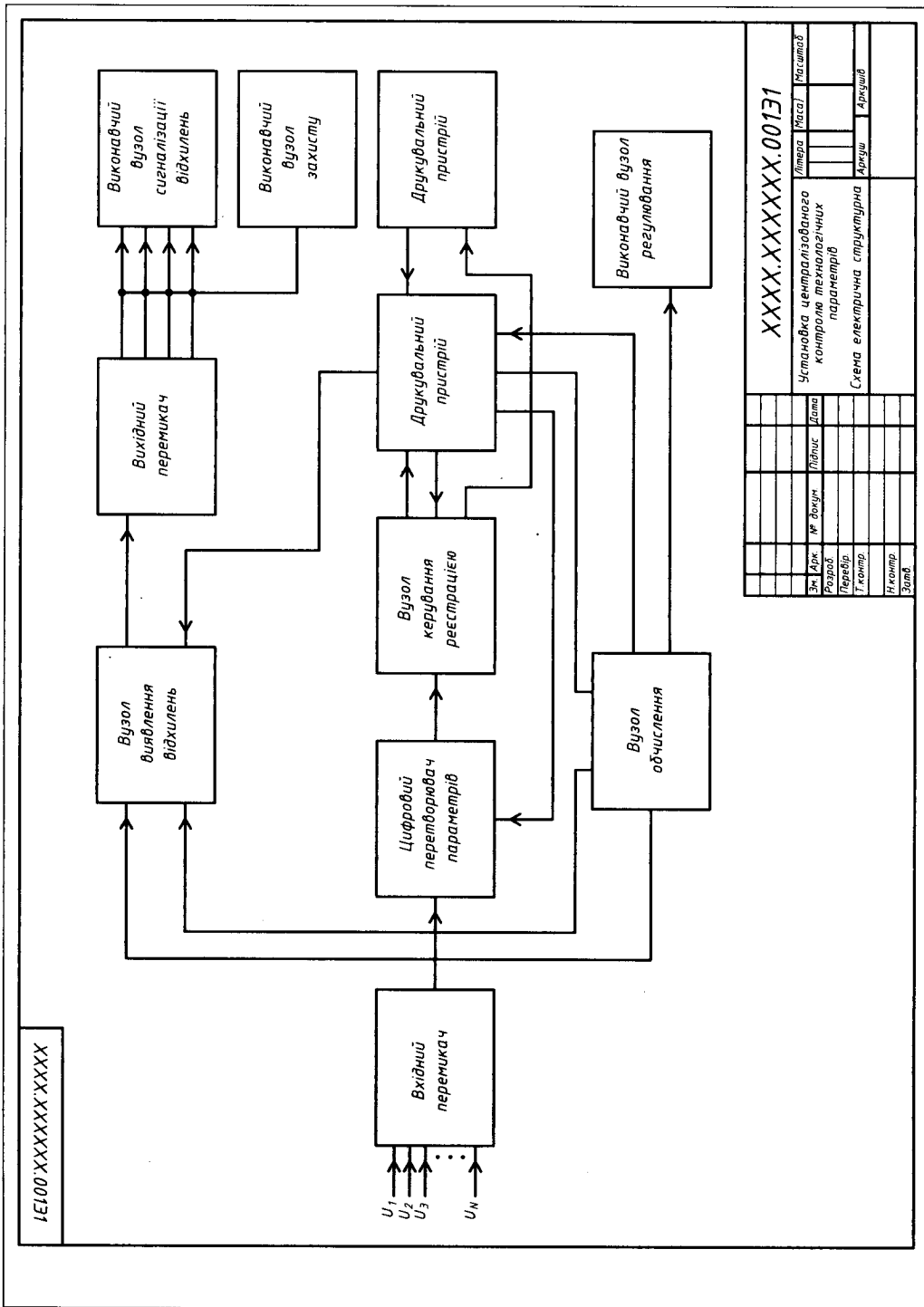


Рис. 12.7

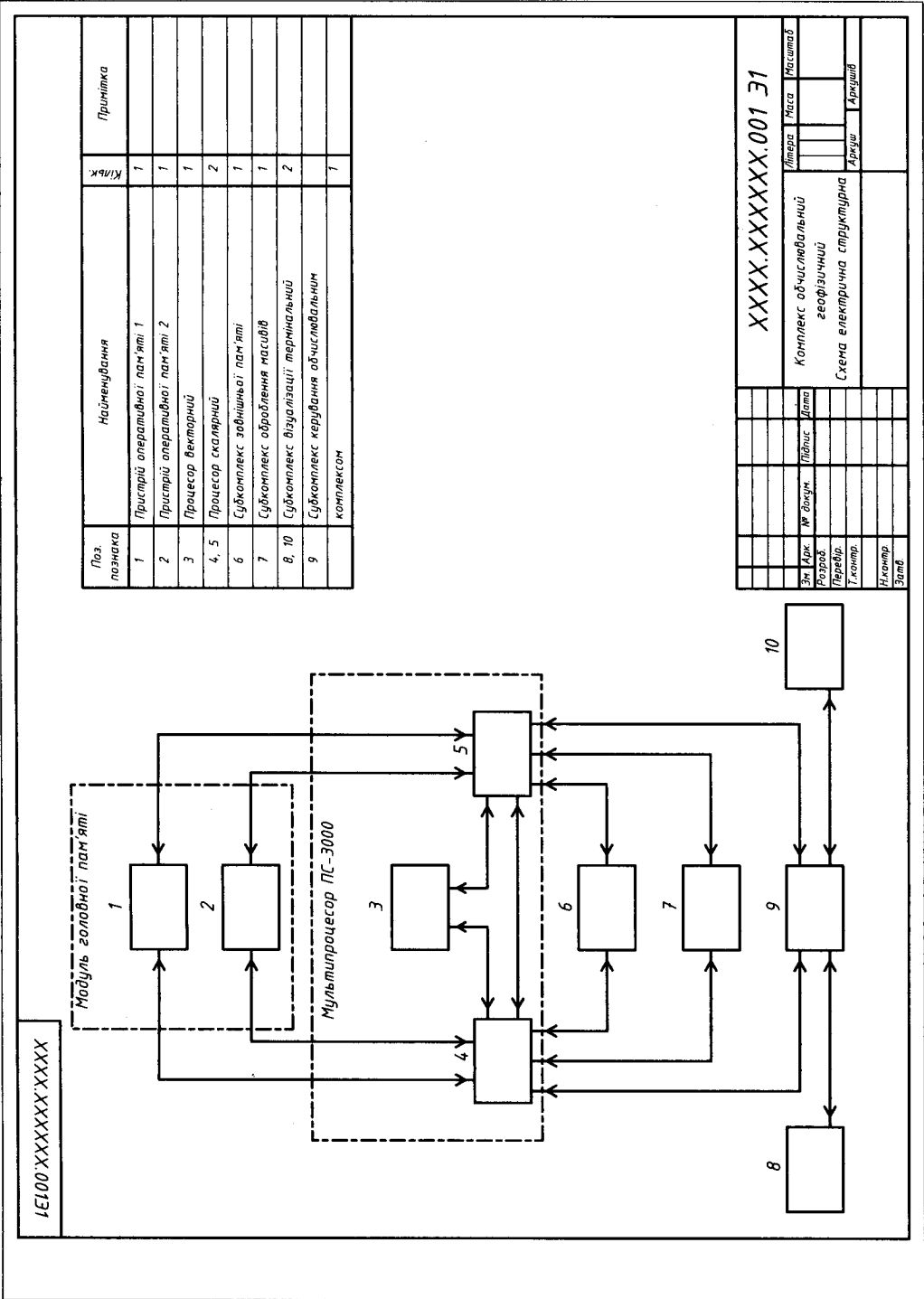


Рис. 12.8

На схемі мають бути вказані:

- для кожної функційної групи — познака, присвоєна їй на принциповій схемі, та (або) її найменування; найменування не вказують, якщо функційну групу зображено у вигляді умовної графічної позначки;
- для кожного пристрою — позиційна познака, присвоєна йому на принциповій схемі, його найменування та тип і (або) познака документа, на основі якого цей пристрій застосовано; найменування не вказують, якщо пристрій зображено у вигляді умовної графічної позначки;
- для кожного елемента — позиційна познака, присвоєна йому на принциповій схемі, та (або) його тип;

Познаку документа, на основі якого застосовано пристрій, та тип елемента допускається не вказувати. Назви, типи та позначки рекомендується вписувати у прямокутники.

На функційних схемах вказують технічні характеристики функційних частин (поряд із графічним зображенням або на вільному полі схеми), наводять діаграми або таблиці, що задають послідовність процесів у схемі, а також зазначають параметри у характерних точках (значення струмів, напруг, форми та значення імпульсів, математичні залежності тощо).

12.3.3. Схеми принципів

Принципова схема — це схема, на якій показано повний склад елементів і зв'язків між ними і яка дає детальне уявлення про принцип роботи виробу. Принципова схема слугує основою для розробки інших конструкторських документів — схем з'єднання та розташування, креслеників конструкції виробу. На принциповій схемі зображають усі електричні елементи або пристрої, які необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів, усі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затискачі тощо), якими закінчуються вхідні та вихідні ланцюги.

Схеми виконують для виробів, що перебувають у вимкненому стані. Елементи та пристрої, умовні графічні позначки яких встановлено у стандартах Єдиної системи конструкторської документації, зображають на схемі у вигляді цих умовних позначок. Якщо якісь елементи або пристрої використовуються у виробі частково, їх допускається зображати на схемі неповністю, обмежуючись зображенням тільки тих частин чи елементів, що використовуються. Якщо ж такі елементи або пристрої зображають на схемі повністю, то виводи (контакти) невикористаних елементів (частин) зображають коротшими за виводи (контакти) використаних елементів (частин) (рис. 12.9).

Елементи та пристрої можуть бути зображені на схемах *суміщеним* або *рознесеним* способами. За суміщеного способу складові частини елементів та пристроїв зобра-

жають на схемі у безпосередній близькості одна до одної, за рознесеного — складові частини елементів та пристроїв або окремі елементи пристроїв зображають на схемі у різних місцях таким чином, щоб окремі ланцюги виробу були зображені якомога наочніше.

Принципові схеми можуть бути виконані у *багатолінійному* чи *однолінійному* зображеннях. У разі багатолінійного зображення кожен ланцюг зображають окремою лінією, а елементи, що входять до них, — окремими умовними графічними позначками (рис. 12.10, а). За однолінійного зображення ланцюги, що виконують ідентичні функції, зображають однією лінією, а однакові елементи цих ланцюгів — однією умовною графічною позначкою (рис. 12.10, б).

У разі зображення на одній схемі різних функційних ланцюгів допускається розрізняти їх товщиною лінії. На одній схемі можна застосовувати не більше ніж три розміри ліній за товщиною. За необхідності на схемі позначають електричні ланцюги. Ці позначки мають відповідати вимогам ГОСТ 2.709 або іншим нормативно-технічним документам, що діють у галузі.

Для спрощення схеми допускається декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку зливати у *лінію групового зв'язку*, але при підході до контактів (елементів) кожену лінію зв'язку зображають окремою лінією. При злитті ліній зв'язку кожену лінію позначають у місці злиття, а в разі потреби — і на обох кінцях умовними позначками (цифрами, літерами чи поєднанням цифр і літер) або позначками, прийнятими для електричних ланцюгів (відповідно до ГОСТ 2.709). Позначки ліній проставляють відповідно до вимог, наведених у ГОСТ 2.721. У лініях електричного зв'язку, що зливаються у лінію групового зв'язку, як правило, не має бути розгалужень, тобто всякий умовний номер має зустрічатися на лінії групового зв'язку двічі. У разі необхідності розгалужень їх кількість вказують після порядкового номера лінії через дробову риску (рис. 12.11).

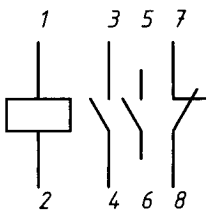


Рис. 12.9

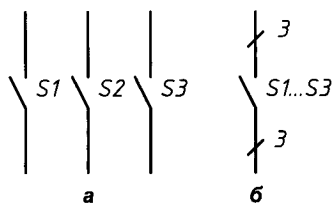


Рис. 12.10

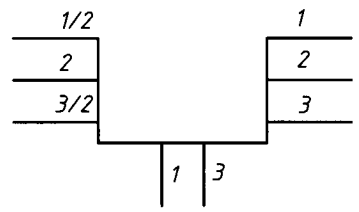


Рис. 12.11

У кожного зображеного на схемі елемента, а також пристрою, що має самостійну принципову схему і розглядається як елемент, обов'язково має бути позначка (*позиційна позначка*) відповідно до ГОСТ 2.710. Пристроям, що не мають самостійних принципових схем, та функційним групам рекомендується присвоювати позначки, керуючись положеннями ГОСТ 2.710.

Позиційні позначки елементам (пристроєм) слід присвоювати у межах виробу. При цьому порядкові номери присвоюють, починаючи з одиниці, у межах групи елементів (пристроїв) з однаковими літерними позиційними позначками (наприклад, R1, R2, R3,..., C1, C2, C3,...) відповідно до послідовності їх розташування на схемі, рахуючи, як правило, зверху вниз у напрямку зліва направо. Позиційні позначки проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначками елементів (пристроїв) з правого боку або над ними.

На схемі виробу, до складу якого входять пристрої, що не мають самостійних принципів схем, допускається присвоювати позиційні позначки елементам у межах кожного пристрою. Якщо до складу виробу входять кілька однакових пристроїв, то слід присвоювати позиційні позначки елементам у межах цих пристроїв. Елементам, які не входять до складу пристроїв, позиційні позначки присвоюють, починаючи з одиниці, за загальними правилами.

На схемах виробу, до складу якого входять функційні групи, спочатку присвоюють позиційні позначки елементам, що не входять до цих груп, а потім — елементам, які входять до них. За наявності у виробі кількох однакових функційних груп позиційні позначки, присвоєні в одній із цих груп, слід повторювати в усіх наступних групах. Позначку функційної групи, присвоєну відповідно до ГОСТ 2.710, вказують біля її зображення (зверху або справа).

У разі присвоєння позиційних позначок елементам у межах груп пристроїв або входження до виробу однакових функційних груп елементи, що належать до пристроїв та функційних груп, записують до переліку елементів окремо. Запис починають із назви пристрою (функційної групи), яку записують у графі «Найменування» та підкреслюють. У разі автоматизованого проектування назву пристрою (функційної групи) дозволяється не підкреслювати. Нижче назви пристрою (функційної групи) треба залишити один вільний рядок, вище — не менше ніж один. Якщо при цьому на схемі виробу є елементи, які не входять до пристрою (функційної групи), то спочатку до переліку записують ці елементи без заголовку, а потім — пристрої, що не мають самостійних принципів схем, та функційні групи з елементами, що входять до них. Якщо у виробі є кілька однакових пристроїв або функційних груп, то у переліку вказують кількість елементів, що входять до одного пристрою (функційної групи). Загальну кількість однакових пристроїв (функційних груп) зазначають у графі «Кіл.» в одному рядку із заголовком.

У разі зображення на схемі елемента чи пристрою рознесеним способом позиційну позначку проставляють біля кожної складової частини (рис. 12.12).

Якщо поле схеми розбито на зони чи схему виконано рядковим способом, то справа від позиційної позначки або під позиційною позначкою кожної складової

частини елемента чи пристрою позначку зони чи номера рядка, у якому зображено решту складових частин цього елемента чи пристрою (рис. 12.13).

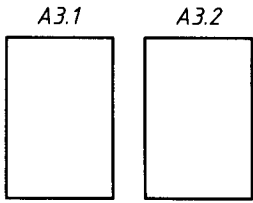


Рис. 12.12

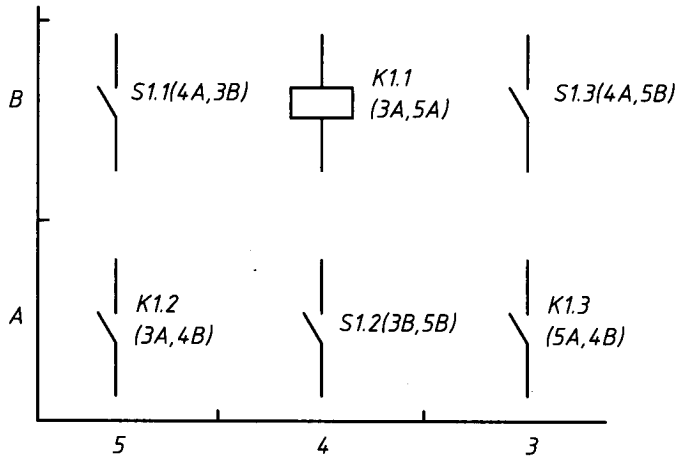


Рис. 12.13

У разі зображення окремих елементів пристроїв у різних місцях до складу позиційних позначок цих елементів має бути включено позиційну позначку пристрою, до якого вони входять (наприклад, =A3-C5 — конденсатор C5, що входить до пристрою A3). Аналогічно, за рознесеного способу зображення функційної групи позиційні позначки елементів мають містити позначку функційної групи, до якої вони входять (наприклад, ≠T1-C5 — конденсатор C5, що входить до функційної групи T1).

У деяких випадках (наприклад, на принципових схемах на напівпровідникові інтегральні мікросхеми) біля умовних графічних позначок вказують номінали резисторів та конденсаторів (рис. 12.14). При цьому допускається застосовувати спрощений спосіб позначання одиниць виміру.

