

Серія "Вища освіта в Україні"

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА:

КРЕСЛЕННЯ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА



ВИДАВНИЦТВО "КАРАВЕЛА"

76(075)
1-62

Серія “Вища освіта в Україні”

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА: КРЕСЛЕННЯ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

За науковою редакцією доктора педагогічних наук,
професора А. П. Верхоли

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти*

Київ “Каравела” 2006

УДК 76.02:741 (035)
ББК 30.11я2
І62

Гриф надано
Міністерством освіти і науки України
(лист №14/18.2-2004 від 07.09.2004 р.)

Рецензенти:

В. К. Сидоренко,

член-кореспондент АПН України, доктор педагогічних наук,
професор, зав. кафедри трудового навчання і креслення
Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова

Ю. І. Бадаєв,

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
інформаційних технологій Київської державної
академії водного транспорту

Верхола А. П., Коваленко Б. Д. та ін.

І62 Інженерна графіка: креслення, комп'ютерна графіка: Навч. посібн. / За ред.
А. П. Верхоли. — К.: Каравела, 2006. — 304 с.

ISBN 966-8019-35-0

У відповідності із чинними стандартами України викладено основні нормативні вимоги та правила виконання різноманітних креслень.

Характерною відмінністю змісту та структури запропонованого навчального посібника від аналогічних видань є орієнтація його на студентів, у яких практично відсутня довузівська графічна підготовка. У ньому, крім необхідної загальноприйнятої інформації, деталізовано дані щодо оформлення креслень, виконання численних геометричних побудов, ескізів деталей та креслень інших виробів тощо. Окремим розділом у розширеному вигляді представлено стандартні положення та правила виконання креслень схем, які найчастіше використовуються у промисловості. Для полегшення адаптації студентів до специфіки графічних понять та термінів приведено термінологічний словник.

Для студентів вищих закладів освіти та слухачів підготовчих відділень.

УДК 76.02:741 (035)
ББК 30.11я2

429303

ISBN 966-8019-35-0

© Верхола А. П., Коваленко Б. Д. та ін., 2006
© Видавництво "Каравела", 2006

НТБ ВНТУ
м. Вінниця

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ	7
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	8
1.1. КОМПЛЕКС СТАНДАРТІВ СКД	8
1.2. КОНСТРУКТОРСЬКІ ДОКУМЕНТИ.....	9
1.3. ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ	11
1.4. ЛІНІЇ КРЕСЛЕНЬ	18
1.5. КРЕСЛЯРСЬКІ ШРИФТИ	20
1.6. САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КРЕСЛЯРСЬКИХ РОБІТ	28
РОЗДІЛ 2. ЗАСОБИ ТА ЕЛЕМЕНТИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОБУДОВ У КРЕСЛЕННІ	32
2.1. КРЕСЛЯРСЬКІ МАТЕРІАЛИ, ПРИЛАДДА ТА ІНСТРУМЕНТИ	32
2.2. РАЦІОНАЛЬНІ ПРИЙОМИ В ГРАФІЧНИХ ПОБУДОВАХ	41
2.3. ПОБУДОВИ ВЗАЄМНИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРЯМИХ ЛІНІЙ.....	46
2.4. ПОБУДОВА ПОХИЛУ ТА КОНУСНОСТІ	50
2.5. ПОБУДОВА СПРЯЖЕНЬ.....	52
2.6. ПОБУДОВА ЛЕКАЛЬНИХ КРИВИХ	57
РОЗДІЛ 3. ОФОРМЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА КРЕСЛЕННЯХ	68
3.1. ВИДИ ЗОБРАЖЕНЬ	68
3.2. РОЗРІЗИ	70
3.3. ПЕРЕРІЗИ.....	74
3.4. УМОВНОСТІ І СПРОЩЕННЯ	77
3.5. ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА НАНЕСЕННЯ ЇХ НА КРЕСЛЕННЯХ	80
3.6. ПОБУДОВА АКСОНОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	82
РОЗДІЛ 4. РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ	90
4.1. НАРІЗНІ З'ЄДНАННЯ	90
4.2. ТИПИ РІЗЬБ.....	92
4.3. ЗОБРАЖЕННЯ РІЗЬБИ НА КРЕСЛЕННЯХ	96
4.4. КРІПИЛЬНІ НАРІЗНІ ДЕТАЛІ.....	100
4.5. ЗОБРАЖЕННЯ КРІПИЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ І З'ЄДНАНЬ НА СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕННЯХ	125
4.6. ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ	135
4.7. ЗУБЧАСТІ (ШЛІЦЬОВІ) З'ЄДНАННЯ.....	139
4.8. НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ.....	141

РОЗДІЛ 5. КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ	147
5.1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ	147
5.2. ВИДИ КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ.....	150
5.3. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ	153
5.4. СТАНДАРТИЗОВАНІ ЕЛЕМЕНТИ ДЕТАЛЕЙ	161
5.5. ПОЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА КРЕСЛЕННЯХ	169
5.6. ВИКОНАННЯ ЕСКІЗІВ ДЕТАЛЕЙ	172
5.7. КРЕСЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ	175
5.8. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕННЯ	178
5.9. АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ	182
5.10. УМОВНОСТІ ТА СПРОЩЕННЯ У СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕННЯХ.....	183
5.11. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ, НОМЕРІВ ПОЗИЦІЙ	185
5.12. СПЕЦИФІКАЦІЯ.....	186
5.13. АРМОВІ ДЕТАЛІ	192
 РОЗДІЛ 6. СХЕМИ.....	196
6.1. ВИЗНАЧЕННЯ, ТЕРМІНИ	196
6.2. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ	199
6.3. УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ, ЕЛЕМЕНТІВ, ПРИСТРОЇВ МАШИН І АПАРАТІВ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ.....	205
6.4. ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ СХЕМИ	227
6.5. КІНЕМАТИЧНІ СХЕМИ	228
6.6. ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ.....	240
 РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА КРЕСЛЕНЬ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	253
7.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	253
7.2. БАЗОВІ ЕЛЕМЕНТИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ.....	257
7.3. ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	262
7.4. ТИПИ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ.....	270
7.5. РОЗРОБКА ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ І КРЕСЛЕНЬ	273
7.6. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	275
7.7. ФОРМУВАННЯ КРЕСЛЕНЬ В ГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КОМПАС LT (2D)	286
 ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	293
 ЛІТЕРАТУРА	303

ПЕРЕДМОВА

Графічна підготовка студентів вищих технічних закладів освіти, яку вони одержують на молодших курсах навчання, є основою та запорукою їх успішної подальшої графічної діяльності на старших курсах та в наступній практичній роботі за фахом.

У сучасних умовах процес графічної підготовки студентів вищих технічних закладів освіти ускладнений низкою об'єктивних та суб'єктивних факторів. Найсуттєвішим з них є той, що у зв'язку із вилученням із шкільних навчальних планів предмета "Креслення" у студентів, що вступили до вищих технічних закладів освіти, практично повністю відсутня довузівська графічна підготовка. При тому, що в програмах графічних дисциплін вищих технічних закладів освіти передбачена наявність у студентів відповідної пропедевтичної графічної підготовки. Крім того, з ряду об'єктивних та суб'єктивних причин у випускників середніх закладів освіти в останні роки значно знизився рівень геометричної підготовки, що негативно впливає на розвиток у студентів просторової уяви, створенні у них на її основі відповідних просторово-проекційних уявлень, на чому базується засвоєння основних принципів положень нарисної геометрії зокрема та інженерної графіки в цілому.

Далеко не на користь графічній підготовці студентів вплинуло переведення у вищих закладах освіти значної частини їх навчального часу на позааудиторну роботу, що зовсім не притаманне характеру та методиці процесу графічної підготовки студен-

тів, оскільки вона найбільш ефективно реалізується шляхом індивідуального підходу до їх навчання саме в умовах аудиторних занять. Відомо, що студенти першого курсу (на якому, в основному, вивчаються графічні дисципліни) ще недостатньо адаптовані до умов навчання у вищій школі, а тим більше, до самостійної роботи з дисципліни, яку вони раніше не вивчали.

Зазначені обставини спонукають до створення підручників та навчальних посібників, які за своєю спрямованістю та змістом могли б сприяти подоланню недоліків та ускладнень у графічній підготовці студентів вищих закладів освіти. Перш за все необхідно, щоб у цих виданнях основний навчальний матеріал був викладений більш детально, різноманітно, з великою кількістю прикладів та, по можливості, популярно. Однаковою мірою ці вимоги стосуються як до нарисної геометрії, так і до креслення та комп'ютерної графіки.

Оскільки обсяг сучасних навчальних видань для вищих закладів освіти, як правило, не перевищує 25 друкованих аркушів, виникає необхідність написання підручників або навчальних посібників окремо для нарисної геометрії та креслення разом із комп'ютерною графікою.

Запропонований авторами навчальний посібник "Інженерна графіка: креслення, комп'ютерна графіка" розрахований на студентів, які мають недостатню довузівську графічну підготовку і здобувають у вищих технічних закладах освіти за сучасних умов істотного збільшення навчального часу,

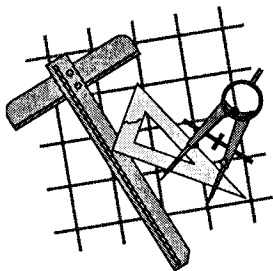
що відводиться на самостійну роботу. Виходячи з цього, в посібнику максимально деталізовано виклад основних, особливо принципів, положень креслення та комп'ютерної графіки. Введена детальна інформація щодо санітарно-гігієнічних умов виконання креслярських робіт, широко представлені дані щодо креслярських матеріалів, приладдя та інструментів, правил та раціональних прийомів користування ними. Виділено окремий розділ "Схеми", в якому подані стандартні положення щодо оформлення різноманітних технічних схем, проілюстровані значною кількістю конкретних прикладів. На думку авторів, значну допомогу в засвоєнні основних положень графічних знань та вмінь надасть вмі-

щений в посібнику розширений термінологічний словник. У ньому подано, окрім основних термінів та визначень, встановлених стандартами ДСТУ, значну кількість понять не лише з геометрії та креслення, але й інших споріднених загальнонаукових та загальнотехнічних дисциплін, що мають відношення до графічної підготовки студентів.

Передмову, §1.6, розділ 2, §3.6, §5.6, термінологічний словник, список літератури підготував А. П. Верхола, розділ 1 (крім §1.6), розділ 3 (крім §3.6) — В. М. Богданов, розділ 4 (крім §4.6) — Б. Д. Коваленко, §4.6 — В. М. Нігора, розділ 5 (крім §5.6) — Р. А. Ткачук, розділ 6 — Б.Д. Коваленко, розділ 7 — В. Є. Михайленко та В. М. Нігора.

ПРИЙНЯТІ ПОЗНАЧЕННЯ

1. Площини проєкцій:
горизонтальна — Π_1 ;
фронтальна — Π_2 ;
профільна — Π_3 ;
додаткові — Π_4, Π_5, \dots ;
аксонометрична — Π' .
2. Точки — A, B, C, D, \dots
або $1, 2, 3, 4, \dots$.
3. Проєкції точок на площини:
на Π_1 — $A_1, B_1, C_1, D_1, \dots$;
на Π_2 — $A_2, B_2, C_2, D_2, \dots$;
на Π_3 — $A_3, B_3, C_3, D_3, \dots$;
на Π' — A', B', C', D', \dots
або $1', 2', 3', 4', \dots$.
4. Точки на розгортках — $A_0, B_0, C_0, D_0, \dots$ або $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, \dots$.
5. Послідовний ряд точок — A_1, A_2, A_3, \dots .
6. Точки після перетворення креслення — $\bar{A}_1, \bar{B}_1, \bar{C}_1, \bar{D}_1, \dots$.
7. Лінії — a, b, c, d, \dots .
8. Проєкції ліній на площини:
на Π_1 — $a_1, b_1, c_1, d_1, \dots$;
на Π_2 — $a_2, b_2, c_2, d_2, \dots$;
на Π_3 — $a_3, b_3, c_3, d_3, \dots$.
9. Лінії рівня:
горизонталь — h ;
фронталь — f .
10. Координатні осі проєкцій:
абсцис — x ;
ординат — y ;
аплікат — z .
11. Нові осі абсцис, отримані при заміні площин проєкцій, — x_1, x_2, \dots .
12. Аксонометричні осі координат — x', y', z' .
13. Послідовний ряд лінії — a_1, a_2, a_3, \dots .
14. Пряма, що проходить через точки A і B , — AB .
15. Площини (поверхні) — $\Delta, \Theta, \Lambda, \Sigma, \Omega, \dots$.
16. Послідовний ряд площин (поверхонь) — $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \dots$.
17. Проєкції площин (поверхонь) на площини:
на Π_1 — Σ_1 ;
на Π_2 — Σ_2 ;
на Π_3 — Σ_3 .
18. Кути — $\angle\alpha, \angle\beta, \angle\gamma, \dots$ або $\angle ABC$ — кут з вершиною в точці B .
19. Символи, що визначають відношення між геометричними фігурами:
збіг, тотожність — \equiv ;
паралельність — \parallel ;
схрещення, мимобіжність — ∇ ;
включення — \subset, \supset ;
перпендикулярність — \perp ;
належність — \in ;
перетин — \cap .