Для резисторів:

- від 0 до 999 Ом — без зазначення одиниць виміру,
- від 1×10^3 до 999×10^3 Ом — у кілоомах із позначанням одиниці виміру малою літерою к,
- від 1×10^6 до 999×10^6 Ом — у мегаомах із позначанням одиниці виміру великою літерою М,
- понад 1×10^9 Ом — у гігаомах із позначанням одиниці виміру великою літерою Г;

Для конденсаторів:

- від 0 до 9999×10^{-12} Ф — у пікофарадах без зазначення одиниць виміру,
- від 1×10^{-8} до 9999×10^{-6} Ф — у мікрофарадах із позначанням одиниці виміру малими літерами мк.

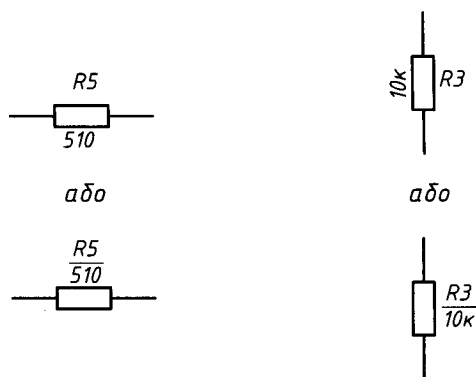


Рис. 12.14

На схемі слід вказувати позначки виводів (контактів) елементів (пристроїв), які нанесено на виріб або встановлено в їх документації.

На схемах рекомендується зазначати характеристики вхідних та вихідних ланцюгів виробу (частоту, напругу, силу струму тощо), а також параметри, що підлягають вимірюванню на контрольних контактах, гніздах тощо). Допускається вказувати адреси зовнішніх з'єднувань вхідних та вихідних ланцюгів, якщо вони заздалегідь відомі. Характеристики вхідних та вихідних ланцюгів виробу, а також адреси їх зовнішніх з'єднань рекомендується записувати у таблиці, які поміщають замість умовних графічних позначок вхідних та вихідних елементів — з'єднувачів, плат тощо (рис. 12.15). Кожній таблиці присвоюють позиційну позначку того елемента, замість умовної графічної позначки якого її поміщено. Порядок розташування контактів у таблиці залежить від зручності побудови схеми. Якщо немає характеристик вхідних та вихідних ланцюгів або адрес їх зовнішніх з'єднувань, у таблиці не наводять графу з цими даними. Замість слова «Конт.» у таблиці допускається поміщати умовну графічну позначку контакта з'єднувача.

X1

Конт.	Ланцюг	Адреса
1	$\Delta f=0,3...3$ кГц; $R_H=600$ Ом	=A1-X1:1
2	$U_{вих}=0,5$ В; $R_H=600$ Ом	=A1-X1:2
3	$U_{вих}=+60$ В; $R_H=500$ Ом	=A1-X1:3
4	$U_{вих}=+20$ В; $R_H=1$ кОм	=A1-X1:4

Рис. 12.15

Таблиці можна виконувати рознесеним способом. За наявності на схемі кількох таблиць допускається наводити головик таблиці тільки в одній з них.

Аналогічні таблиці рекомендується поміщати на лініях, що зображають вхідні та вихідні ланцюги і не закінчуються на схемі з'єднувачами, платами тощо. У цьому випадку таблицям не присвоюють позиційні позначки.

У разі зображення пристрою у вигляді прямокутника допускається замість умовних графічних позначок вхідних та вихідних елементів поміщати у прямокутнику характеристики вхідних та вихідних ланцюгів (рис. 12.16), а зовні — таблиці з адресами зовнішніх з'єднувань (рис. 12.17).

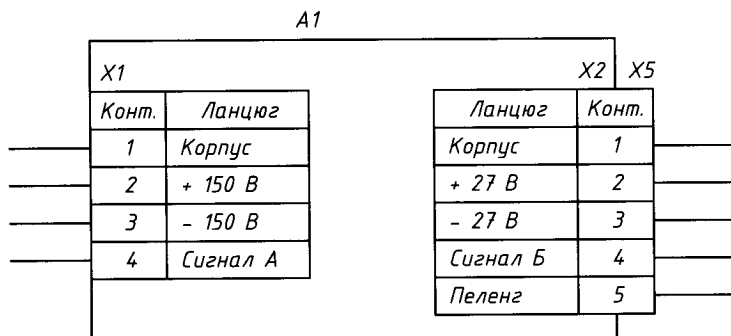


Рис. 12.16

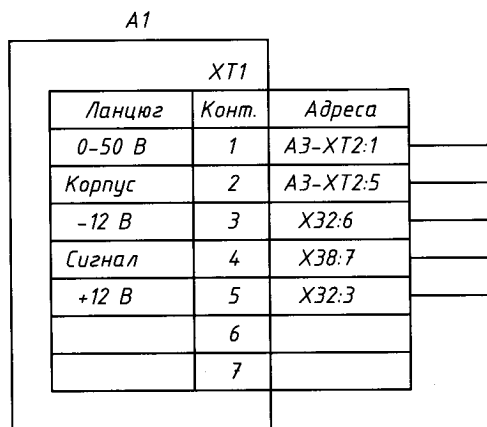
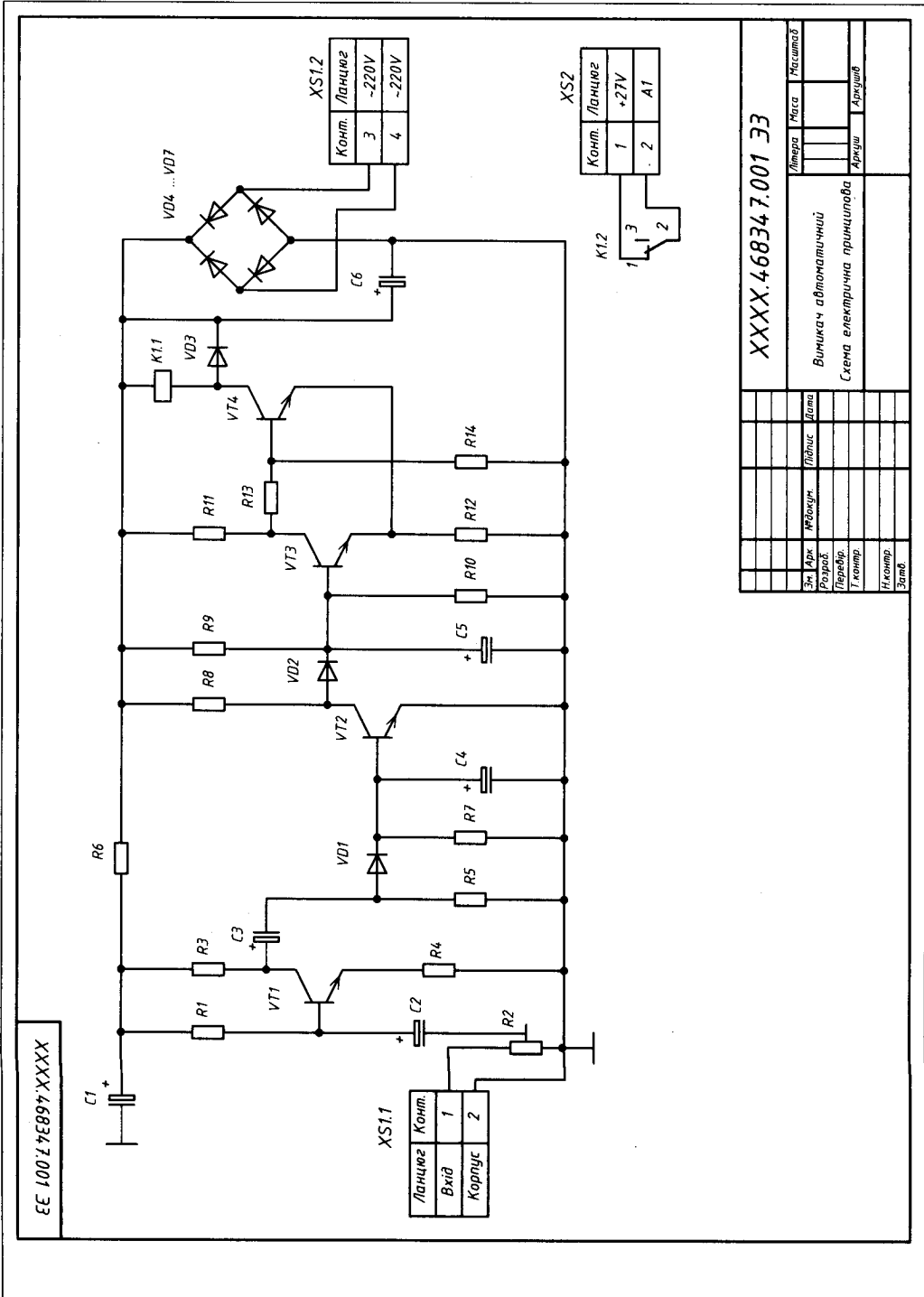


Рис. 12.17

На полі схеми можна поміщати вказівки про марки, перерізи та забарвлення проводів і кабелів, якими мають бути виконані з'єднання елементів, а також вказівки про специфічні вимоги до монтування даного виробу.

Приклад виконання електричної принципової схеми наведено на рис. 12.18. Перелік елементів схеми виконано окремим документом і наведено на рис. 12.19 та 12.20.



XXXX.468347.001.33			
Лампа	Маса	Масштаб	
Вимикач автоматичний	Схема електрична принципова		
Зм.	Дод.	Модифік.	Видат.
Розроб.	Вироб.	Т. констр.	Н. констр.
Зонт.			

Рис. 12.18

Поз. позначка	Найменування	Кільк.	Примітка					
	<i>Конденсатори К50-35 ОЖ0.464.214 ТУ</i>							
С1, С6	К50-35-25В-100 мкФ	2						
С2	К50-35-25В-22 мкФ	1						
С3	К50-35-50В-4,7 мкФ	1						
С4	К50-35-25В-4,7 мкФ	1						
С5	К50-35-25В-10 мкФ	1						
К1	Реле РЭК-63 РВИМ.647612.029 ТУ	1						
	<i>Резистори РП1-638М ОЖ0.468.396ТУ</i>							
	<i>Резистори С1-4 АПШК.434.110.001 ТУ</i>							
Р1	РП1-638М-100 кОм ±20%	1						
Р2	С1-4-0,125Н-510 кОм ±10%-А-25+5-А	1						
Р3,Р8,Р11	С1-4-0,125Н-5,1 кОм ±10%-А-25+5-А	3						
Р4	С1-4-0,125Н-100 Ом ±10%-А-25+5-А	1						
Р5,Р7	С1-4-0,125Н-100 кОм ±10%-А-25+5-А	2						
Р6	С1-4-0,125Н-560 Ом ±10%-А-25+5-А	1						
Р9	С1-4-0,125Н-10 кОм ±10%-А-25+5-А	1						
Р10	С1-4-0,125Н-1 кОм ±5%-А-25+5-А	1						
Р12,Р13	С1-4-0,125Н-1,5 кОм ±10%-А-25+5-А	2						
Р14	С1-4-0,125Н-43 кОм ±10%-А-25+5-А	1						
	<i>Діоди напівпровідникові</i>							
VD1,VD2	2Д103А ТТЗ.362.060ТУ	2						
VD3	КД503А ТТЗ.362.045ТУ	1						
VD4... VD7	2Д106А ЦЗ.362.000ТУ	4						
VT1... VT4	Транзистор КТ315Б ЖКЗ.365.200ТУ	4						
	XXXX.468347.001 ПЗЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вимикач автоматичний Перелік елементів	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.							1	2
Перевір.								
Н.контр.								
Затв.								

Рис. 12.19

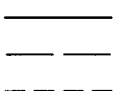

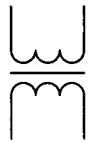

12.4. Умовні графічні позначки в електричних схемах

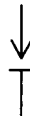


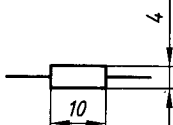
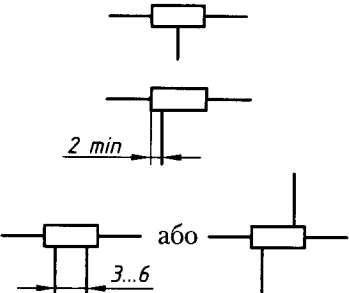
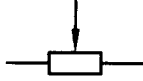
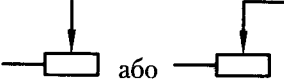
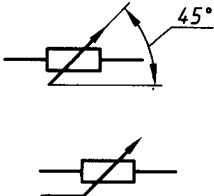
У табл. 12.4 наведено приклади умовних графічних позначок, які застосовують в електричних схемах. Розміри позначок зазначені відповідно до чинних стандартів — розмірними числами або за допомогою модульної сітки. Нагадаємо, що умовні графічні позначки, розміри яких не встановлено у стандартах, потрібно зображати на схемі у розмірах, у яких їх виконано у відповідних стандартах на умовні графічні позначки. Усі геометричні елементи умовних графічних позначок слід виконувати лініями тієї самої товщини, що і лінії електричного зв'язку.

Таблиця 12.4. Умовні графічні позначки в електричних схемах

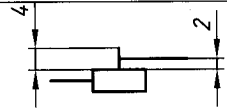
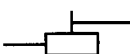
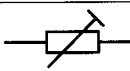
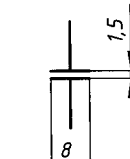
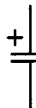
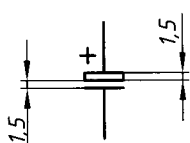
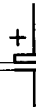

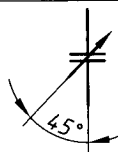

Найменування	Позначка
Позначки загального застосування (ГОСТ 2.721–74)	
Поширення струму, сигналу, інформації та потоку енергії: <ul style="list-style-type: none"> • в одному напрямку • в обох напрямках неодноразово • в обох напрямках одночасно 	
Спрямування струму, сигналу, інформації та потоку енергії: <ul style="list-style-type: none"> • передавання • приймання 	
Регулювання за допомогою органів керування: <ul style="list-style-type: none"> • лінійне • нелінійне 	
Регулювання автоматичне: <ul style="list-style-type: none"> • лінійне • нелінійне 	
Лінія механічного зв'язку в електричних схемах За невеликої відстані між елементами та їх складовими частинами допускається використовувати таку позначку	
Прилад, пристрій	

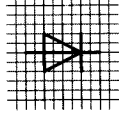
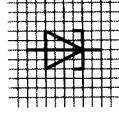
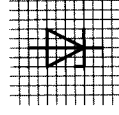
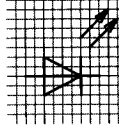
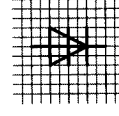
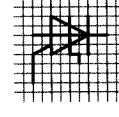
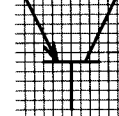
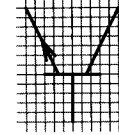
Таблиця 12.4 (продовження)

Найменування	Позначка
Балон електровакуумного та іонного приладу, корпус напівпровідникового приладу	
Заземлення, загальна позначка	
Електричне з'єднання з корпусом	
Коаксіальний кабель	
Котушки індуктивності, дроселі, трансформатори, автотрансформатори та магнітні підсилювачі (ГОСТ 2.723–68)	
Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя та магнітного підсилювача (кількість півкіл у зображенні обмотки та напрямок виводів не зазначають) Для зазначення початку обмотки використовують точку	
Магнітопровід: • феромагнітний • феромагнітний з повітряним зазором • магнітодіелектричний	
Котушка індуктивності, дросель без магнітопроводу	
Дросель з феромагнітним магнітопроводом	
Трансформатор без магнітопроводу	
Трансформатор однофазний з феромагнітним магнітопроводом	
Розрядники; запобіжники (ГОСТ 2.727–68)	
Проміжок іскровий двоелектродний. Загальна позначка	
Розрядник. Загальна позначка	

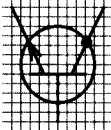
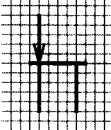
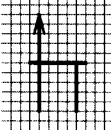
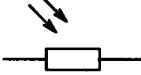
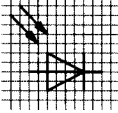
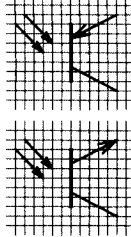
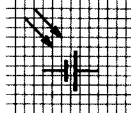
Найменування	Позначка
Запобіжник пробивний	
Запобіжник плавкий. Загальна позначка	
Запобіжник плавкий швидкодійний	
Резистори, конденсатори (ГОСТ 2.728–74)	
Резистор постійний	
Резистор постійний з додатковими відводами: • одним симетричним • одним несиметричним • двома	
Резистор змінний (стрілка означає рухомий контакт)	
Вивід, що не використовується, допускається не зображати	
Резистор змінний в реостатному увімкненні: • загальна позначка • з нелінійним регулюванням	

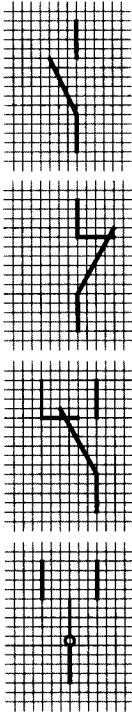
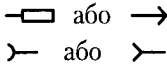
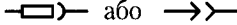
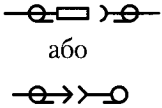
Таблиця 12.4 (продовження)

Найменування	Позначка
<p>Резистор підстроювальний</p> <p>Вивід, що не використовується, допускається не зображати</p>	 
<p>Для підстроювального резистора в реостатному увімкненні допускається використовувати таке зображення</p>	
<p>Конденсатор постійної ємності</p> <p>Для зазначення поляризованого конденсатора використовують таку позначку</p>	 
<p>Конденсатор електролітичний:</p> <ul style="list-style-type: none"> • поляризований • неполяризований 	  
<p>Конденсатор змінної ємності</p>	
<p>Конденсатор підстроювальний</p>	

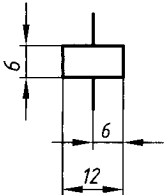
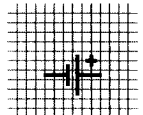
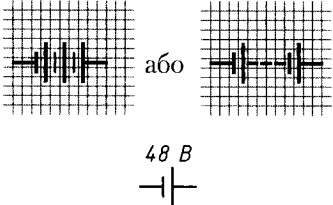
Найменування	Позначка
Прилади напівпровідникові (ГОСТ 2.730–73)	
Діод. Загальна позначка	
Діод тунельний	
Стабілітрон	
Діод світловишпромінювальний	
Тиристор діодний	
Тиристор тріодний	
Транзистор: • типу PNP • типу NPN	 

Таблиця 12.4 (продовження)

Найменування	Позначка
Транзистор типу NPN, колектор з'єднано з корпусом	
Транзистор польовий з каналом типу N	
Транзистор польовий з каналом типу P	
Фоторезистор	
Фотодіод	
Фототранзистор: <ul style="list-style-type: none"> • типу PNP • типу NPN 	
Фотоелемент	

Найменування	Позначка
Пристрої комутаційні та контактні з'єднання (ГОСТ 2.755–87)	
<p>Контакт комутаційного пристрою:</p> <ul style="list-style-type: none"> • замикальний • розмикальний • перемикальний • перемикальний із центральним нейтральним положенням 	
<p>Контакт рознімного контактного з'єднання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • штир • гніздо 	
<p>З'єднання контактне рознімне</p>	
<p>З'єднання контактне рознімне коаксіальне</p>	

Таблиця 12.4 (закінчення)

Найменування	Познака
Сприймальна частина електромеханічних пристроїв (ГОСТ 2.756–76)	
Котушка електромеханічного пристрою. Загальна познака	
Джерела електрохімічні, електротермічні та теплові (ГОСТ 2.768–90)	
Гальванічний елемент (допускається знаки полярності не зазначати)	
Батарея, що складається з гальванічних елементів. Батарею з гальванічних елементів допускається зображати так само, як і гальванічний елемент. При цьому над позначкою проставляють значення напруги батареї, наприклад 48 В.	

Запитання для самоперевірки

1. Який конструкторський документ називають схемою? На які види поділяють схеми?
2. За якою ознакою схеми поділяють на типи? Назвіть типи схем та їх позначки.
3. Які графічні позначки використовують у ході виконання схем?
4. Що таке позиційна позначка і яка її структура?
5. Які вимоги ставлять до оформлення переліку елементів схеми?
6. Як позначають перелік елементів у разі виконання його окремим документом?
7. У якому порядку елементи схеми записують до переліку елементів?
8. Що являють собою суміщений та рознесений способи зображення елементів схеми?
9. Як наносять позиційну позначку елемента в разі його зображення рознесеним способом?
10. Як слід зазначати характеристики вхідних та вихідних ланцюгів виробу, а також адреси їх зовнішніх з'єднань?

Розділ 13

Правила виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки

- ◆ Загальні положення
- ◆ Правила виконання структурних схем
- ◆ Правила виконання функційних схем
- ◆ Правила виконання принципів схем

13.1. Загальні положення

У ході виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки (ЦОТ) потрібно дотримувати як загальних правил виконання електричних схем, викладених у ГОСТ 2.702–75 і розглянутих нами у попередньому розділі, так і специфічних для цього виду схем правил, викладених у ГОСТ 2.708–81. Розглянемо основні з них.

У разі великої графічної насиченості аркушів схем умовними графічними позначками та лініями зв'язку допускається ділити поле аркуша на стовпці, ряди, зони, застосовувати метод координат тощо.

Стовпці позначають уздовж верхнього краю аркуша (по горизонталі) послідовними порядковими номерами з постійною кількістю знаків у номері, наприклад: 00, 01, ...10, ... 20 і т. д. Допускається додатково позначати стовпці уздовж нижнього краю аркуша. Ширина стовпця має дорівнювати ширині мінімального основного поля умовної графічної позначки (УГП) елемента. Ряди позначають по вертикалі (уздовж лівого краю аркуша) великими літерами латинського алфавіту. Допускається додатково позначати ряди уздовж правого краю аркуша. Висота ряду має дорівнювати мінімальній висоті УГП елемента. Позначка зони складається з позначки ряду (літери) та позначки стовпця (цифри), наприклад, B01, K12 тощо. У разі ділення поля аркуша методом координат вертикальні та горизонтальні координати позначають великими літерами латинського алфавіту. Не допускається позначати ряди і координати літерами I та O, якщо вони графічно не відрізняються від одиниці та нуля.

Для однозначного утворення адрес вхідних та вихідних ліній зв'язку допускається давати додаткову розмітку ряду або стовпця чи водночас і ряду, і стовпця за допомогою вертикальних та горизонтальних шкал. Поділшки шкал позначають послідовними порядковими номерами з постійною кількістю номерів у межах кожного ряду та стовпця, наприклад 0, 1, 2, ... 9. Можна замість кожної другої цифри проставляти риску. Відстань між поділками шкали має бути не менша за 2 мм. Поділ аркуша дозволено виконувати без зображення на його полі сітки розмітки аркуша, обмежуючись лише нанесенням познач рядів, стовпців, шкал. Приклади поділу поля аркуша на зони та за допомогою координатного методу наведено відповідно на рис. 13.1 та 13.2.

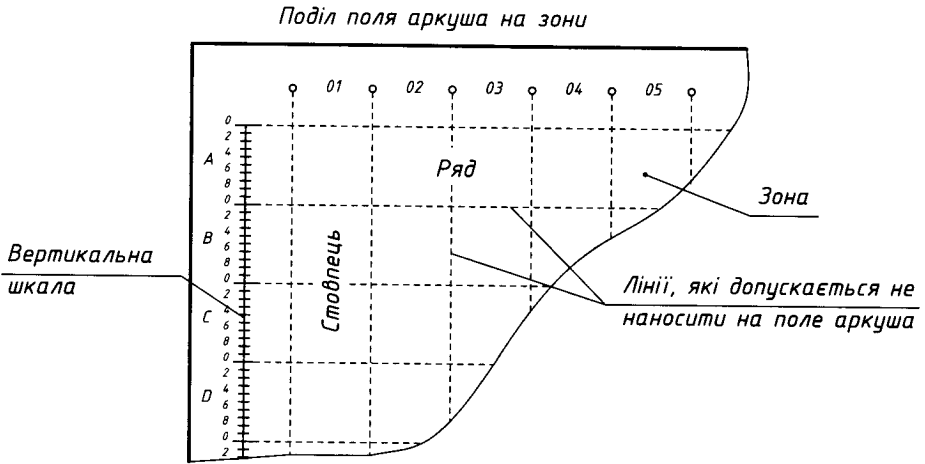


Рис. 13.1

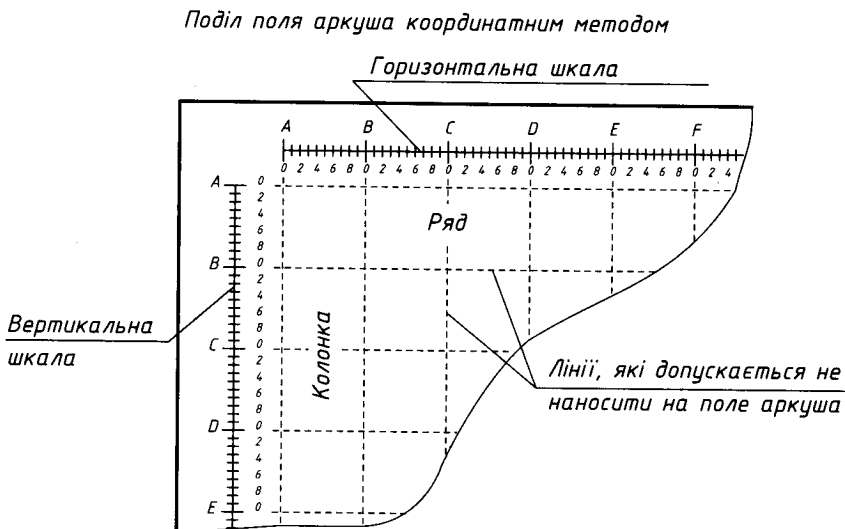


Рис. 13.2

Вхідні лінії аркуша схеми, тобто такі, якими показують електричні зв'язки з вхідними виводами виробу, зображеними на даному аркуші, а також зв'язки, зображення яких починаються на інших аркушах схеми або інших схемах, проводять таким чином, щоб їх початок був з лівого боку та (або) зверху аркуша. *Вихідні лінії*, тобто такі, які показують електричні зв'язки з вихідними виводами виробу, зображеними на даному аркуші, а також зв'язки, зображення яких починається на даному аркуші та продовжуються на інших аркушах схеми або інших схемах, закінчують з правого боку та (або) внизу аркуша.

За великої насиченості аркуша УГП та лініями зв'язку допускається вхідні та вихідні лінії починати й обривати всередині аркуша. Можна також обривати й окремі лінії зв'язку між віддаленими одна від одної умовними графічними позначками. Усім вхідними, вихідним і перерваним на даному аркуші лініям у місці обриву мають бути присвоєні позначки (цифрові, літерні або літерно-цифрові). Ці позначки наносять над лінією, на рівні лінії або в розриві лінії. На перерваній у межах аркуша лінії допускається після позначки зазначати у круглих дужках адресу місця продовження перерваної лінії (рис. 13.3) або через дробову риску — кількість її розгалужень (рис. 13.4). На вихідних лініях, продовження яких зображують на інших аркушах схеми, після позначки у круглих дужках зазначають адреси місця продовження перерваної лінії. Якщо перервана лінія зв'язку продовжується на декількох аркушах, то в круглих дужках зазначають усі номери аркушів, на яких продовжується дана лінія. номери аркушів розділяють комою і пишуть у порядку зростання (рис. 13.5).

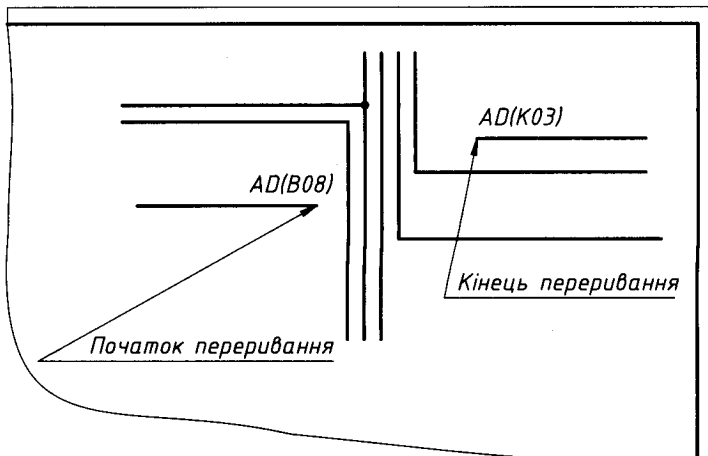


Рис. 13.3

Електроживлення на схемі допускається показувати у вигляді таблиць, тексту або на перерваній лінії, яка відображає зв'язок за живленням. При цьому в УГП елементів та пристроїв позначки виводів можна не наносити.

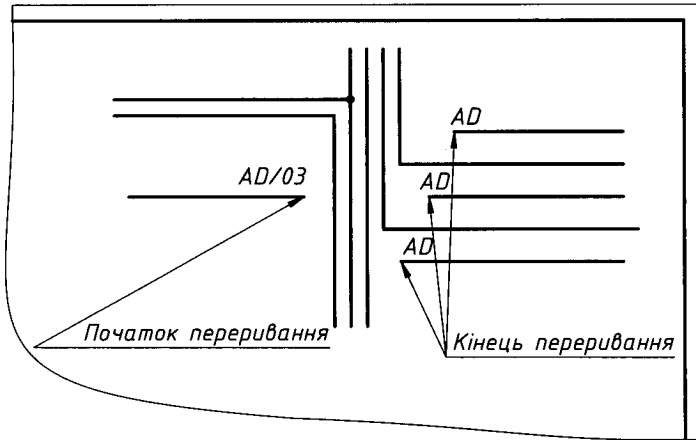


Рис. 13.4

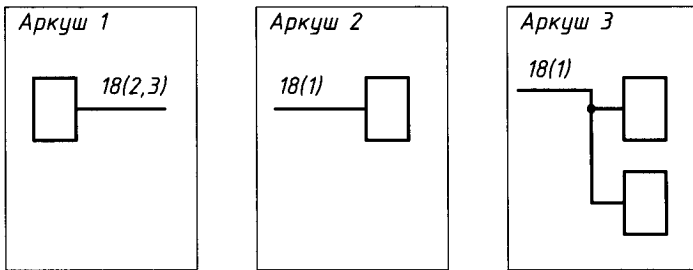


Рис. 13.5

На схемах допускається виділяти функційні частини штрихово-пунктирною лінією (рис. 13.6). На структурних та функційних схемах можна в УГП функційної частини виділяти її складові частини. У кожній виділеній складовій частини має бути найменування чи умовна позначка, яку необхідно пояснити на полі схеми або в документації на виріб. У разі потреби напрямки потоків інформації на структурних та функційних схемах допускається показувати стрілками на лініях взаємозв'язку.

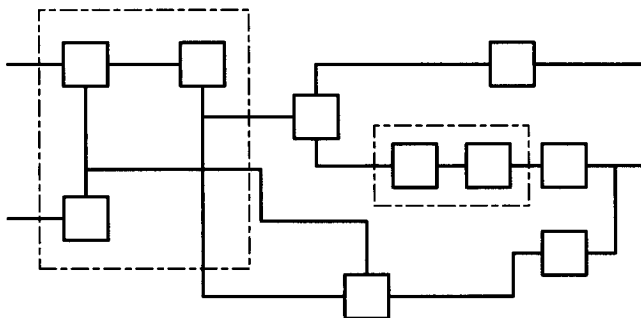
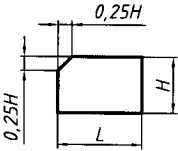
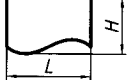
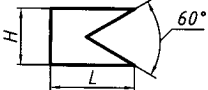

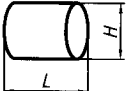
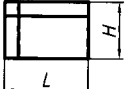
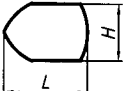


Рис. 13.6

13.2. Правила виконання структурних схем

У ході виконання *структурних схем* функційні частини зображують у вигляді прямокутників. Допускається зображати їх у вигляді УГП, встановлених ГОСТ 2.708–81 і наведених у табл. 13.1. Розмір H слід вибирати з ряду 10, 15 мм і далі через 5 мм. Розмір $L=1,5H$. У середині УГП мають бути зазначені найменування кожної функційної частини та (або) її тип чи умовна познака. Над УГП допускається давати пояснювальні написи. Усім функційним частинам на схемі можна присвоювати порядкові номери зверху вниз у напрямку зліва направо.

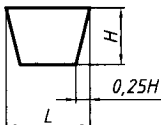
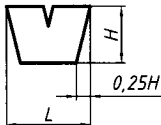

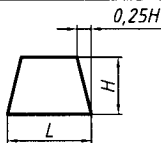
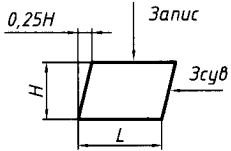
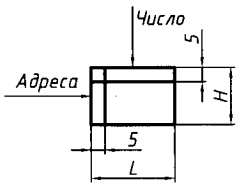
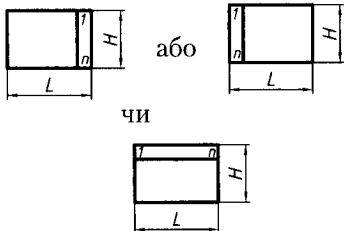
Таблиця 13.1. Умовні графічні позначки для структурних схем цифрової обчислювальної техніки

Найменування	Познака
Пристрої, у яких як носій даних застосовують перфокарту	
Пристрої, у яких як носій даних застосовують перфострічку	
Друкувальні пристрої	
Нагромаджувач на магнітних картах	
Нагромаджувач на магнітній стрічці	
Нагромаджувач на магнітному барабані	
Запам'ятовуючий пристрій	
Візуальний пристрій введення-виведення	

13.3. Правила виконання функційних схем

Функційні схеми виконують на виріб і його функційні частини. Функційні частини на схемі зображають у вигляді прямокутників, а двійкові логічні елементи — за ГОСТ 2.743–91. Допускається функційні частини зображати у вигляді УГП, наведених у табл. 13.2. Для усіх познач $L=1,5H$.

Таблиця 13.2. Умовні графічні позначки для функційних схем цифрової обчислювальної техніки

Найменування	Позначка
Комбінаційний елемент, загальна позначка для елементів типу згортки, селективної схеми, шифратора тощо	
Суматор на два числа	
Суматор на n чисел	
Дешифратор	
Регістр зсуву	
Елемент пам'яті	
Пріоритетні схеми	

На схемі для кожної функційної частини всередині її умовної графічної позначки має бути зазначене найменування та (або) умовна позначка. Допускається зазначати символ функції, а також розрядність функційних частин (рис. 13.7).

Умовні графічні позначки функційних частин дозволено повертати на 90°. Якщо виходи однієї функційної частини повністю відповідають входам іншої, то можна суміщати їх УГП по більшій стороні (рис. 13.8).