Розділ 1

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

1.1. КОМПЛЕКС СТАНДАРТІВ СКД

Система конструкторської документації в Україні регламентується положеннями Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), які визначають основні правила виконання й оформлення креслень та інших технічних документів, а також Системою конструкторської документації (ДСТУ 3321-96).

СКД — це комплекс термінів та визначень елементів і основних понять конструкторської документації, яку виготовляють і застосовують організації та підприємства України.

Головне призначення нормативної документації — встановити в організаціях і на підприємствах єдині терміни та визначення основних понять конструкторської документації, які забезпечують:

- взаємообмін конструкторських документів між організаціями та підприємствами без їх переоформлення;
- стабілізацію комплексності, яка виключає дублювання й розроблення документів, не потрібних виробництву;
- розширення модифікації у процесі конструкторського розроблення проектів промислових виробів;
- спрощення форм конструкторських документів і графічних зоб-

ражень, яке знижує трудомісткість проектно-конструкторських розробок промислових виробів;

- механізацію й автоматизацію оброблення технічних документів та інформації, яка в них міститься;
- поліпшення умов технічної підготовки виробництва;
- поліпшення умов експлуатації промислових виробів;
- оперативну підготовку документів для швидкого переналагодження діючого виробництва.

Встановлені стандартами правила та положення про порядок розроблення, оформлення та оборотності документації поширюються:

- на всі види конструкторських документів;
- на обліково-реєстраційну документацію та матеріали щодо внесення змін у конструкторські документи;
- на нормативно-технічну та технологічну документацію, а також на науково-технічну та навчальну літературу в тому обсязі, в якому ці правила та положення вживаються для них і не регламентуються спеціальними стандартами та нормативами, що встановлюють правила виконання усієї документації та літератури (напри-

клад, форматів і шрифтів для друкованих видань).

Держстандарт України прийняв класифікацію нормативних документів зі стандартизації, яка гармонізова-

на з Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO).

Стандарти, які входять до складу конструкторської документації, наведено в табл. 1.1.1.

Таблиця 1.1.1
Класифікаційні групи стандартів

Шифр групи	Зміст стандартів у групі	ДСТУ, ГОСТ
01.100	Технічні креслення	3321-96
1	Основні положення	2.101-68...2.124-85
2	Класифікація та позначення виробів у конструкторських документах	2.201-80
3	Загальні правила виконання креслень	2.301-68...2.321-84
4	Правила виконання креслень виробів машино- та приладобудування	2.401-68
5	Правила обертання конструкторських документів (облік, зберігання, дублювання, внесення змін)	2.501-68...2.506-84
6	Правила виконання експлуатаційної та ремонтної документації	2.602-68...2.609-79
7	Правила виконання схем	2.701-84...2.797-81
8	Правила виконання документів для будівництва та суднобудування	2.801-74...2.857-75
9	Інші стандарти	

1.2. КОНСТРУКТОРСЬКІ ДОКУМЕНТИ

До конструкторських документів (далі — документи) належать графічні та текстові матеріали, які сукупно чи поодинокі визначають склад і будову виробу та містять необхідні дані для його розроблення (виготовлення), контролю, приймання, експлуатації та ремонту. Види (див. табл. 1.2.1) та комплекти документів на виробі всіх

галузей промисловості встановлені СКД ДСТУ 3321-96.

Залежно від способу виконання та характеру використання документи поділяють на оригінали, правдники, дублікати та копії.

Оригінал — конструкторський документ, виконаний на будь-якому матеріалі та призначений для виготовлення

з нього правдника конструкторського документа.

Правдник — конструкторський документ, виконаний на будь-якому матеріалі, придатному для багаторазового виготовлення з нього копій і оформлений правдивими встановленими підписами.

Дублікат — ідентичний з правдником конструкторський документ, вико-

наний на будь-якому матеріалі і придатний для виконання з нього копій і засвідчений підписом особи, яка відповідає за випуск документів.

Копія — ідентичний з правдником та дублікатом конструкторський документ, призначений для використання під час розроблення, виготовлення, експлуатації та ремонту виробу.

Таблиця 1.2.1

Види конструкторських документів

Назва документа	Код	Визначення документа
<i>Графічні конструкторські документи</i>		
Креслення	–	Графічний документ, який визначає конструкцію виробу і містить необхідні дані для його розроблення, виготовлення, контролю, монтажу, експлуатації та ремонту
Креслення деталі	–	Креслення, яке являє собою зображення деталі та інші дані, необхідні для її виготовлення і контролю
Складальне креслення	СК	Креслення, яке являє собою зображення складальної одиниці та інші дані для її складання (виготовлення) і контролю
Креслення загального вигляду	ВЗ	Креслення, яке визначає конструкцію виробу і взаємодію його складових частин та пояснює принцип роботи виробу
Теоретичне креслення	ТК	Креслення, яке визначає геометричну форму (обводи) виробу та координати розташування складових частин
Габаритне креслення	ГК	Креслення, яке являє собою контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, встановлювальними та приєднувальними розмірами
Електромонтажне креслення	МЕ	Креслення, яке містить дані для виконання електричного монтажу виробів
Монтажне креслення	МК	Креслення, яке являє собою контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані для його встановлення (монтажу) на місці експлуатації
Креслення на пакування	ПК	Креслення, яке містить дані для пакування виробу

1.3. ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

Формати. Формат являє собою розміри зовнішньої рамки аркуша конструкторського документа, виконаної тонкою лінією (рис. 1.3.1). Формат креслення вибирають залежно від розмірів зображення.

Основні формати креслень (табл. 1.3.1) встановлює ГОСТ 2.301-68.

Основні формати отримаємо, якщо послідовно будемо ділити формат А0 щоразу на дві рівні частини; лінія поділу має бути паралельна меншій стороні відповідного формату.

У разі потреби застосовуються додаткові формати. Вони утворюються внаслідок збільшення розмірів основних форматів на величину, кратну розмірам формату А4. Як видно з табл. 1.3.2, додаткові формати утворюються збільшенням розмірів коротких сторін основних форматів.

Позначення додаткового формату складається з позначення основного та його кратності відповідно до табл. 1.3.2 (наприклад, А0×3, А4×9).

Таблиця 1.3.1

Основні формати креслень

Позначення формату	Розміри, мм
А0	841×1189
А1	594×841
А2	420×594
А3	297×420
А4	210×297

Оформлення креслярських аркушів. Кожен аркуш креслення повинен бути оформлений так, як це рекомендують відповідні нормативні документи (далі — НД) — стандарти та правила зображення графічних документів на технічних кресленнях. Поле креслення на аркуші будь-якого формату обмежене рамкою, яку проводять суцільними товстими (основними) лініями на відстані 5 мм від меж формату; зліва лінію рамки проводять на відстані 20 мм (рис. 1.3.1). Поле завширшки 20 мм залишають на випадок брошування креслень.

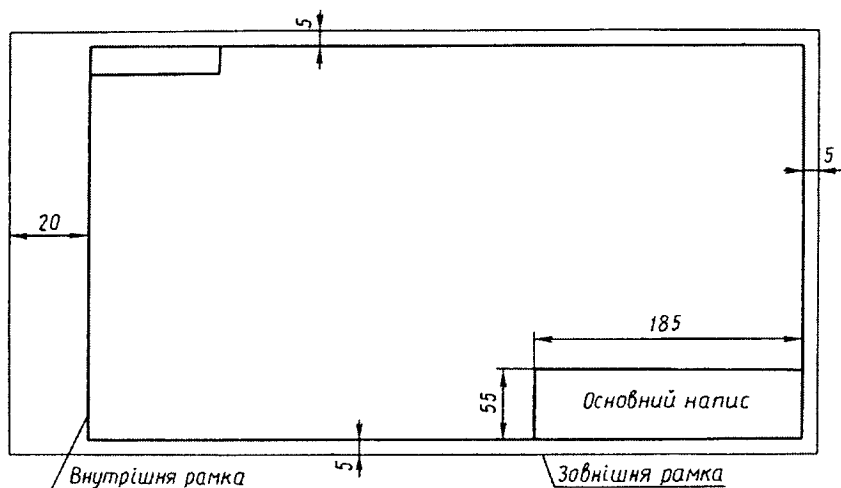


Рис. 1.3.1

Таблиця 1.3.2
Розміри додаткових форматів

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189×1682	–	–	–	–
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	–	841×2378	594×1681	420×1189	297×841
5	–	–	594×2102	420×1486	297×1051
6	–	–	–	420×1783	297×1261
7	–	–	–	420×2080	297×1471
8	–	–	–	–	297×1682
9	–	–	–	–	297×1892

Основний напис розміщують у правому нижньому куті формату (див. рис. 1.3.1). На аркушах формату А4 основний напис розміщують уздовж короткої сторони аркуша (рис. 1.3.2, а).

Розміщення додаткових граф: для формату А4 – на рис. 1.3.2, а, для формату, більшого за А4, – на рис. 1.3.2, б (при розміщенні основного напису уздовж довшої сторони аркуша) та рис. 1.3.2, в (при розміщенні основного напису уздовж коротшої сторони аркуша).

Основні написи. Основний напис на кресленнях виконують за ГОСТ 2.104-68. Основні написи та додаткові графи до них виконують суцільними товстими (основними) та суцільними тонкими лініями. Зміст, розташування і розміри граф основних написів, додаткових граф до них, а також розміри рамок повинні відповідати: на кресленнях та схемах – формі 1 (див. рис. 1.3.3-1.3.5). Форму 2а дозволяється використовувати для наступних аркушів креслень і схем.