9-розрядний реєстр зсуву

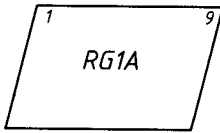


Рис. 13.7

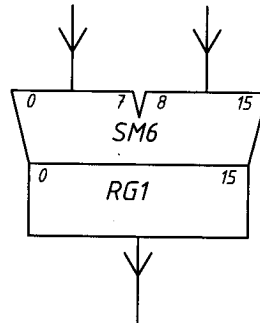


Рис. 13.8

Лінії зв'язку на схемах цифрової обчислювальної техніки поділяють на інформаційні та керуючі. Інформаційні лінії підводять до більшої сторони УГП, а відводять від протилежної сторони. Керуючі лінії зв'язку підводять до меншої сторони УГП. У разі зображення УГП за ГОСТ 2.743–91 керуючі лінії зв'язку підводять до більшої сторони УГП. Якщо необхідно уточнити, що входи та виходи належать до певних складових частин функційної частини, то ці складові частини показують горизонтальними лініями, розташованими паралельно над (під) її умовною графічною позначкою. У горизонтальних ліній, що позначають певні складові частини, мають бути обмежувачі (рис. 13.9, а і б).

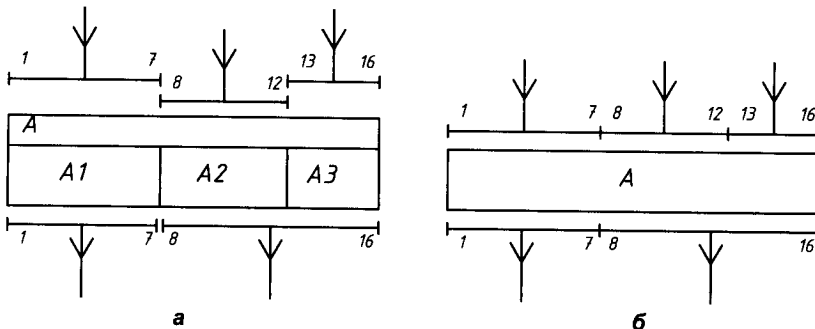


Рис. 13.9

Якщо до умовних графічних позначок необхідно підвести багато керуючих сигналів, то допускається продовжити сторони УГП чи обмежувачі ліній, до яких їх підводять (рис. 13.10, 13.11).

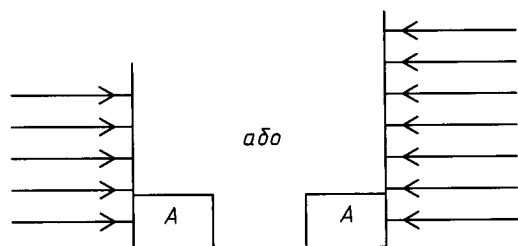


Рис. 13.10

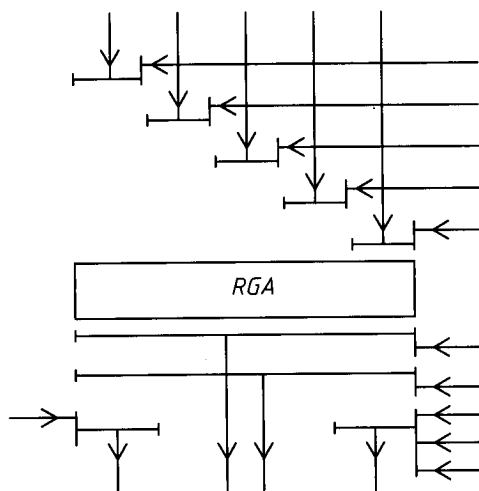


Рис. 13.11

13.4. Правила виконання принципівих схем

На електричній принциповій схемі елементи цифрової техніки зображають у вигляді умовних графічних познач за ГОСТ 2.743–91. Логічні елементи з n станами (наприклад, із трьома), а також елементи та пристрої, що не виконують логічних функцій, але застосовані у виробі (наприклад, аналогові й аналого-цифрові елементи, діодні, резисторні збірки тощо), допускається зображати на схемі прямокутниками.

Згідно з ГОСТ 2.743–91 умовна графічна позначка елемента цифрової техніки має форму прямокутника, до якого підходять лінії виводів. УГП може мати три поля: основне та два додаткові, які розташовують зліва та справа від основного (рис. 13.12). Додаткові поля можна поділяти на зони, які відокремлюють горизонтальною рискою.

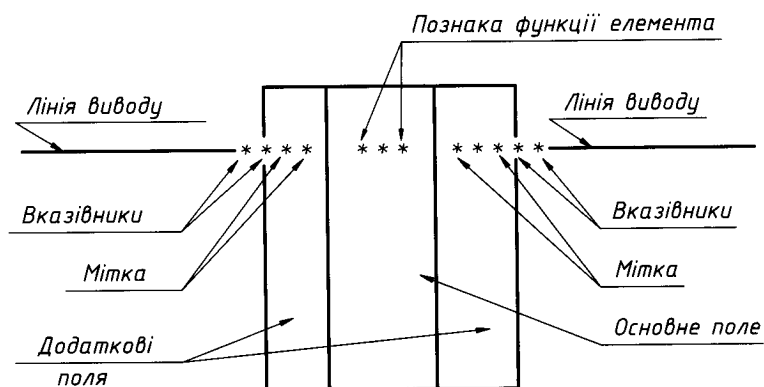


Рис. 13.12

УГП може складатися лише з основного поля чи з основного та одного додаткового, розташованого справа чи зліва від основного. Без додаткових полів або з одним додатковим полем УГП виконують тоді, коли усі виводи логічно рівноцінні або коли функції виводів однозначно задано функцією елемента. При цьому відстані між виводами мають бути однакові, а мітки виводів не зазначають.

Окрім основного та додаткових полів УГП може містити також контур загального блока керування та контур загального вихідного елемента. Контур загального блока керування розташовують над основним контуром (який відповідає наведеному на рис. 13.12), а контур загального вихідного елемента — під ним (рис. 13.13, *а* та *б* відповідно).

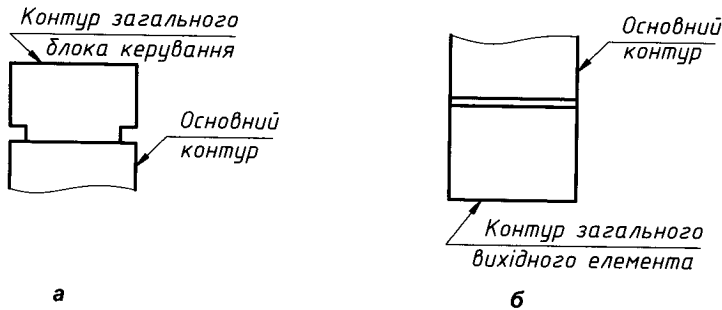


Рис. 13.13

В основному полі умовної графічної позначки елемента зазначають таку інформацію: у першому рядку — позначку функції, що її виконує елемент, у другому — повне чи скорочене найменування, або тип, або код елемента, у наступних рядках — літерно-цифрову позначку або порядковий номер, позначку конструктивного розташування, адресу позначку УГП елемента на аркуші та іншу інформацію; при цьому літерно-цифрова позначка елемента є обов'язковою. Допускається літерно-цифрову позначку розташовувати над УГП. За суміщеного способу зображення конструктивно об'єднаних логічних елементів, що виконують однакову логічну функцію, інформацію, яку зазначають у наступних після другого рядках, можна проставляти лише в одному верхньому елементі.

У додаткових полях вміщують інформацію про призначення виводів (мітки виводів, вказівники). Дозволено проставляти вказівники на лініях виводів, на контурі УГП, а також між лінією виводу та контуром УГП.

Основне та додаткові поля УГП можуть бути не відокремлені лінією. При цьому відстань між літерними, цифровими та літерно-цифровими позначками, вміщеними в основне та додаткові поля, має бути така, щоб уможливити однозначне розуміння кожної позначки (рис. 13.4, *а* і *б*), а для позначок, розташованих в одному рядку, ця відстань має бути не менша за дві літери (цифри, знаки), якими виконано ці позначки (рис. 13.4, *в*).

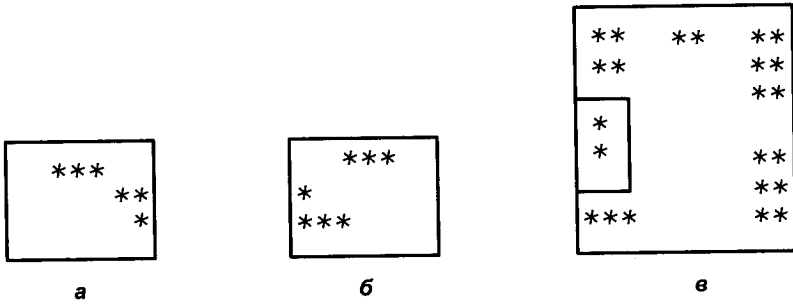


Рис. 13.14

Виводи елементів поділяють на входи, виходи, двоспрямовані виводи та виводи, що не несуть логічної інформації. Входи елемента зображають з лівого боку УГП, виходи — з правого, а двоспрямовані виводи та виводи, що не несуть логічної інформації, — з правого або з лівого боків УГП. У разі підведення ліній виводів до контуру УГП не дозволено проводити їх на рівні сторін прямокутника, а також проставляти на них біля контуру УГП стрілки, що вказують напрям інформації. Умовні графічні позначки елементів цифрової техніки можна зображати на схемі також у положенні, за якого входи розміщено зверху, а виходи — знизу (рис. 13.15).

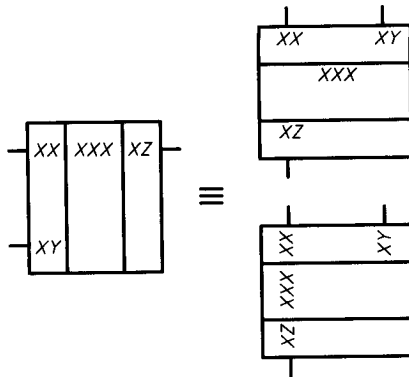


Рис. 13.15

Співвідношення між довжиною та шириною контуру УГП елемента стандартом не встановлено; воно залежить від інформації, що міститься в контурі, та кількості виводів.

Як уже зазначалося раніше, у першому рядку основного поля умовної графічної позначки елемента зазначають функцію яку виконує цей елемент. Позначку функції (або сукупності функцій) утворюють з великих літер латинського алфавіту, арабських цифр та спеціальних знаків, записаних без пробілів. Позначки основних функцій за ГОСТ 2.743–91 наведено у табл. 13.3.

Таблиця 13.3. Позначки функцій елементів

Найменування	Позначка
Буфер	<i>BUF</i>
Обчислювач	<i>CP</i>
• секція обчислювача	<i>CPS</i>
• обчислювальний пристрій	<i>CPU</i>
Пристрій віднімання	<i>P-Q</i> або <i>SUB</i>
Пристрій ділення	<i>DIV</i>
Демодулятор	<i>DM</i>
Дешифратор	<i>DC</i>
Дисплей	<i>DPY</i>
Інвертор, повторювач	<i>I</i>
Компаратор	<i>COMP</i>
Мікропроцесор	<i>MPU</i>
Модулятор	<i>MD</i>
Пам'ять	<i>M</i>
Головна пам'ять	<i>MM</i>
Основна пам'ять	<i>GM</i>
Постійний запам'ятовуючий пристрій	<i>ROM</i>
Оперативний запам'ятовуючий пристрій	<i>RAM</i>
Перетворювач	<i>X/Y</i>
Замість <i>X</i> та <i>Y</i> можна використовувати такі позначки:	
• аналоговий	\sqcap , або \wedge , або <i>A</i>
• цифровий	$\#$ або <i>D</i>
• двійковий	<i>BIN</i>
• десятковий	<i>DEC</i>
• двійково-десятковий	<i>BCD</i>
• вісімковий	<i>OCT</i>
та ін.	
Процесор	<i>P</i>
Регістр	<i>RG</i>
Суматор	Σ або <i>SM</i>
Лічильник	<i>CTR</i>

Таблиця 13.3 (закінчення)

Найменування	Познака
Тригер	<i>T</i>
Двоступінчастий тригер	<i>TT</i>
Помножувач	π або <i>MPL</i>
Підсилювач	$>$ або \triangleright
Пристрій	<i>DEV</i>
Шина	<i>BUS</i> або <i>B</i>
Шифратор	<i>CD</i>
Елемент затримки	<i>DEL</i> або ---
Елемент логічний: • логічне «І» • логічне «АБО»	$\&$ <i>1</i>
Елемент монтажною логіки: • монтажне «І» • монтажне «АБО»	$\&\diamond$ або $\&\boxtimes$ <i>1\diamond</i> або <i>1\boxtimes</i>
Елемент нелогічний: • стабілізатор, загальна позначка • стабілізатор напруги • стабілізатор струму	<i>*ST</i> <i>*STU</i> <i>*STI</i>
Набори нелогічних елементів: • резисторів • конденсаторів • діодів • транзисторів	<i>*R</i> <i>*C</i> <i>*D</i> <i>*T</i>
Елемент пороговий, гістерезисний	\square або <i>TH</i>

Перед позначкою функції елемента проставляють знак «*», якщо усі його виводи є нелогічними.

У разі необхідності вказати складну функцію елемента застосовують комбіновану позначку функції. Наприклад, якщо елемент виконує кілька функцій, то позначку його складної функції утворюють з кількох простіших позначок функцій; при цьому їх послідовність залежить від послідовності функцій, що їх виконує елемент.

Виводи елементів поділяють на такі, що несуть, і такі, що не несуть логічної інформації. Виводи, що несуть логічну інформацію, поділяють на статичні та динамічні, а також прямі та інверсні. Названі властивості виводів позначають вказівниками, наведеними у табл. 13.4. Зазначимо, що перевагу слід надавати формі 1.

Таблиця 13.4. Вказівники виводів елементів

Найменування	Познака	
	Форма 1	Форма 2
Прямий статичний вхід		
Прямий статичний вихід		
Інверсний статичний вхід		
Інверсний статичний вихід		
Прямий динамічний вхід		
Інверсний динамічний вхід		
Статичний вхід зі вказівником полярності		
Статичний вихід зі вказівником полярності		
Динамічний вхід зі вказівником полярності		
Вивід, що не несе логічної інформації:		
• зображений зліва		
• зображений справа		

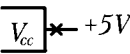

Вказівники нелогічних виводів не проставляють на виводах УГП елемента, якщо перед позначкою його функції проставлено знак «*» нелогічного елемента.

Функційну призначеність виводів елемента позначають за допомогою міток виводів. Мітку виводу утворюють з великих літер латинського алфавіту, арабських цифр та (або) спеціальних знаків, записаних в одному рядку без пробілів. Позначки основних міток виводів елементів наведено в табл. 13.5. Окремо (у табл. 13.6) наведені позначки основних міток, що вказують функційну призначеність виводів, які не несуть логічної інформації.

Таблиця 13.5. Позначки основних міток виводів елементів

Найменування	Позначка
Адреса	<i>ADR</i> або <i>A</i>
Байт	<i>BY</i>
Біт: • молодший • старший	<i>LSB</i> <i>MSB</i>
Введення (інформації)	<i>I</i>
Виведення (інформації)	<i>O</i>
Вхід двопороговий, вхід гістерезисний	\sqcap або <i>TH</i>
Вхід оберненого лічення (вхід зменшення)	$-n$ або <i>DOWN</i>
Вхід прямого лічення (вхід збільшення)	$+n$ або <i>UP</i>
Параметр <i>n</i> слід замінити значенням, на яке збільшується чи зменшується вміст лічильника	
Вхід операнда, над яким виконується одна чи кілька математичних операцій Параметр <i>n</i> замінюють десятковим еквівалентом цього біта. Якщо значення усіх входів <i>Pn</i> є ступенями з основою 2, то <i>n</i> може бути замінено двійковим порядком. За наявності другого операнда переважною позначкою його є «Q»	<i>Pn</i>
Входи цифрового компаратора: • більше • менше • дорівнює	$>$ $<$ $=$
Вихід відкритий (наприклад, вихід з відкритим колектором, з відкритим емітером)	\diamond , або \diamond , або \boxtimes
Дані: • вхідні • вихідні	<i>D</i> <i>DIN</i> <i>DOUT</i>
Дозвіл	<i>EN</i>
Запис	<i>WR</i>
Запит	<i>KEQ</i> або <i>RQ</i>
Інструкція, команда	<i>INS</i>
Керування	<i>C</i>
Комутація (електронна)	<i>SW</i>
Кінець	<i>END</i>
Очікування	<i>WAIT</i> або <i>WT</i>
Передавання	<i>TX</i>
Переповнення	<i>OF</i>
Переривання	<i>INT</i>
Пуск, початок	<i>START</i> або <i>ST</i>
Скидання: • загальне • обнулення	<i>SR</i> <i>RES</i> або <i>R</i>
Установлення в «1»	<i>SET</i> або <i>S</i>

Таблиця 13.6. Познаки основних міток, що вказують функційну призначеність виводів, які не несуть логічної інформації

Найменування	Познака
<p>Вивід живлення від джерела напруги</p> <p>У разі виконання УГП за допомогою пристроїв виведення ЕОМ допускається познака</p> <p>Допускається познака</p> <p>Номинал напруги живлення проставляють поряд з УГП над лінією виводу або поряд з нею, наприклад</p> <p>Допускається проставляти номінал напруги всередині УГП замість мітки виводу, наприклад</p> <p>Перед міткою виводу дозволено проставляти пояснювальну інформацію, наприклад:</p> <ul style="list-style-type: none"> • вказівник живлення цифрової частини елемента • вказівник живлення аналогової частини 	<p>V_{cc}</p> <p>VCC</p> <p>U</p> <p></p> <p></p> <p>$\#V_{cc}$</p> <p>$\cap V_{cc}$</p>
<p>Загальний вивід, земля, корпус</p> <p>Допускається познака</p> <p>Перед міткою виводу дозволено проставляти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • вказівник загального виводу цифрової частини • вказівник загального виводу аналогової частини 	<p>GND</p> <p>OV</p> <p>$\#OV$</p> <p>$\cap OV$</p>
<p>Струм</p> <p>Замість позначки «I» можна проставляти значення струму</p>	<p>I</p> <p>4–20 мА</p>
Вивід для підключення конденсатора	CX
Вивід для підключення резистора	X
Вивід для підключення індуктивності	LX
Вивід для підключення кварцового резонатора	BQ
<p>Виводи $n-p-n$ та $p-n-p$ транзисторів:</p> <ul style="list-style-type: none"> • колектор • база • емітер 	<p>K</p> <p>B</p> <p>E</p>

Якщо необхідно вказати складну функцію виводів, можна використовувати складену мітку, утворену з основних міток; при цьому рекомендується дотримуватися зворотного порядку приєднання міток, наприклад: адреса зчитування — RDA , байт даних — DBY .

Виводи живлення елементів зазначають або текстовою інформацією на вільному полі схеми, або одним зі способів, показаних на рис. 13.16.

Нумерацію виводів елементів наводять над їх лініями виводів зліва (для входів) або справа (для виходів) від контуру УГП або вказівника виводу, якщо він є.

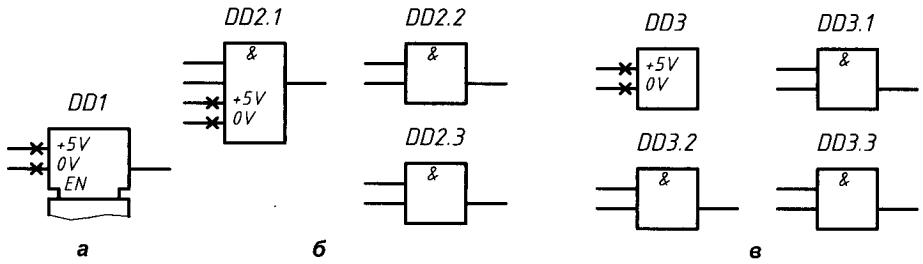
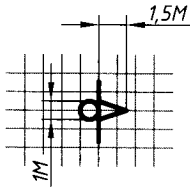
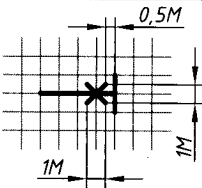
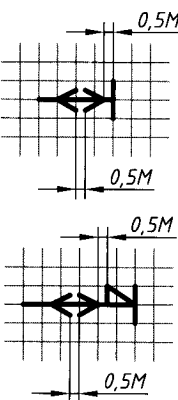
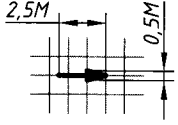
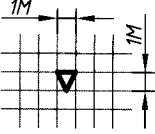


Рис. 13.16

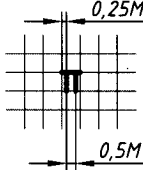
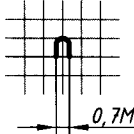
Співвідношення розмірів познач функцій, міток та вказівників виводів в УГП, а також відстаней між лініями виводів мають відповідати наведеному в табл. 13.7. Мінімальний розмір кроку модульної сітки M вибирають виходячи з вимог мікрофільмування (ГОСТ 13.1.002).

Таблиця 13.7. Співвідношення розмірів елементів УГП на модульній сітці

Найменування	Позначка
Мінімальна відстань між лініями виводів	
Загальний блок керування	
Загальний вихідний елемент	
Вказівник полярності, наприклад статичний вхід зі вказівником полярності	
Вказівник інверсного виводу, наприклад інверсний статичний вхід	

Найменування	Позначка
Вказівник динамічного виводу, наприклад інверсний динамічний вхід	
Вказівник виводу, що не несе логічної інформації, наприклад зображений зліва	
<p>Мітка двонаправленого виводу, наприклад:</p> <ul style="list-style-type: none"> • показаного з боку входу • показаного зі вказівником полярності 	
Мітка виводу «Зсув», наприклад зсув вправо	
Мітка входу з трьома станами	
Мітка відкритого виходу	
Мітка двопорогового входу	

Таблиця 13.7 (закінчення)

Найменування	Познака
Познака функції «Підсилювач»	
Познака функції «Елемент затримки»	
Познака функції «Помножувач»	
Познака функції «Суматор»	
Познака аналогового сигналу	
Познака цифрового сигналу	

Запитання для самоперевірки

1. Коли аркуш схеми поділяють на зони та як їх позначають?
2. Які особливості виконання структурних схем ЦОТ?
3. Які графічні позначки використовують у ході виконання функційних схем?
4. Яка структура умовної графічної позначки елемента цифрової техніки?
5. Яку інформацію зазначають у основному та додаткових полях УГП елемента?
6. Як утворюють позначки функцій? Наведіть приклади встановлених стандартом основних позначок функцій.
7. Як зазначають функційну призначеність виводів елемента?

Розділ 14

Оформлення програмної документації

- ◆ Загальні положення
- ◆ Види та правила позначання програм і програмних документів
- ◆ Загальні вимоги до оформлення програмних документів
- ◆ Вимоги до змісту та оформлення окремих видів програмних документів
- ◆ Правила виконання схем алгоритмів, програм, даних і систем

14.1. Загальні положення

Основою національної нормативної бази у сфері документування програмного забезпечення є комплекс стандартів *Єдиної системи програмної документації* (ЄСПД), які встановлюють взаємопов'язані правила розробляння, оформлення та обігу програм і програмної документації. Регламентація зазначених процесів забезпечує можливість:

- уніфікації програмних виробів для взаємного обміну програмами та застосування раніше розроблених програм у нових розробках;
- зниження трудомісткості та підвищення ефективності розробляння, супроводження, виготовлення та експлуатації програмних виробів;
- автоматизації виготовлення та зберігання програмної документації.

Правила та положення, встановлені в стандартах ЄСПД, поширюються на програми та програмну документацію для обчислювальних машин, комплексів і систем незалежно від їх призначеності та сфери застосування.

До складу ЄСПД входять:

- основоположні та організаційно-методичні стандарти;
- стандарти, що визначають форму та зміст програмних документів;
- стандарти, що забезпечують автоматизацію розробляння програмних документів.

Стандарти ЄСПД поділяють на групи, наведені у табл. 14.1.

Таблиця 14.1. Класифікаційні групи стандартів ЄСПД

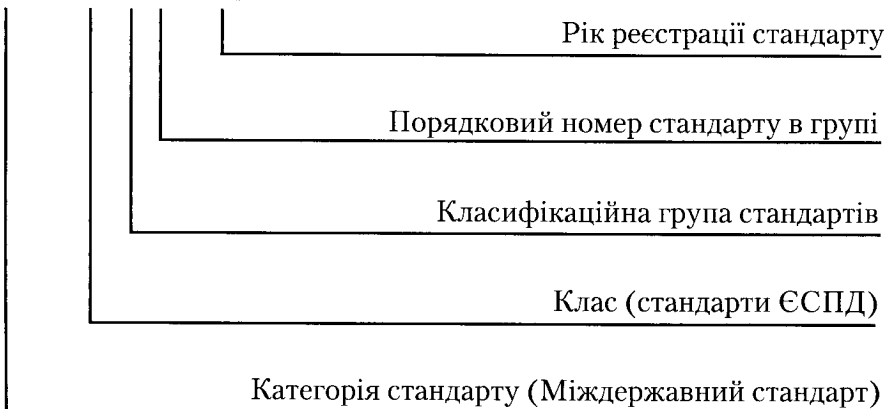
Код групи	Найменування класифікаційної групи стандартів
0	Загальні положення
1	Основоположні стандарти
2	Правила виконання документації розроблення
3	Правила виконання документації виготовлення
4	Правила виконання документації супроводження
5	Правила виконання експлуатаційної документації
6	Правила обігу програмної документації
7	Резервні групи
8	
9	Інші стандарти

Позначки стандартів ЄСПД будують за класифікаційною ознакою. До позначки стандарту мають входити:

- цифри 19, присвоєні класу стандартів ЄСПД;
- одна цифра (після крапки), яка позначає код класифікаційної групи стандартів (відповідно до табл. 14.1);
- двозначне число, що визначає порядковий номер стандарту в групі;
- двозначне число (після тире), що вказує рік реєстрації стандарту.

Приклад позначки стандарту «Єдина система програмної документації. Загальні положення»:

ГОСТ 19. 0 01 – 77



14.2. Види та правила позначання програм і програмних документів

Згідно з ГОСТ 19.101–77 «ЕСПД. Види програм і програмних документів» програми поділяють на *компоненти* і *комплекси*.

Компонент — це програма, яку розглядають як єдине ціле, що виконує закінчену функцію та застосовується самостійно або у складі комплексу. *Комплекс* — це програма, яка складається з двох і більше компонентів і (або) комплексів, що виконують взаємопов'язані функції, та яка застосовується самостійно або у складі іншого комплексу.

До *програмних* відносять документи, що містять відомості, необхідні для розроблення, виготовлення, супроводження та експлуатації програми. Види програмних документів, їх коди та зміст відповідно до ГОСТ 19.101–77 наведено в табл. 14.2.

Таблиця 14.2. Види програмних документів

Вид програмного документа	Код виду документа	Зміст програмного документа
Специфікація	—	Склад програми та документації на неї
Розпис утримувачів правників	05	Перелік підприємств, на яких зберігають правники програмних документів.
Текст програми	12	Запис програми з необхідними коментарями
Опис програми	13	Відомості про логічну структуру та функціонування програми
Програма та методика випробувань	51	Вимоги, що підлягають перевірці під час випробування програми, а також порядок та методи їх контролювання
Технічне завдання	—	Призначеність і галузь застосування програми, технічні, техніко-економічні та спеціальні вимоги, що їх ставлять до програми, необхідні стадії та терміни розроблення, види випробувань
Пояснювальна записка	81	Схема алгоритму, загальний опис алгоритму та (або) функціонування програми, а також обґрунтування прийнятих технічних та техніко-економічних рішень
Експлуатаційні документи	Відповідно до табл. 14.3	Відомості для забезпечення функціонування та експлуатації програми

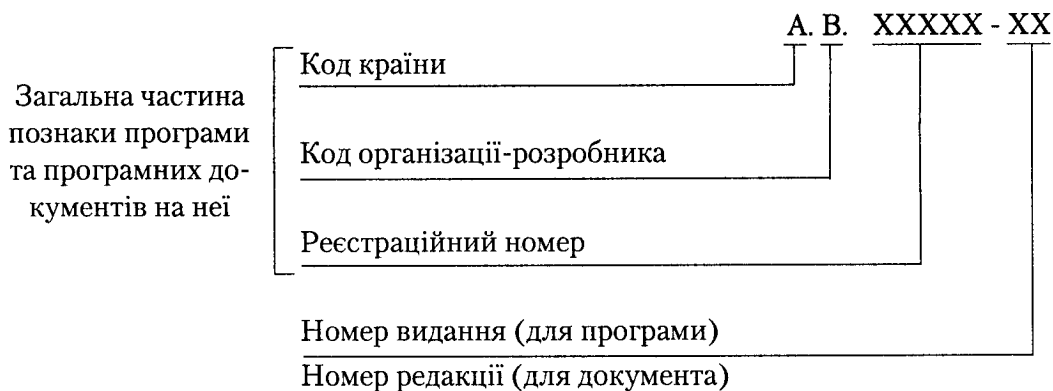
Види експлуатаційних документів, їх коди та зміст наведено у табл. 14.3.

Таблиця 14.3. Види експлуатаційних документів

Вид експлуатаційного документа	Код виду документа	Зміст експлуатаційного документа
Розпис експлуатаційних документів	20	Перелік експлуатаційних документів на програму
Формуляр	30	Основні характеристики програми, комплектність і відомості про експлуатацію програми
Опис застосування	31	Відомості про призначеність програми, галузі застосування, використовувані методи, клас розв'язуваних задач, обмеження щодо застосування, мінімальну конфігурацію технічних засобів
Настанова системного програміста	32	Відомості щодо перевірки, забезпечення функціонування та налагодження програми на умови конкретного застосування
Настанова програміста	33	Відомості щодо експлуатації програми
Настанова оператора	34	Відомості щодо забезпечення процедури спілкування оператора з обчислювальною системою в процесі виконання програми
Опис мови	35	Опис синтаксису та семантики мови
Настанова щодо технічного обслуговування	46	Відомості щодо застосування тестових та діагностичних програм під час обслуговування технічних засобів

Правила позначання програм і програмних документів встановлює ГОСТ 19.103–77. Згідно з його положеннями позначка програм і документів має складатися з груп знаків, відокремлених крапками (після коду країни та коду організації-розробника), пробілами (після номера редакції документа і коду виду документа), дефісами (після реєстраційного номера та номера документа даного виду).

Нижче подано структуру позначки програми та її програмного документа — специфікації.



Структура позначки інших документів.

A. B. XXXXX – XX XX XX - X

Загальна частина позначки програми
та програмних документів на неї

Номер редакції документа

Код виду документа

Номер документа даного виду

Номер частини документа

Код країни-розробника та код організації-розробника присвоюють в установленому порядку. Реєстраційний номер присвоюють відповідно до класифікатора програм. Допускається присвоювати реєстраційний номер у порядку зростання, починаючи з 00001 до 99999, для кожної організації (підприємства)-розробника. Номер видання програми або номер редакції документа, а також номер документа даного виду присвоюють у порядку зростання від 01 до 99. Номер частини одного й того самого документа присвоюють у порядку зростання від 1 до 9. Якщо документ складається з однієї частини, дефіс і номер частини не проставляють. Зазначимо, що номер редакції специфікації та розпису експлуатаційних документів на програму має збігатися з номером видання тієї самої програми.

14.3. Загальні вимоги до оформлення програмних документів

Загальні вимоги до оформлення програмних документів встановлює ГОСТ 19.105–78. Згідно з цим стандартом програмний документ складається з таких умовних частин: *титульної, інформаційної, основної та реєстрації змін*.

Титульна частина складається з аркуша затвердження та титульного аркуша, правила виконання яких регламентовано ГОСТ 19.104–78.

Інформаційна частина має складатися з анотації та змісту. Необхідність включення інформаційної частини у різні види програмних документів визначено стандартами ЄСПД на ці документи. В анотації наводять відомості про призначеність документа й короткий виклад його основної частини. У змісті має бути перелік записів про структурні елементи основної частини документа. До кожного з таких

записів входять позначка структурного елемента (номер розділу, підрозділу тощо), його найменування й адреса на носії даних (наприклад, номер сторінки, номер файлу тощо). Правила позначання структурних елементів основної частини документа і їх адресації встановлюють стандарти ЄСПД на правила оформлення документів на відповідних носіях даних.

Склад і структуру *основної частини* програмного документа встановлено стандартами ЄСПД на відповідні документи.

Частина реєстрації змін призначена для записів про зміни програмного документа відповідно до вимог ГОСТ 19.603–78.

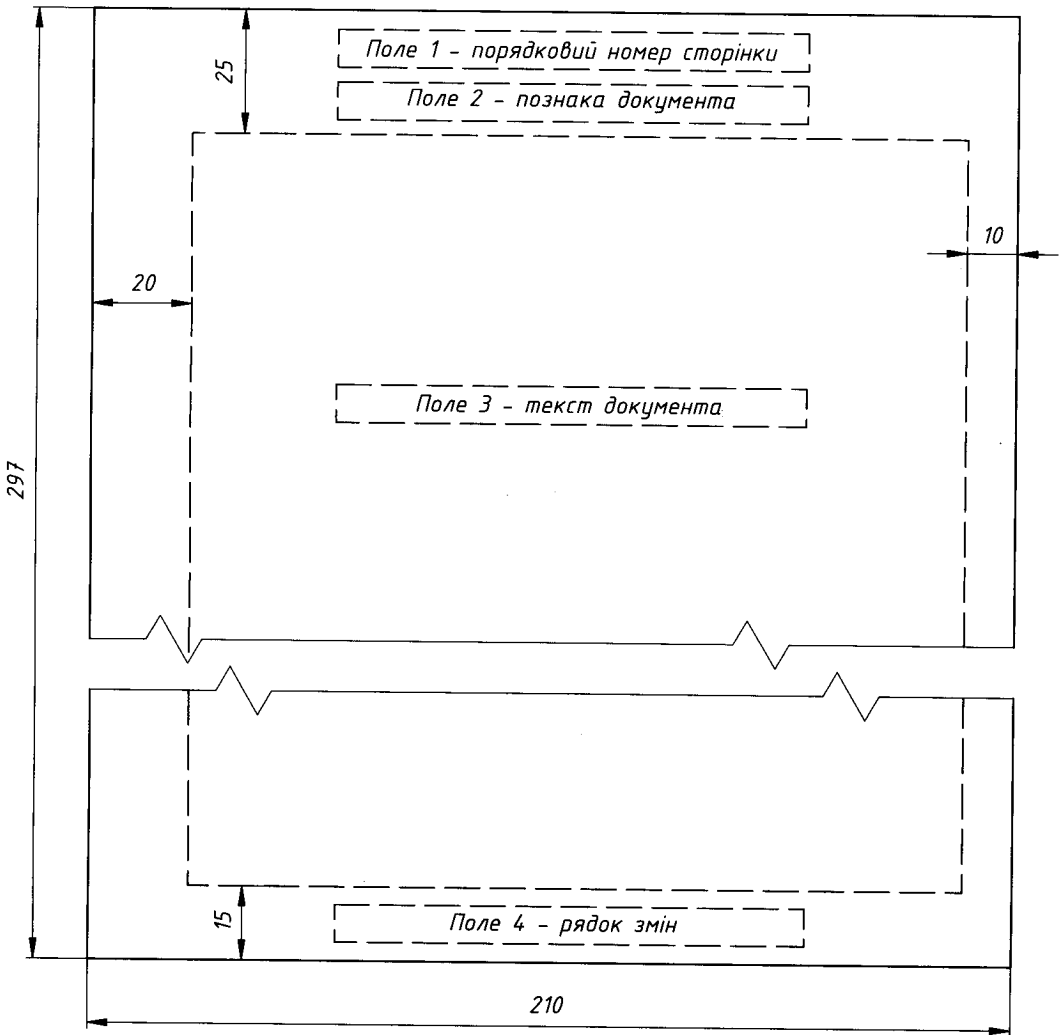
Загальні правила оформлення програмних документів (окрім документа «Текст програми»), виконаних друкованим способом, встановлює ГОСТ 19.106–78. Згідно з його положеннями програмні документи виконують одним із таких способів: машинописним, машинним або типографським. Допускається виконання документа чи його частини рукописним способом чорним чорнилом або тушшю креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304–81 з висотою літер на меншою за 2,5 мм.