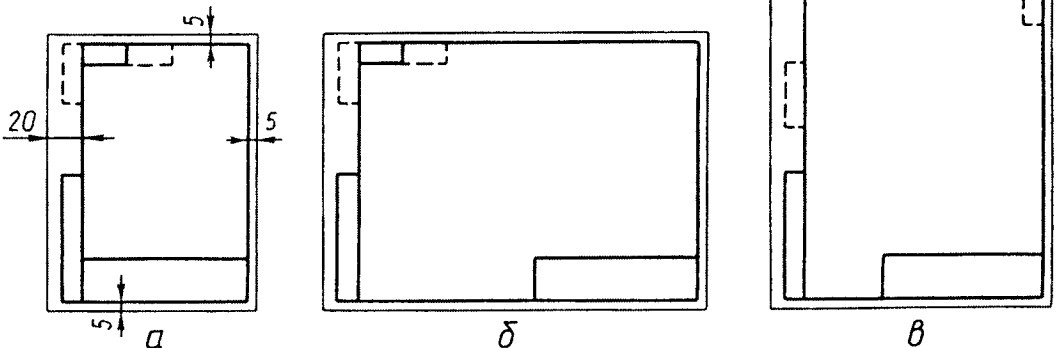


Рис. 1.3.2

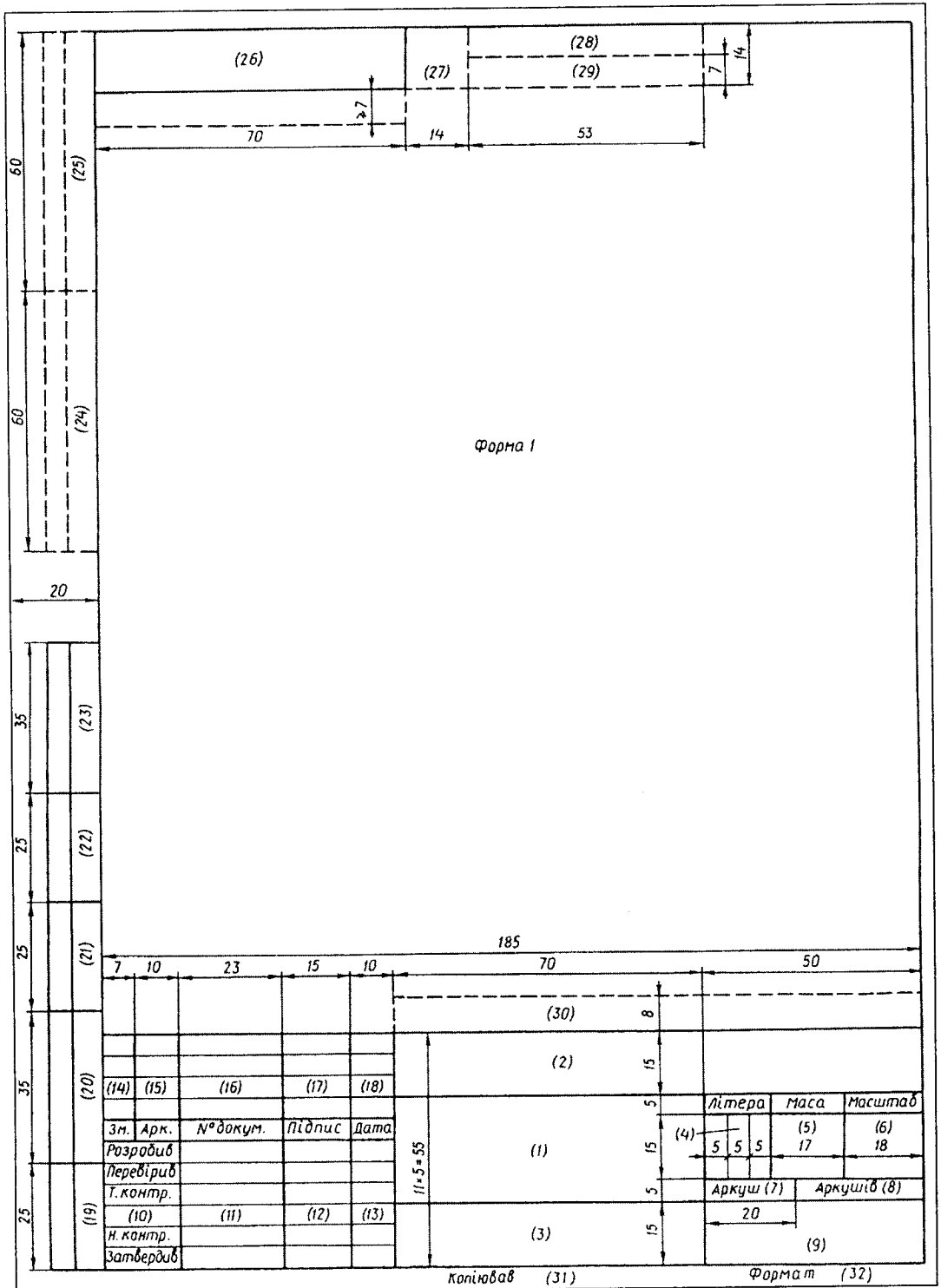


Рис. 1.3.3

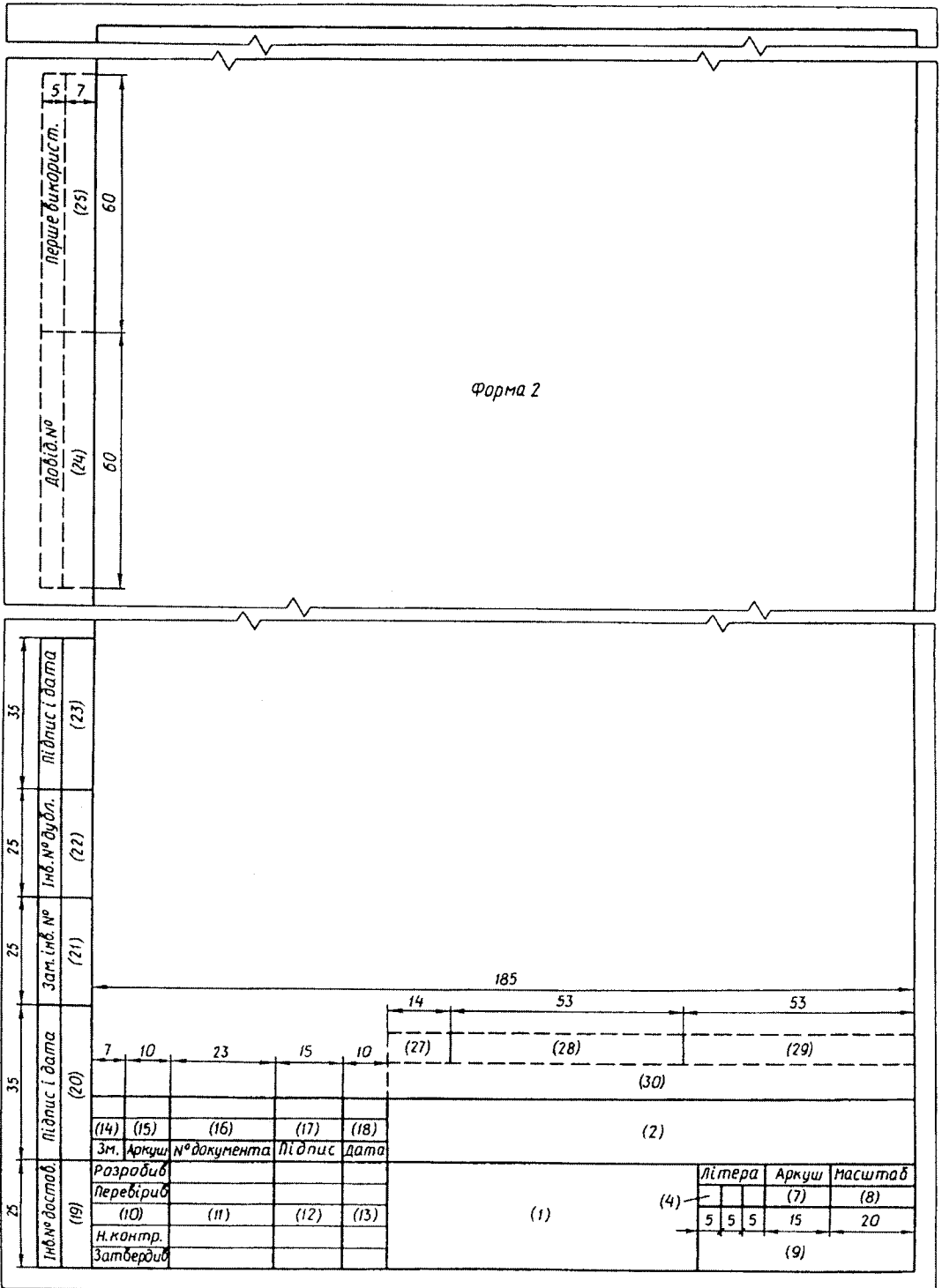


Рис. 1.3.4

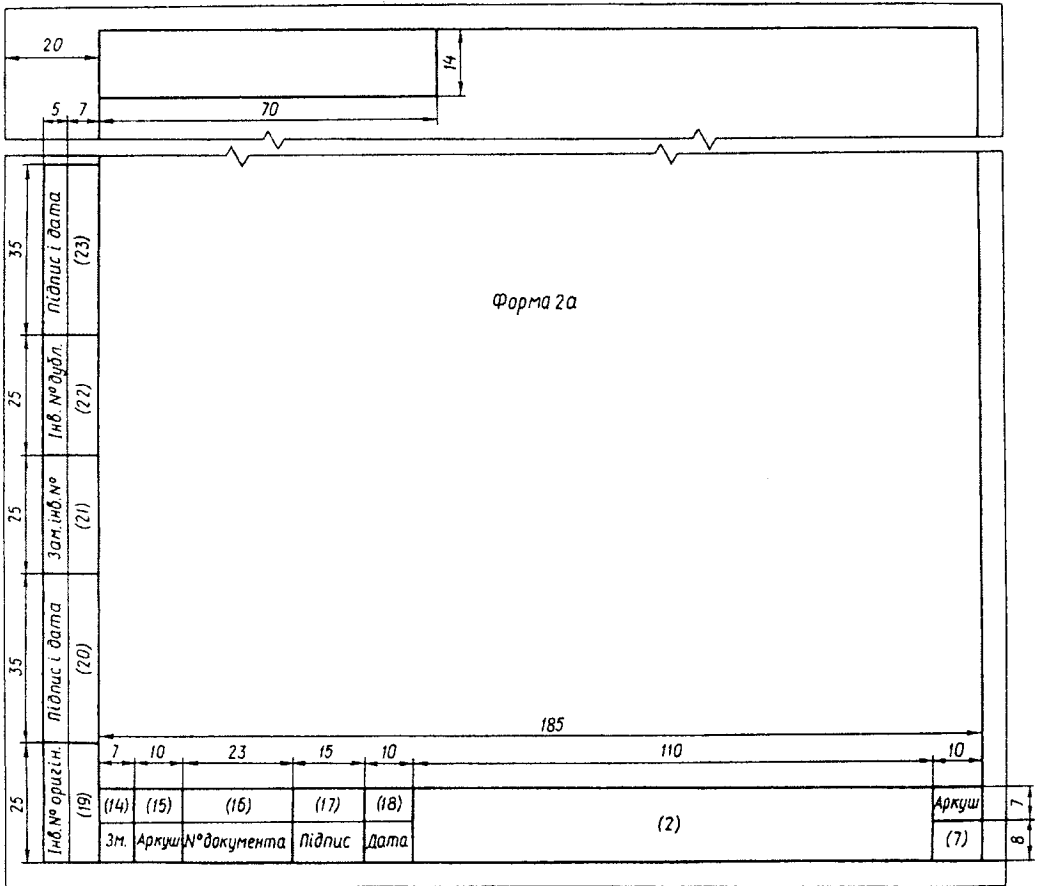


Рис. 1.3.5

У графах основних написів і в додаткових графах (номери граф на формах наведено в дужках) зазначають:

- у графі 1 — назву виробу (ГОСТ 2.109-73), а також назву документа, якщо цьому документові присвоєно шифр;
- у графі 2 — позначення документа (ГОСТ 2.201-80);
- у графі 3 — позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише на кресленнях деталі);
- у графі 4 — літеру, яку присвоєно даному документові;
- у графі 5 — масу виробу (ГОСТ 2.109-73);
- у графі 6 — масштаб (ГОСТ 2.302-68 і ГОСТ 2.109-73);
- у графі 7 — порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- у графі 8 — загальну кількість аркушів документа (графу заповнюють лише на першому аркуші);
- у графі 9 — назву або розпізнавальний індекс підприємства, що випустило документ (графу не заповнюють, якщо розпізнавальний індекс є в позначенні документа);

- у графі 10 — характер роботи, що виконується особами, які підписують документ відповідно до форм 1 та 2; 1
 - у графі 11 — прізвища осіб, які підписали документ;
 - у графі 12 — підписи осіб, прізвища яких зазначені у графі 11;
 - у графі 13 — дату підписання документа;
 - у графах 14...18 — зміни, які вносяться відповідно до вимог ГОСТ 2.503-74;
 - у графі 19 — інвентарний номер правдника (ГОСТ 2.501-68);
 - у графі 20 — підпис особи, яка прийняла правдик у відділ (бюро) технічної інформації, і дату приймання;
 - у графі 21 — інвентарний номер правдника, замість якого випущено даний правдик (ГОСТ 2.503-74);
 - у графі 22 — інвентарний номер дубліката (ГОСТ 2.502-68);
 - у графі 23 — підпис особи, яка прийняла дублікат у відділ (бюро) технічної інформації, і дату приймання;
 - у графі 24 — позначення документа, замість якого або на основі якого випущено даний документ;
 - у графі 25 — позначення відповідного документа, в якому вперше записано даний документ;
 - у графі 26 — позначення документа, повернуте на 180 для формату А4 і для форматів, більших за А4 (при розміщенні основного напису вздовж довшої сторони аркуша), і на 90° — для форматів, більших за А4 (при розміщенні основного напису вздовж коротшої сторони аркуша);
 - у графах 27...30 — дані, які заповнює замовник;
 - у графі 31 — підпис особи, яка копіювала документ;
 - у графі 32 — позначення формату аркуша (ГОСТ 2.301-68).
- Графи, наведені штриховою лінією, вводяться в разі потреби. Графа 26 у формі 2а є обов'язковою лише для креслень і схем. При використанні форми 1 для наступних аркушів креслень і схем графи 3...7 не заповнюються.
- Складання креслярських аркушів.** При складанні креслення слід враховувати таке:
- аркуші потрібно складати зображенням назовні так, щоб основний напис креслення був на лицьовому боці складеного аркуша у правому нижньому куті;
 - креслення усіх форматів треба складати "гармошкою" до розмірів формату А4 спочатку вздовж ліній, перпендикулярних до основного напису, а потім вздовж ліній, паралельних йому.
- Порядок складання в папки креслень формату А1 при горизонтальному й вертикальному положеннях аркуша (див. рис. 1.3.6) показано цифрами 1...4 на лініях згинів.
- На рис. 1.3.7 та 1.3.8 наведено приклади складання для брошурування креслярських документів відповідно форматів А1 та А2. При брошуруванні відгинають лівий кут аркушів.
- Масштаби.** Масштабом називається відношення розмірів об'єкта, зображеного на кресленні, до їх дійсних значень.
- Креслення бажано виконувати так, щоб розміри зображення та самого предмета були однакові, тобто у масштабі 1:1. Проте, залежно від розмірів та складності предмета, а також від виду креслення, розміри зображення