У разі виготовлення програмних документів машинописним або рукописним способом їх оформляють на аркушах формату А4 за формою, наведеною на рис. 14.1. За необхідності можна використовувати аркуші формату А3. За машинного способу виконання документів допускаються відхилення розмірів аркушів, які відповідають форматам А4 та А3, у межах, що залежать від можливостей технічних засобів. У разі виконання документів типографським способом їх оформляють на аркушах типографських форматів.

Матеріали програмних документів розміщують у такій послідовності.

- *Титульна частина:*
 - аркуш затвердження (не входить до загальної кількості аркушів);
 - титульний аркуш (перший аркуш документа).
- *Інформаційна частина:*
 - анотація;
 - зміст.
- *Основна частина:*
 - текст документа (з рисунками, таблицями тощо);
 - додатки;
 - перелік термінів;
 - перелік скорочень;
 - перелік рисунків;
 - перелік таблиць;

- предметний покажчик;
- перелік документів, на які посилаються;
- перелік символів і числових коефіцієнтів.
- *Частина реєстрації змін:*
 - аркуш реєстрації змін.

**Рис. 14.1**

Складові основної частини, починаючи від додатків, виконують у разі необхідності. Переліки термінів та скорочень, предметний покажчик, перелік символів і числових коефіцієнтів слід складати в алфавітному порядку. Решту переліків складають у порядку зростання номерів.

Програмні документи, що містять в основному суцільний текст, у разі необхідності допускається поділяти на частини. Поділ на частини здійснюють на рівні не нижчому, ніж розділ. Кожну частину комплектують окремо і присвоюють їй позначку документа відповідно до ГОСТ 19.103–77.

Анотацію розташовують на окремій (пронумерованій) сторінці із заголовком «Анотація». У ній зазначають номер видання програми, коротко викладають призначеність і зміст документа.

Зміст документа розміщують на окремій (пронумерованій) сторінці (сторінках) після анотації із заголовком «Зміст». До змісту документа включають номери розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовок), їх найменування та номери сторінок; номери та найменування (за наявності) додатків програмного документа; інші найменування (переліки рисунків, таблиць тощо) та номери сторінок. Найменування, включені до змісту, записують малими літерами (окрім першої й абрєвіатур).

Структурними елементами тексту документа є розділи, підрозділи, пункти, підпункти та переліки. Якщо в тексті немає розділів, його перший структурний елемент — пункт. Кожний структурний елемент має починатися абзацним відступом. Кожний розділ рекомендовано починати з нового аркуша. До розділів і підрозділів мають бути заголовки, а до пунктів і підпунктів — можуть бути.

Заголовки розділів пишуть великими літерами і розташовують симетрично відносно лівої та правої меж тексту. Заголовки підрозділів записують з абзацу малими літерами (окрім першої великої). Переносити слова в заголовках не можна. Крапку в кінці заголовку не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх відокремлюють крапкою.

Відстань між заголовком і подальшим текстом, а також між заголовками розділу та підрозділу має дорівнювати:

- у разі виконання документа машинописним способом — двом інтервалам;
- у разі виконання рукописним способом — 10 мм;
- у разі виконання машинним способом — не менше ніж трьом висотам шрифту.

Для розділів та підрозділів, текст яких записують на одній сторінці з текстом попереднього розділу, відстань між останнім рядком тексту та наступним заголовком має дорівнювати:

- у разі виконання документа машинописним способом — трьом інтервалам;
- у разі виконання рукописним способом — 15 мм;
- у разі виконання машинним способом — не менше ніж чотирьом висотам шрифту.

Розділи, підрозділи, пункти та підпункти належить нумерувати арабськими цифрами. До розділів мають бути порядкові номери у межах всього документа (частини). До підрозділів має бути нумерація у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з одного або кількох пунктів. Якщо документ не має підрозділів, то нумерація пунктів у ньому має бути у межах кожного розділу, і номер пункту має складатися з номерів розділу і пункту, відокремлених крапкою. Якщо документ має підрозділи, то нумерувати пункти треба в межах підрозділу, і номер пункту має складатися з номерів розділу, підрозділу і пункту, відокремлених крапками. Якщо текст поділяють тільки на пункти, то їх слід нумерувати порядковими номерами. У разі необхідності пункти можуть бути розбиті на підпункти, до котрих має бути нумерація у межах кожного пункту.

Текст документа має бути коротким та чітким і не допускати неоднозначного тлумачення. Терміни та визначення мають бути єдиними і відповідати встановленим стандартам, а якщо їх немає — загальноприйнятим у науково-технічній літературі; їх слід наводити у переліку термінів.

Ілюстрації можуть бути розміщені у тексті документа та (або) у додатках. Ілюстрації, якщо їх у даному документі більше ніж одна, нумерують арабськими цифрами у межах усього документа. У додатках ілюстрації нумерують у межах кожного додатка.

Формули, якщо їх більше ніж одна, нумерують арабськими цифрами у межах всього документа чи його частин (у разі поділу документа на частини. Номер зазначають на рівні формули у дужках з правого боку сторінки. Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій їх наведено у формулі. Пояснення кожного символу чи числового коефіцієнта слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Програмні документи, що містять текст, розбитий на графи, у разі необхідності поділяють на розділи та підрозділи, котрі не нумерують. Допускається лінії, що розмежовують рядки та графи, не наносити. Найменування розділів та підрозділів записують у вигляді заголовків малими літерами (крім першої великої) та підкреслюють. Відстані між заголовком і подальшим текстом, між текстом і наступним заголовком, а також між заголовками мають бути такими самими, як і для документів, що містять в основному суцільний текст. Слід залишати вільні рядки між розділами та підрозділами, а в документах великого обсягу — також усередині розділів і підрозділів. Якщо у графі документа записано текст у декілька рядків, то у наступних графах записи починають на рівні першого рядка. Допускається розташовувати запис на рівні останнього рядка, якщо він займає один рядок.

14.4. Вимоги до змісту та оформлення окремих видів програмних документів

14.4.1. Технічне завдання

Вимоги до змісту й оформлення технічного завдання на розроблення програми або програмного виробу встановлює ГОСТ 19.201–78. Технічне завдання оформляють на аркушах формату А4 та (або) А3. Номери аркушів (сторінок) проставляють у верхній частині аркуша над текстом. Інформаційну частину (анотацію та зміст), а також аркуш реєстрації змін можна не включати в документ. Зміни та доповнення, унесені до технічного завдання на наступних стадіях розроблення, оформляють у вигляді доповнення до нього.

Технічне завдання має містити такі розділи:

- *вступ* (найменування, коротка характеристика галузі застосування програми або програмного виробу та об'єкта, в якому використовують програму чи програмний виріб);
- *підстави для розроблення* (документ, на основі якого ведеться розроблення, організація, що його затвердила, і дата затвердження, найменування та (або) умовна позначка теми розробки);
- *призначеність розроблення* (функційна та експлуатаційна призначеність програми чи програмного виробу);
- *вимоги до програми та програмного виробу* (вимоги до функційних характеристик, надійності, умов експлуатації, вимоги до складу та параметрів технічних засобів, інформаційної та програмної сумісності, вимоги до маркування та пакування, транспортування та зберігання, спеціальні вимоги);
- *вимоги до програмної документації* (попередній склад програмної документації та, за необхідності, спеціальні вимоги до неї);
- *техніко-економічні показники* (орієнтовна економічна ефективність, очікувана річна потреба, економічні переваги у порівнянні з кращими вітчизняними та зарубіжними зразками чи аналогами);
- *стадії та етапи розроблення* (необхідні стадії розроблення, етапи та зміст робіт, а також, як правило, строки розроблення);
- *порядок контролювання та приймання* (види випробувань та загальні вимоги до приймання роботи);
- *додатки* (у разі необхідності).

Залежно від особливостей програми або програмного виробу допускається уточнювати зміст розділів чи об'єднувати окремі з них.

14.4.2. Текст програми

Вимоги до змісту та оформлення тексту програми встановлює ГОСТ 19.401–78. Згідно з його положеннями складати інформаційну частину (анотацію та зміст) не обов'язково. Основна частина документа має складатися з одного або кількох розділів, яким дані найменування. Кожний з розділів реалізують одним із типів символічного запису (наприклад, вихідною мовою). До символічного запису рекомендується включати коментарі, які можуть відображати, наприклад, функційну призначеність, структуру.

14.4.3. Опис програми

Вимоги до опису програми встановлює ГОСТ 19.402–78. Згідно з цим стандартом наявність інформаційної частини (анотації та змісту) у цьому документі є обов'язковою. У загальному випадку опис програми має містити такі розділи:

- *загальні відомості* (познака та найменування програми, програмне забезпечення, необхідне для функціонування програми, мови програмування, на яких її написано);
- *функційна призначеність* (класи задач, що їх розв'язують, та (або) призначеність програми і відомості про функційні обмеження на застосування);
- *опис логічної структури* (алгоритм програми, використовувані методи, структура програми з описом функцій складових частин та зв'язків між ними, зв'язки програми з іншими програмами);
- *використовувані технічні засоби* (типи електронно-обчислювальних машин і пристроїв, використовувані в ході роботи програми);
- *виклик та завантаження* (спосіб виклику програми з відповідного носія даних, вхідні точки в програму);
- *вхідні дані* (характер, організація, попередня підготовка, формат, опис та спосіб кодування вхідних даних);
- *вихідні дані* (характер, організація, формат, опис та спосіб кодування вихідних даних).

Залежно від особливостей програми допускається вводити додаткові розділи або об'єднувати окремі розділи. Допускається зміст розділів ілюструвати пояснювальними прикладами, таблицями, схемами, графіками.

14.4.4. Специфікація

Форму та порядок складання специфікації встановлює ГОСТ 19.202–78. Інформаційна частина (анотація та зміст) для цього документа не обов'язкові.

кумента. Далі записують запозичені програмні документи. Записування здійснюють у порядку зростання кодів організацій (підприємств)- розробників і далі у порядку зростання коду виду документа. Після кожного розділу специфікації необхідно залишити кілька вільних рядків для додаткових записів. Нижче наведено, як заповнюють графи специфікації.

У графі «Познака» зазначають:

- у розділі «Документація» — позначки документів програми;
- у розділі «Комплекси» — позначки специфікацій комплексів, що входять до даного комплексу);
- у розділі «Компоненти» — позначки основних програмних документів компонентів;

У графі «Найменування» зазначають:

- у розділі «Документація» — найменування та вид документа для документів на дану програму; повне найменування програми, найменування та вид документа для запозичених документів;
- у розділі «Комплекси» та «Компоненти» — повне найменування програми, найменування та вид документа;

У графі «Примітка» зазначають додаткові відомості, що стосуються записаних у специфікацію програм.

Якщо немає місця, у графі «Примітка» допускається записувати тільки порядковий номер приміток. Текст приміток записують у кінці відповідних розділів специфікації. Текст приміток можна записувати на наступних аркушах специфікації без поділу останніх на графи.

У графі «Познака» запис має складатися з одного рядка, у решті граф дозволено записи у кілька рядків.

14.4.5. Пояснювальна записка

Вимоги до змісту та оформлення програмного документа «Пояснювальна записка» встановлює ГОСТ 19.404–79. Складати інформаційну частину (анотацію та зміст) у цьому документі не обов'язково. Документ має містити такі розділи:

- *вступ* (найменування програми та (або) умовну позначку теми розроблення, а також документи, на основі яких ведеться розроблення);
- *призначеність і галузь застосування* (призначеність програми, коротка характеристика галузі застосування);

- *технічні характеристики* (постановка задачі, опис математичних методів, що їх застосовують, опис алгоритму та (або) функціонування програми з обґрунтуванням вибору схеми алгоритму розв'язання задачі, можливі взаємодії програми з іншими програмами, опис і обґрунтування вибору методу організації вхідних та вихідних даних, опис і обґрунтування вибору складу технічних та програмних засобів);
- *очікувані техніко-економічні показники* (техніко-економічні показники, що обґрунтовують вибраний варіант технічного розв'язку, а також, за необхідності, очікувані оперативні показники);
- *джерела, використані в ході розроблення* (перелік науково-технічних публікацій, нормативно-технічних документів та інших науково-технічних матеріалів, на які є посилання в основному тексті).


14.5. Правила виконання схем алгоритмів, програм, даних і систем

Правила виконання схем алгоритмів, програм, даних і систем встановлює ГОСТ 19.701–90. Згідно з його положеннями *схема* — це графічне подання визначення, аналізу або методу розв'язання задачі, в якому для відображення операцій, даних, потоку, обладнання тощо використовують символи. Зміст інформації, що її відображає схема, залежить від виду схеми. Так, *схеми даних* відображають шлях даних у ході розв'язання задач і описують етапи оброблення, а також носії даних. *Схеми програм* відображають послідовність операцій у програмі, а *схеми роботи системи* — керування операціями та потік даних у системі. *Схеми взаємодії програм* відображають шлях активації програм і взаємодій з відповідними даними, *схеми ресурсів системи* — конфігурацію блоків даних та блоків оброблення, яка необхідна для розв'язання задачі чи набору задач.






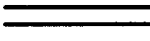
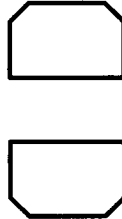
У загальному випадку схеми алгоритмів, програм, даних і систем складаються із символів, які мають певне значення, короткого пояснювального тексту та з'єднувальних ліній. Схеми можна використовувати на різних рівнях деталізації, причому кількість рівнів залежить від розміру та складності задачі оброблення даних.

Символи, що їх використовують у схемах, поділяють на *основні* та *специфічні*. *Основний символ* — це символ, що його застосовують у випадку, коли точний вид процесу чи носія даних невідомий або немає потреби описувати його. *Специфічний символ* — це символ, який застосовують тоді, коли вид процесу чи носія даних точно відомий або ж його необхідно зазначити. Зображення використовуваних у схемах символів та їх опис наведено у табл. 14.4.

Таблиця 14.4. Символи у схемах

Назва	Зображення	Опис
Символи даних		
Основні символи даних		
Дані		Символ відображує дані, носій яких не визначений
Дані, які запам'ятовуються		Символ відображує дані, що зберігаються у вигляді, придатному для оброблення; носій даних не визначений
Специфічні символи даних		
Оперативний запам'ятовуючий пристрій		Символ відображує дані, які зберігаються в оперативному запам'ятовуючому пристрої
Запам'ятовуючий пристрій з послідовним доступом		Символ відображує дані, які зберігаються у запам'ятовуючому пристрої з послідовним доступом (магнітна стрічка, касета з магнітною стрічкою, магнітофонна касета)
Запам'ятовуючий пристрій з прямим доступом		Символ відображує дані, які зберігаються у запам'ятовуючому пристрої з прямим доступом (магнітний диск, магнітний барабан, гнучкий магнітний диск)
Документ		Символ відображує дані, що подані на носії у формі, придатній для читання (машинограма, документ для оптичного чи магнітного зчитування, мікрофільм, рулон стрічки, бланк)
Ручне введення		Символ відображує дані, що вводяться вручну під час оброблення з пристрою будь-якого типу (клавіатура, перемикачі, кнопки, світлове перо, смужки зі штриховим кодом)
Карта		Символ відображує дані, що подані на носії у вигляді карти (перфокарти, магнітні картки, картки з мітками, що скануються або зчитуються, картки з відривним ярликом)
Паперова стрічка		Символ відображує дані, що подані на носії у вигляді паперової стрічки
Дисплей		Символ відображує дані, подані у формі, яка придатна для читання людиною, на носії у вигляді пристрою відображення (екран для візуального спостереження, індикатори введення інформації)

Таблиця 14.4 (продовження)

Назва	Зображення	Опис
Символи процесу		
Основні символи процесу		
Процес		Символ відображує функцію оброблення даних будь-якого виду (виконання певної операції чи групи операцій, що зумовлює зміну значень, форм чи розміщення інформації або до визначення, яким з кількох напрямків потоку слід рухатись)
Специфічні символи процесу		
Наперед визначений процес		Символ відображує наперед визначений процес, що складається з однієї або кількох операцій чи кроків програми, які визначені в іншому місці (підпрограми, модулі)
Ручна операція		Символ відображує будь-який процес, який виконує людина
Підготовка		Символ відображує модифікацію команди чи групи команд з метою впливу на якусь наступну функцію (встановлення перемикача, модифікація індексного реєстра чи ініціалізація програми)
Рішення		Символ відображує рішення чи функцію перемикального типу, що має один вхід і ряд альтернативних виходів, один і тільки один з яких може бути активізований після обчислення умов, зазначених усередині цього символу. Відповідні результати обчислення можуть бути записані поряд з лініями, що відображають альтернативні шляхи
Паралельні дії		Символ відображує синхронізацію двох або більше паралельних операцій
Межі циклу		Символ, що складається з двох частин, відображує початок і кінець циклу. Обидві частини символу мають один і той самий ідентифікатор. Умови для ініціалізації, приросту, завершення тощо розташовують усередині символу на початку або в кінці, залежно від розташування операції, що перевіряє умову

Назва	Зображення	Опис
Символи ліній		
Основний символ лінії		
Лінія		Символ відображає потік даних або керування. У разі необхідності можуть бути додані стрілки-вказівники
Специфічні символи ліній		
Передача керування		Символ відображає безпосередню передачу керування від одного процесу до іншого. Тип передачі потрібно назвати всередині символу (наприклад, запит, виклик, подія)
Канал зв'язку		Символ відображає передавання даних по каналу зв'язку
Пунктирна лінія		Символ відображає альтернативний зв'язок між двома чи більше символами. Окрім того, його використовують для обведення ділянки, яку анотують
Спеціальні символи		
З'єднувач		Символ відображає вихід у частину схеми та вхід з іншої частини цієї схеми; його застосовують для обриву лінії та її продовження в іншому місці. Відповідні символи-з'єднувачі мають містити одну й ту саму унікальну позначку
Термінатор		Символ відображає вихід у зовнішнє середовище та вхід із зовнішнього середовища (початок або кінець програми, зовнішнє використання та джерело або пункт призначення даних)
Коментар		Символ використовують для додання описових коментарів та пояснювальних записів. Пунктирні лінії у символі коментаря пов'язані з відповідним символом або можуть обводити групу символів. Текст коментаря має бути поряд з обмежувальною фігурою
Пропуск		Символ (три крапки) використовують для відображення пропуску символу чи групи символів тільки у символах ліній або між ними

Схеми виконують на аркушах, що мають формати відповідно до ГОСТ 2.301–68. Символи у схемі мають бути розміщені рівномірно. Довжина з'єднань має бути доцільна, а кількість довгих ліній — мінімальна. Форми символів мають відповідати

наведеним у табл. 14.3. Не дозволено змінювати кути й інші параметри, що впливають на форму символів. Якщо можна, символи мають бути одного розміру. Їх можна креслити в будь-якій орієнтації, але перевагу слід надавати горизонтальній орієнтації. Дзеркальне зображення символу означає ту саму функцію, проте йому не слід надавати перевагу.