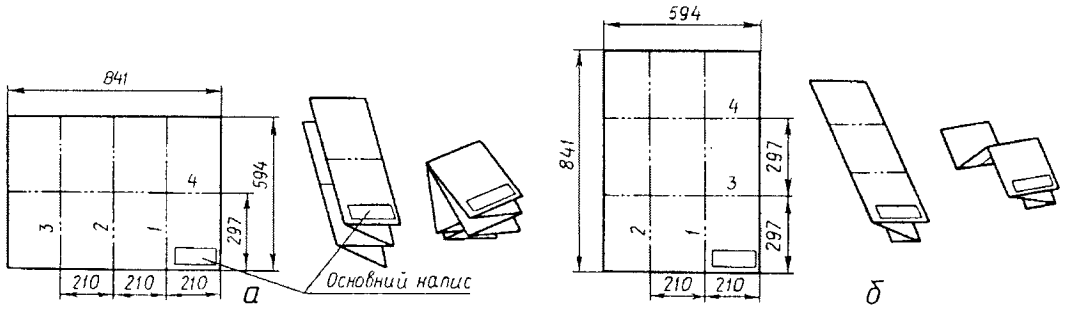


Рис. 1.3.6

часто доводиться зменшувати або збільшувати порівняно з дійсними розмірами. У цьому разі зображення будуть подані в масштабі зменшення (збільшення), тобто в масштабі, значення якого менше (більше) за одиницю.

Встановлено такі масштаби:

- справжня (натуральна) величина — 1:1;
- 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;

- масштаби збільшення — 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

У разі потреби допускається застосовувати масштаби збільшення ($100n$): 1, де n — ціле число.

Незалежно від масштабу зображення предмета, на кресленні завжди виставляють тільки справжні розміри.

Масштаб, який показують у певній графі основного напису, пишуть без літери “М” (наприклад, 1:1; 1:2; 2:1), в інших випадках — з літерою “М” (М 1:1; М 1:2; М 2:1 і т. д.).

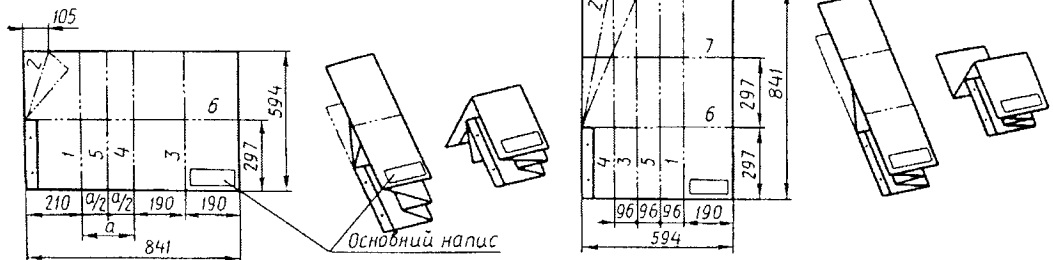


Рис. 1.3.7

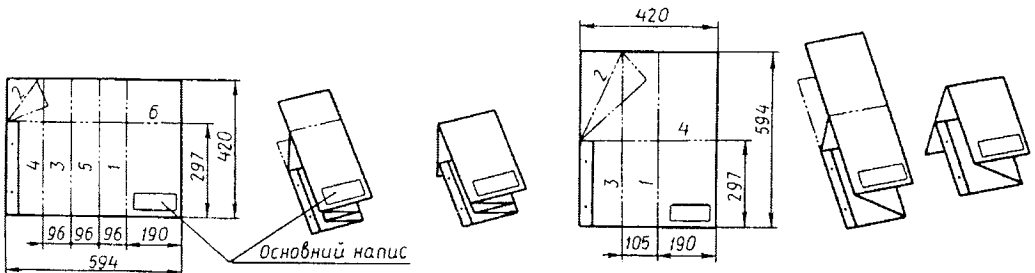


Рис. 1.3.8

Коли окреме зображення (видгляд, розріз, переріз, виносний елемент) виконане в іншому масштабі, ніж усе креслення, то масштаб цього зобра-

ження пишуть у дужках безпосередньо після напису, що його стосується, наприклад: видгляд Л (1:2); А-А (2:1); В (5:1) тощо.

1.4. ЛІНІЇ КРЕСЛЕНЬ

Встановлено такі лінії креслень:

- лінія контуру — лінія обрису на кресленні застосовується переважно для спрощення зображення предметів незмінної форми перерізу і великої протяжності (тонка суцільна пряма або хвиляста);
- осьова лінія — вісь симетрії зображеного на кресленні предмета та його поверхні (штрихпунктирна тонка);
- центральна лінія — проходить через центр поверхні обертання предмета, зображеного на кресленні (штрихпунктирна);
- лінія перерізу — визначає напрямки ліній площини, яка уявно розтинає предмет, зображений на кресленні (товста розімкнута);
- розмірна лінія — призначена для позначення розміру зображеного

на кресленні предмета чи його частин (суцільна тонка);

- виносна лінія — обмежує частину предмета, зображеного на кресленні (суцільна тонка).

На кресленнях застосовуються такі типи ліній: суцільні, штрихові та штрихпунктирні. Різновиди ліній: суцільна товста — основна; суцільна тонка; суцільна тонка зі зламами; штрихпунктирна тонка і потовщена; штрихпунктирна з двома крапками тонка; розімкнута (див. табл. 1.4.1).

У прикладах застосування ліній (рис. 1.4.1...1.4.7) їхні номери відповідають номерам пунктів табл. 1.4.1.