Мінімальну кількість тексту, необхідну для розуміння функції даного символу, слід розміщувати всередині символу. Текст потрібно записувати зліва направо та зверху вниз незалежно від напрямку потоку. Якщо обсяг тексту перевищує розміри символу, слід використовувати символ коментаря.

У схемах дозволено застосовувати ідентифікатор символу, який задає символ для використання у довідкових цілях в інших елементах документації. Ідентифікатор має бути розміщений зліва над символом. Справа над символом можна розміщувати опис символу — будь-яку іншу інформацію (наприклад, для поліпшення розуміння функції як частини схеми).

У схемах можна застосовувати детальне подання, яке позначають за допомогою символу зі смугою. Це будь-який символ процесу чи даних, усередині якого у верхній частині проведено горизонтальну лінію, над якою розміщено ідентифікатор. Цей символ показує, що у цьому самому комплекті документації в іншому місці є детальне подання. Першим та останнім символами детального подання мають бути термінатори, у яких розміщують ідентифікатори, аналогічні до ідентифікатора у символі зі смугою.

Потоки даних та потоки керування у схемах показують лініями. Стандартним вважають напрямок зліва направо та зверху вниз. Якщо потік має напрямок, відмінний від стандартного, то цей напрямок показують стрілками. Слід уникати перетину ліній. Лінії, що перетинаються, не мають логічного зв'язку, тому зміна напрямку в точках перетину не допускається.

Дві чи більше вхідних ліній можуть об'єднуватись в одну вихідну лінію; при цьому місце об'єднання має бути зміщене (рис. 14.3).

Лінії у схемах мають підходити до символу або зліва, або зверху, а відходити від нього справа чи знизу. Лінії мають бути спрямовані до центра символу. У разі необхідності лінії у схемах слід розривати (щоб уникнути зайвих перетинів або занадто довгих ліній, а також коли схема складається з кількох аркушів). На початку та в кінці розриву ставлять з'єднувачі.

Декілька виходів із символу слід показувати або кількома лініями від даного символу до інших, або однією лінією від даного символу, яка потім розгалужується на відповідну кількість ліній (рис. 14.4). Кожний вихід із символу має супроводжуватись відповідними значеннями умов, щоб вказати логічний шлях, який він відображує.

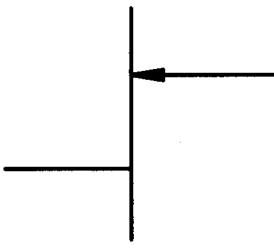


Рис. 14.3

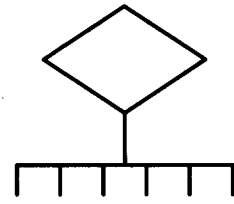
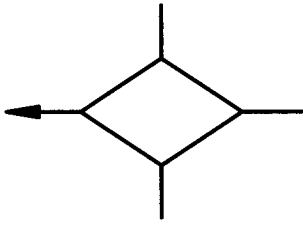


Рис. 14.4

Приклад виконання схеми програми наведено на рис. 14.5.

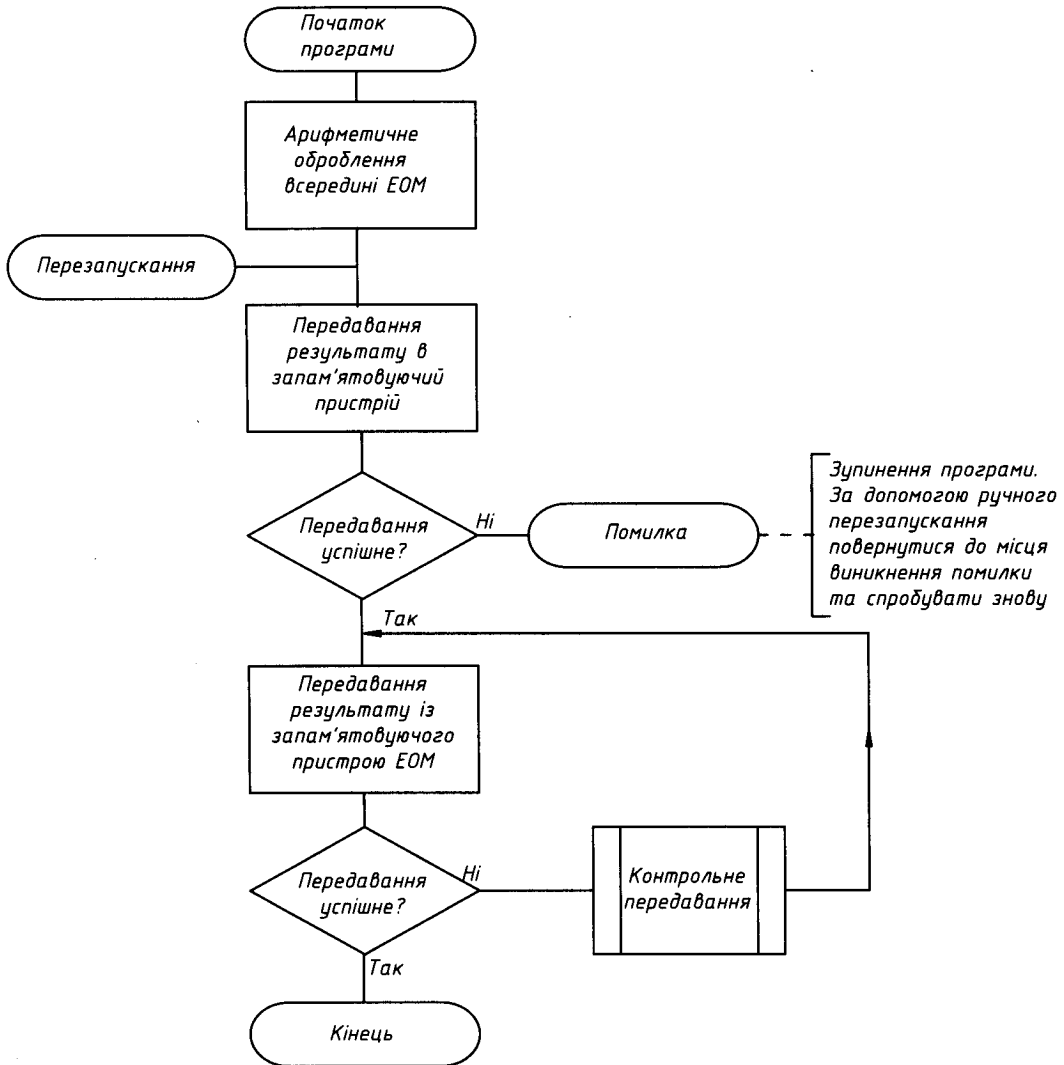


Рис. 14.5

Запитання для самоперевірки

1. Які документи відносять до програмних? Наведіть приклади програмних документів.
2. Як позначають програми та програмні документи?
3. З яких умовних частин складається програмний документ?
4. Які вимоги мають задовольняти документи, виконані друкованим способом?
5. Назвіть розділи специфікації та вкажіть порядок занесення до неї програмних документів.
6. З яких розділів у загальному випадку має складатися пояснювальна записка?
7. У яких випадках у схемах використовують основні символи, а в яких специфічні?
8. Сформулюйте основні правила оформлення схем.

Перелік нормативних документів

ДСТУ 1.3:2004

Правила побудови, викладення, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних умов

ДСТУ 1.5:2003

Правила побудови, викладення, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів

ДСТУ 2222–93

Зварювання, високотемпературне та низькотемпературне паяння, паяння-зварювання металів. Перелік та умовні позначення процесів

ДСТУ 2232–93

Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення

ДСТУ 2330–93

Передачі зубчасті і фрикційні. Терміни та визначення

ДСТУ 2390–94

Складання. Терміни та визначення

ДСТУ 2413–94

Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення

ДСТУ 2446–94

Плати друковані. Терміни та визначення

ДСТУ 2446–94

Плати друковані. Терміни та визначення

ДСТУ 2498–94

Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення

ДСТУ 2500–94

Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми

ДСТУ 2646–94

Плати друковані. Терміни та визначення

ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380–2005)

Сталь вуглецева звичайної якості. Марки

ДСТУ 2839–94 (ГОСТ 1583–93)

Сплави алюмінієві ливарні. Технічні умови

ДСТУ 2939–94

Комп'ютерна графіка. Терміни та визначення

ДСТУ 2982–95

Передачі черв'ячні. Терміни та визначення

ДСТУ 3132–95 (ГОСТ 4832–95)

Чавун ливарний. Технічні умови

ДСТУ 3278–95

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення

ДСТУ 3321:2003

Система конструкторської документації. Терміни та визначення

ДСТУ 3574–97

Патентний формуляр. Основні положення. Порядок складання та оформлення

ДСТУ 3761.2–98

Зварювання та споріднені процеси. Частина 2. Процеси зварювання та паяння. Терміни та визначення

ДСТУ 3973:2000

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення

ДСТУ 3974:2000

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення

ДСТУ ГОСТ 2.001:2006

Єдина система конструкторської документації. Загальні положення

ДСТУ ГОСТ 2.051:2006

Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення

ДСТУ ГОСТ 2.052:2006

Єдина система конструкторської документації. Електронна модель виробу. Загальні положення

ДСТУ ГОСТ 2.053:2006

Єдина система конструкторської документації. Електронна структура виробу. Загальні положення

ДСТУ ГОСТ 2.104:2006

Єдина система конструкторської документації. Основні написи

ДСТУ ГОСТ 2.601:2006

Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи

ДСТУ ГОСТ 2.610:2006

Єдина система конструкторської документації. Правила виконання експлуатаційних документів

ДСТУ ISO 68–1:2005

Нарізі ISO загального призначення. Основний профіль. Частина 1. Нарізі метричні

ДСТУ ISO 128–20:2003

Кресленики технічні. Загальні принципи подавання. Частина 20. Основні положення про лінії

ДСТУ ISO 128–22:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 22. Основні положення та правила застосування ліній-виносок і полиць ліній-виносок

ДСТУ ISO 128–24:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 24. Лінії на машинобудівних креслениках

ДСТУ ISO 128–30:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види

ДСТУ ISO 128–34:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 34. Види на машинобудівних креслениках

ДСТУ ISO 128–40:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи

ДСТУ ISO 128–44:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 44. Розрізи та перерізи на машинобудівних креслениках

ДСТУ ISO 128–50:2005

Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 50. Основні положення про зображення розрізів і перерізів

- ДСТУ ISO 129-1:2007**
Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи
- ДСТУ ISO 261:2005**
Нарізи метричні ISO загальної призначеності. Загальні положення
- ДСТУ ISO 262:2005**
Нарізи метричні ISO загальної призначеності. Вибірання розмірів для гвинтів, болтів та гайок
- ДСТУ ISO 272:2005**
Вироби кріпильні шестигранні. Розміри «під ключ»
- ДСТУ ISO 286-1:2002**
Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок
- ДСТУ ISO 286-2:2002**
Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів
- ДСТУ ISO 701:2001**
Міжнародна система позначень зубчастих передач. Умовні позначення геометричних даних
- ДСТУ ISO 724:2005**
Нарізи метричні ISO загального призначення. Основні розміри
- ДСТУ ISO 888:2005**
Болти, гвинти і шпильки. Номінальні довжини та довжини нарізей болтів загального призначення
- ДСТУ ISO 965-2:2005**
Нарізи метричні ISO загального призначення. Допуски. Частина 2. Граничні розміри зовнішніх і внутрішніх нарізей. Середній клас точності
- ДСТУ ISO 2768-1:2001**
Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків
- ДСТУ ISO 2768-2:2001**
Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків
- ДСТУ ISO 3098-0:2006**
Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 0. Загальні вимоги
- ДСТУ ISO 3098-2:2006**
Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 2. Латинська абетка, цифри і знаки
- ДСТУ ISO 3098-3:2006**
Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 3. Грецька абетка
- ДСТУ ISO 3098-6:2006**
Документація технічна на виробі. Шрифти. Частина 6. Кирилична абетка
- ДСТУ ISO 5455:2005**
Кресленики технічні. Масштаби
- ДСТУ ISO 5456-1:2006**
Кресленики технічні. Методи проєкціювання. Частина 1. Загальні положення
- ДСТУ ISO 5456-2:2005**
Кресленики технічні. Методи проєкціювання. Частина 2. Ортогональні зображення
- ДСТУ ISO 5456-3:2006**
Кресленики технічні. Методи проєкціювання. Частина 3. Аксонометричні зображення
- ДСТУ ISO 5456-4:2006**
Кресленики технічні. Методи проєкціювання. Частина 4. Центральне проєкціювання
- ДСТУ ISO 5457:2006**
Документація технічна на виробі. Кресленики. Розміри та формати

ДСТУ ISO 6433:2006

Кресленики технічні. Позиції

ДСТУ ISO 7573:2006

Кресленики технічні. Специфікація

ГОСТ 2.001–93 (2006)

ЕСКД. Общие положения

ГОСТ 2.004–88 (2001)

ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ

ГОСТ 2.101–68 (1995)

ЕСКД. Виды изделий.

ГОСТ 2.102–68 (2006)

ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 2.103–68 (2006)

ЕСКД. Стадии разработки

ГОСТ 2.105–95 (2006)

ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.106–96 (2006)

ЕСКД. Текстовые документы

ГОСТ 2.109–73 (2006)

ЕСКД. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.113–75 (2001)

ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы

ГОСТ 2.114–95 (2003)

ЕСКД. Технические условия

ГОСТ 2.118–73 (2006)

ЕСКД. Техническое предложение

ГОСТ 2.119–73 (2006)

ЕСКД. Эскизный проект

ГОСТ 2.120–73 (2006)

ЕСКД. Технический проект

ГОСТ 2.123–93 (1998)

ЕСКД. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании

ГОСТ 2.201–80 (1987)

ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 2.301–68 (2006)

ЕСКД. Форматы

ГОСТ 2.302–68 (2006)

ЕСКД. Масштабы

ГОСТ 2.303–68 (2006)

ЕСКД. Линии

ГОСТ 2.304–81 (2006)

ЕСКД. Шрифты чертежные

ГОСТ 2.305–68 (2000)

ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения

ГОСТ 2.306–68 (2006)

ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила нанесения их на чертежах

ГОСТ 2.307–68 (1990)

ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений

ГОСТ 2.308–79 (2007)

ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

ГОСТ 2.309–73 (2005)

ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей

ГОСТ 2.310–68 (2006)

ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки

ГОСТ 2.311–68 (1987)

ЕСКД. Обозначение резьбы

ГОСТ 2.312–72 (2000)

ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений

ГОСТ 2.313–82

ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений

ГОСТ 2.315–68 (2007)

ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей

ГОСТ 2.316–68 (2002)

ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц

ГОСТ 2.402–68 (2005)

ЕСКД. Правила выполнения чертежей различных изделий. Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач

ГОСТ 2.403–75 (1998)

ЕСКД. Правила выполнения чертежей различных изделий. Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач

ГОСТ 2.404–75 (2005)

ЕСКД. Правила выполнения чертежей различных изделий. Правила выполнения чертежей зубчатых реек

ГОСТ 2.413–72 (2002)

ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа

ГОСТ 2.414–68 (2002)

ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов

ГОСТ 2.415–68 (2002)

ЕСКД. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками

ГОСТ 2.416–68 (1998)

ЕСКД. Условные изображения магнитопроводов

ГОСТ 2.417–91

ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей

ГОСТ 2.419–68 (2002)

ЕСКД. Правила выполнения документации при плазовом методе производства

ГОСТ 2.503–90

ЕСКД. Правила внесения изменений

ГОСТ 2.701–84 (2000)

ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению

ГОСТ 2.702–75 (2000)

ЕСКД. Правила выполнения электрических схем

ГОСТ 2.708–81

ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники

ГОСТ 2.709–89 (2007)

ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах

ГОСТ 2.710–81 (2001)

ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах

ГОСТ 2.721–74 (1994)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения

ГОСТ 2.723–68 (2002)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители

ГОСТ 2.725–68 (2002)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие

ГОСТ 2.727–68 (2002)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители

ГОСТ 2.728–74 (2002)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы

ГОСТ 2.730–73 (2002)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые

ГОСТ 2.731–81 (1997)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные

ГОСТ 2.732–68 (1997)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света

ГОСТ 2.743–91 (1994)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники

ГОСТ 2.755–87 (2000)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения

ГОСТ 2.756–76 (2000)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств

ГОСТ 2.759–82 (1988)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники

ГОСТ 2.764–86 (2004)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации

ГОСТ 2.768–90 (2000)

ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые

ГОСТ 9.306–85 (1987)

ЕСКД. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения

ГОСТ 13.1.002–2003

Документы для микрофильмирования. Общие требования и нормы

ГОСТ 492–2006

Никель, сплавы никелевые и медно-никелевые, обрабатываемые давлением. Марки

ГОСТ 493–79

Бронзы безоловянные литейные. Марки

ГОСТ 613–79

Бронзы оловянные литейные. Марки

ГОСТ 1050–88 (1992)

Прокат сортовой калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали

ГОСТ 1412–85

Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки

ГОСТ 1491–80

Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры

ГОСТ 1583–93 (2000)

Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия

ГОСТ 1759.4–87

Болты, винты, шпильки. Механические свойства и методы испытаний

ГОСТ 1759.5–87

Гайки. Механические свойства и методы испытаний

ГОСТ 2591–88

Прокат стальной горячекатаный квадратный

ГОСТ 2789–73

Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

ГОСТ 3212–92

Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров

ГОСТ 4543–71

Калиброванный прокат из легированной конструкционной стали

ГОСТ 4784–97

Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки

ГОСТ 5017–2006

Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки

ГОСТ 5915–70 (1985)

Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 6424–73 (1989)

Зев (отверстие), конец ключа и размер «под ключ»

ГОСТ 6357–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная цилиндрическая

ГОСТ 6636–69 (1996)

Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры

ГОСТ 6836–2002

Серебро и сплавы на его основе. Марки

ГОСТ 7293–85

Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки

ГОСТ 7798–70

Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 8593–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов

ГОСТ 8724–2002

Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги

ГОСТ 8908–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов

ГОСТ 9150–2002

Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль

ГОСТ 9484–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трапецеидальная. Профиль

ГОСТ 10316–78 (1996)

Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Марки

ГОСТ 10317–79 (1985)

Платы печатные. Основные размеры

ГОСТ 10549–80 (2002)

Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски

ГОСТ 13726–97

Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия

ГОСТ 15527–70 (1983)

Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением

ГОСТ 16093–2004

Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором

ГОСТ 17711–93

Сплавы медно-цинковые (латуни), литейные. Марки

ГОСТ 18175–78 (1991)

Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки

ГОСТ 19521–74

Сварка металлов. Классификация

ГОСТ 19738–74 (2001)

Припой серебряные. Марки

ГОСТ 21474–75

Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры

ГОСТ 21930–76

Припой оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия

ГОСТ 21931–76

Припой оловянно-свинцовые в виде проволоки. Технические условия

ГОСТ 22032–76 (1987)

Шпильки с ввинчиваемым концом длиной 1d. Класс точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 23751–86

Платы печатные. Основные параметры конструкции

ГОСТ 23752–79

Платы печатные. Общие технические условия

ГОСТ 24642–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения

ГОСТ 24643–81

Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения

ГОСТ 25346–89 (1992)

Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

ГОСТ 25347–82

Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки

ГОСТ 25349–88 (2004)

Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс

ГОСТ 29137-91

Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования

ГОСТ 19.001-77 (1987)

ЕСПД. Общие положения

ГОСТ 19.101-77 (1987)

ЕСПД. Виды программ и программных документов

ГОСТ 19.103-77 (1987)

ЕСПД. Обозначение программ и программных документов

ГОСТ 19.104-78 (1987)

ЕСПД. Основные надписи

ГОСТ 19.105-78 (1987)

ЕСПД. Общие требования к программным документам

ГОСТ 19.201-78 (1982)

ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.202-78 (1982)

ЕСПД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.301-79 (1982)

ЕСПД. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.401-78 (1982)

ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.402-78

ЕСПД. Описание программы

ГОСТ 19.404-79 (1987)

ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.501-78

ЕСПД. Формуляр. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.504-79 (1982)

ЕСПД. Руководство программиста. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 19.603-78 (1982)

ЕСПД. Общие правила внесения изменений

ГОСТ 19.701-90

ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем

Рік, зазначений у дужках, вказує на рік останнього перевидання стандарту або на рік внесення до нього останніх змін. Дані наведено станом на 01.01.2008 р.

Алфавітний покажчик

А

аксонометричні проєкції, 112
прямокутні, 114
косокутні, 113, 118
апроксимація функцій, 62

Б

база, 192
допоміжна, 192
конструкторська, 192
основна, 192
технологічна, 192
болт, 242

В

вид, 151
допоміжний (додатковий), 153, 165
місцевий, 154
основний, 152
частинний, 165
види
виробів, 124
конструкторських документів, 125, 126
програмних документів, 369
схем, 318
визначник
площини, 24
поверхні, 66
прямої, 18
точки, 15
виносний елемент, 160
вироби
допоміжного виробництва, 124
основного виробництва, 124
відхили розмірів, 199
верхні, 199
граничні, 199, 201
нижні, 199
основні, 199
вісь
обертання, 52, 73
проєкцій, 15
вказівники виводів елементів, 361
врубка, 96

Г

гайка, 246
гвинт, 242

гелікоїд, 71, 72
гіперболічний параболоїд, 71
гіперболоїд однопорожнинний, 75
горизонталь, 22, 26

Д

деталювання, 292
деталь, 124
диметрія, 114
допуски,
розмірів, 199
розташунку поверхонь, 203
форми поверхонь, 203
друкована плата, 298, 299
друкований вузол, 299

Е

електронна модель
деталі, 126
складанної одиниці, 126
електронна структура виробу, 127
ескізний проєкт, 129

Є

Єдина система допусків і посадок (ЄСПД), 199
Єдина система конструкторської документації (ЄСКД), 122
Єдина система програмної документації (ЄСПД), 367

З

зачеплення зубчасті, 257
зварювання, 262
з'єднання, 241
зварні, 262
клеєні, 268
нарізеві, 241
– болтом, 247
– гвинтом, 249
– шпилькою, 248
паяні, 267
шліцьові, 254
шпонкові, 251
знак
виду допуску, 203
діаметра, 176

знак (*продовження*)
 квадрата, 176
 конусності, 176
 радіуса, 175
 сфери, 176
 уклону, 176
 зображення, 149, 189

I
 ізометрія, 113, 114
 інтерполяція функцій, 61

K
 квалітет, 200
 кваліфікувальні символи, 321
 код схеми, 318
 коефіцієнти (показники) спотворення, 113
 комплекс, 124
 комплексний рисунок
 площини, 24
 прямої, 18
 точки, 14, 15
 комплект, 124
 конкуруючі точки, 23
 коноід, 71, 75
 конструкторська документація
 проектна, 128, 129
 робоча, 130
 конструкторський документ, 125
 аудіовізуальний (мультимедійний), 126
 графічний, 125
 електронний, 125
 основний, 131
 паперовий, 125
 текстовий, 126
 конус обертання, 74
 конусність, 176
 кресленик
 виробу з електричними обмотками, 293
 виробу з магнітопроводами, 297
 габаритний, 126, 284
 деталі, 126, 188
 друкованого вузла, 311
 друкованої плати, 298, 304
 загального виду, 126, 286
 монтажний, 284
 складальний, 126, 274
 кривина кривої, 61
 криві лінії, 60
 крок сітки
 координатної, 302
 модульної, 364

Л
 лінії, 140, 141, 143
 взаємного перетину двох поверхонь, 96
 виноски, 178
 геодезичні, 73
 групового зв'язку, 333
 зв'язку, 15, 320, 355
 згинання, 191
 найбільшого нахилу площини, 44
 переходу, 96
 рівня, 26
 літерний код
 виду елемента, 322
 функційної призначеності елемента, 325

M
 масштаб, 140
 меридіан, 73
 метод
 проєкціювання, 12
 суміщення, 55
 триангуляції, 82
 моделювання
 кривих ліній та поверхонь, 60
 площини, 24
 прямої, 18
 точки, 14

H
 напис основний, 137, 138
 написи на креслениках, 177
 напрямні елементи, 66
 нарізь, 219
 метрична (циліндрична), 221
 метрична конічна, 222
 спеціальна, 226
 трапецеїдальна, 225
 трубна конічна, 225
 трубна циліндрична, 223
 упорна, 226
 натуральна величина
 відрізка прямої, 20
 відсіку площини, 53, 54
 перерізу, 87
 номери позицій, 277, 289

O
 основний комплект конструкторських документів, 131
 оформлення
 програмних документів, 371
 текстової документації, 180–186

- П**
- паралель, 73
 - паралельність
 - площин, 37
 - прямих, 23
 - прямої та площини, 37
 - параметри нарізей, 219
 - перелік елементів, 325
 - перерізи, 151, 158
 - винесені, 159
 - накладені, 159
 - перетворення комплексного рисунку, 45
 - перетин
 - площин, 31–34
 - площини та поверхні, 85
 - прямого циліндра, 89
 - прямої призми, 89
 - сфери, 86
 - прямої та площини, 31, 35
 - прямої та поверхні, 90
 - конуса, 93, 95
 - призми, 91
 - сфери, 93
 - тора, 93
 - циліндра, 91
 - перпендикулярність
 - двох площин, 42
 - двох прямих, 43
 - прямої та площини, 37
 - площина
 - загального положення, 27
 - обертання, 53
 - окремого положення, 28
 - паралелізму, 69
 - проекцій, 13, 14, 15
 - проекціювальна, 28
 - рівня, 29
 - скісна, 72
 - площини-посередники, 32
 - поверхня
 - з площиною паралелізму, 69
 - конічна, 68
 - лінійчата, 68
 - обертання, 73
 - нерозгортна, 69
 - розгортна, 68
 - циліндрична, 68
 - повний комплект конструкторських документів, 131
 - познака
 - виду, 153
 - графічна елемента, 319
 - графічна матеріалу, 167
 - додаткового формату, 137
 - познака (*продовження*)
 - електронного документа, 135
 - зварного шва, 265, 266
 - зони, 349
 - лінії, 144
 - літерно-цифрова, 318, 322
 - мітки виводу елемента, 362
 - нарізі, 229
 - нормативного документу, 121
 - основного формату, 136
 - позиційна, 322, 333
 - покриву, 215
 - програми і програмного документа, 369
 - способу обробляння, 215
 - способу проєкціювання, 164
 - функції елемента, 359
 - шорсткості, 205, 208, 210
 - позначання на креслениках
 - матеріалів, 212
 - паяних та клеєних з'єднань, 268
 - посадок, 289
 - поле допуску, 199, 201
 - посадки, 288
 - пояснювальна записка, 127, 185, 379
 - проєкції
 - аксонометричні, 112
 - прямокутні, 15
 - проєкціювальний промінь, 13
 - проєкціювання
 - кола, 64
 - паралельне, 13
 - прямого кута, 37
 - прямокутне, 14
 - у першому квадранті, 149
 - у третьому квадранті, 149
 - центральне, 13
 - проникнення, 96
 - пряма
 - загального положення, 22
 - окремого положення, 22
- Р**
- радіус обертання, 53
 - розгортка
 - багатогранників, 76
 - деталі, 190
 - кривих поверхонь, 79
 - розміри, 169, 192
 - габаритні, 275
 - кутові, 170
 - лінійні, 170
 - приєднанчі, 275
 - установчі, 275

розрізи

- вертикальні, 154
- горизонтальні, 154
- ламані, 156
- місцеві, 157
- повздовжні, 156
- поперечні, 156
- похилі, 154
- прості, 154
- профільні, 156
- складні, 154, 156
- східчасті, 156
- фронтальні, 156

С**символи**

- даних, 381
- ліній, 383
- процесу, 382
- спеціальні, 383

сітка

- координатна, 302–305
- модульна, 320

складання одиниця, 124, 277, 278**сліди**

- площини, 26
- прямої, 21

специфікація, 127, 186, 270, 312, 377**спосіб**

- доповняльних кутів, 57
- допоміжних січних
- поверхонь-посередників, 96
- заміни площин проєкцій, 45
- нормального перерізу, 77
- обертання навколо осей,
 - паралельних до площин проєкцій, 52
 - перпендикулярних до площин проєкцій, 52
- плоскопаралельного переміщення, 50
- сферичних посередників, 102

сумарний допуск форми та розташунку поверхонь, 203**сфера, 75****схеми, 317, 349**

- алгоритмів і програм, 380
- електричні
 - принципів, 332
 - структурні, 329
 - функційні, 329

схеми (продовження)

- електричні цифрової обчислювальної техніки, 349
 - принципів, 356
 - структурні, 353
 - функційні, 354

Т

- таблиці, 184
- твірна, 66
- текстові документи, 180, 181, 186
- теорема
 - Глазунова, 103
 - Монжа, 110
 - Польке-Шварца, 112
 - про подвійний дотик, 108
- технічна пропозиція, 128
- технічне завдання, 128
- технічне завдання на розроблення програми, 376
- технічний проєкт, 129, 287
- технічні вимоги, 179
- типи схем, 318
- тор, 75
- торс, 69

У

- уклон, 176
- умовні графічні позначки в електричних схемах, 341, 353, 354, 356
- умовні розгортки, 81

Ф

- формат, 136
 - додатковий, 136, 137
 - основний, 136
- фронталь, 22, 26

Ц

- центр обертання, 53
- циліндр
 - еліптичний, 74
 - обертання, 74
- циліндроїд, 70

Ш

- шайба, 246
- шорсткість поверхні, 205
- шпилька, 245
- шпонка, 252
- шрифти, 146

Навчальне видання

**Ванін Володимир Володимирович, Перевертун Валентина Вікторівна,
Надкернична Тетяна Миколаївна, Власюк Ганна Григорівна**
ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА

Підручник

Керівник проекту В. В. Перевертун
Редактор С. Г. Агдаєва
Коректор С. Г. Агдаєва
Комп'ютерна верстка О. М. Заплаткіна

ТОВ «Видавнича група ВНУ»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи України
серія ДК №175 від 13.09.2000 р.

Підписано до друку 22.04.09. Формат 70×100 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Petersburg. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 32,5. Обл.-вид. арк. 29,03.
Наклад 500 прим. Зам. № 9109.

Віддруковано з готових діапозитивів
на ДП «Державна картографічна фабрика»,
21100, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 19.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції. Серія ДК № 869 від 26.03.2002 р.

В. В. Ванін, В. В. Перевертун, Т. М. Надкернична, Г. Г. Власюк

Інженерна графіка

У підручнику розглядаються основні питання нарисної геометрії як бази геометричного комп'ютерного моделювання об'єктів, а також правила і нормативні вимоги щодо розроблення та оформлення конструкторської документації. Наводяться відомості з оформлення деяких видів програмних документів.

Детально розглянуто такі теми:

- геометричні моделі у прямокутних проєкціях основних геометричних образів;
- позиційні та метричні задачі геометричного моделювання в ортогональних проєкціях прямих та площин;
- моделювання кривих ліній та поверхонь;
- алгоритми розв'язання задач перетину поверхонь площинами, прямими та між собою;
- загальні положення розроблення та оформлення конструкторської документації;
- виконання креслеників деталей;
- специфікація та кресленики складаних одиниць;
- виконання креслеників деяких виробів радіоелектронної апаратури;
- правила виконання схем;
- вимоги до змісту та оформлення окремих видів програмних документів.

Ванін Володимир Володимирович — доктор технічних наук, професор, заслужений працівник народної освіти України, декан фізико-математичного факультету НТУУ «КПІ», завідувач кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки. Сфера наукових інтересів — геометричне моделювання об'єктів, явищ, технологічних процесів.

Перевертун Валентина Вікторівна — кандидат технічних наук, доцент кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки НТУУ «КПІ». Сфера наукових інтересів — моделювання та аналіз технічних об'єктів в системах автоматизованого проектування.

Надкернична Тетяна Миколаївна — старший викладач кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки НТУУ «КПІ». Сфера наукових інтересів — геометричне комп'ютерне моделювання, методика викладання інженерної графіки.

Власюк Ганна Григорівна — доктор технічних наук, професор, декан міжнародного факультету НТУУ «КПІ», завідувач кафедри звукотехніки та реєстрації інформації. Сфера наукових інтересів — геометричне моделювання ліній та поверхонь.

Базовий курс для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками «Комп'ютерні науки», «Комп'ютерна інженерія», «Системна інженерія», а також для студентів електротехнічних, радіотехнічних та приладобудівних спеціальностей.

Зміст підручників серії відповідає навчальним планам, що використовуються у провідних вищих навчальних закладах України.



9 789665 152168 6

За додатковою інформацією звертайтеся на сайти www.osvita.info та www.bhv.kiev.ua