Товщину основної лінії s беруть у межах 0,5...1,4 мм залежно від розмірів і складності зображення та від формату креслення. Товщина ліній

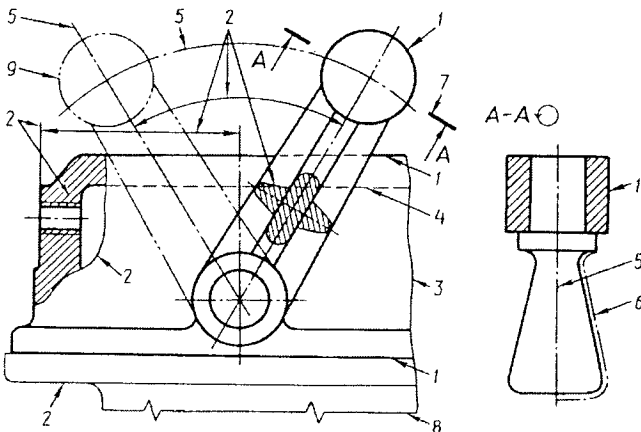


Рис. 1.4.1

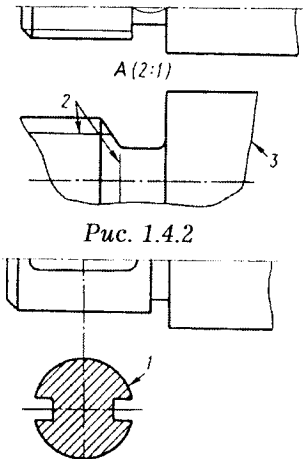


Рис. 1.4.2

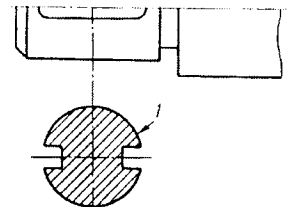



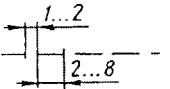
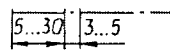
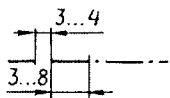
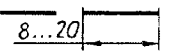

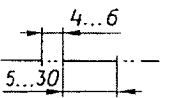


Рис. 1.4.3

Таблиця 1.4.1
Різновиди ліній та їх призначення

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

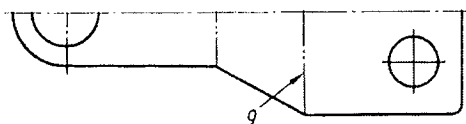


Рис. 1.4.4

має бути однаковою для всіх зображень на даному кресленні, які виконані в одному й тому ж масштабі.

Найменша товщина ліній (складова частина s) і найменша відстань між суміжними лініями залежать від формату креслення: для форматів А1 та більших, найменша товщина ліній — 0,3 мм, а найменша відстань між лініями, якщо вони виконані олівцем — 1 мм; для форматів, менших за А1, найменша товщина ліній, виконаних олівцем — 0,3 мм, а найменша відстань між лініями — 0,8 мм.

Довжину штрихів у штрихпунктирних лініях вибирають залежно від

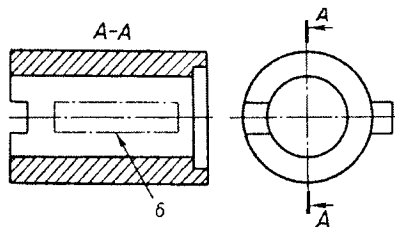


Рис. 1.4.5

розмірів зображення. На одному кресленні штрихи ліній мають бути однакової довжини. Відстань між штрихами кожної лінії повинна бути приблизно однаковою. Штрихпунктирні лінії мають закінчуватися штрихами.

Якщо діаметр кола менший за 12 мм, то штрихпунктирні лінії, що використовуються як центрові, треба замінити суцільними тонкими лініями (рис. 1.4.8). У складних розрізах та перерізах кінці розімкнутої лінії допускається сполучати тонкою штрихпунктирною лінією. Центр кола в усіх випадках має визначатися перетином штрихів.

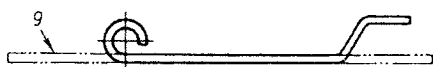


Рис. 1.4.6

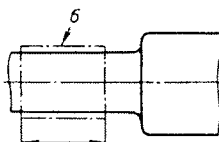


Рис. 1.4.7

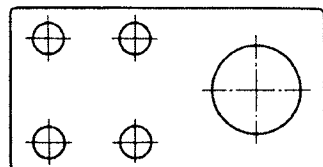


Рис. 1.4.8

1.5. КРЕСЛЯРСЬКІ ШРИФТИ

Усі написи на кресленнях та інших технічних документах слід виконувати креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304-81.

Основні параметри шрифту (див. рис. 1.5.1):

- розмір шрифту h — висота великих літер, мм, яка вимірюється перпендикулярно до основи рядка;

- висота малих літер s (без відростка k);
- ширина літери g — найбільша ширина, яка вимірюється відповідно до рис. 1.5.1;
- товщина ліній шрифту d , яка залежить від його типу та висоти.

Стандартом встановлено такі види шрифтів (див. табл. 1.5.1):

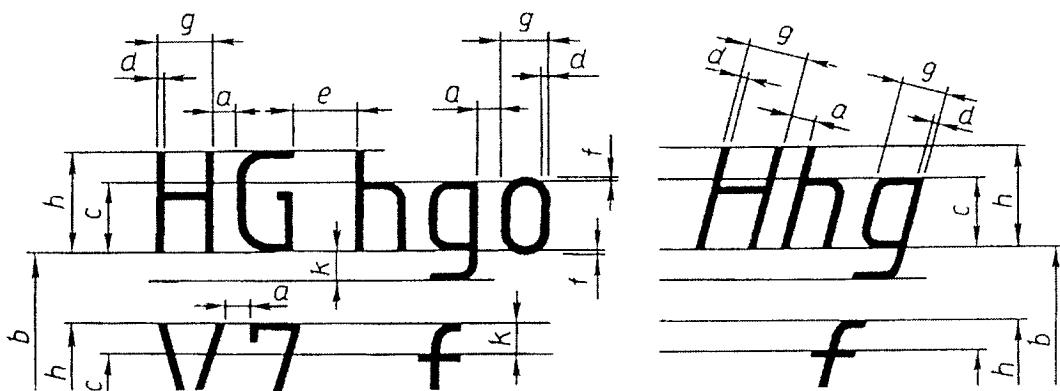


Рис. 1.5.1

- тип А без нахилу ($d = 1/14h$);
- тип А з нахилом літер і цифр до основи рядка приблизно 75° ($d = 1/14h$);
- тип Б без нахилу ($d = 1/10h$);
- тип Б з нахилом літер і цифр до основи рядка приблизно 75° ($d = 1/10h$).

Стандартом рекомендується виконувати шрифти на сітці. Це зручно, бо дає змогу точно відтворювати форму шрифтів, конструкцію літер і цифр та співвідношення окремих елементів.

У креслярському шрифті використовують український (російський), латинський та грецький алфавіти, арабські та римські цифри, а також знаки.

Форми літер українського (російського), латинського та грецького алфавітів наведено відповідно на рис. 1.5.2...1.5.4 (шрифт типу А — з нахилом, типу Б — без нахилу).

Назви літер грецького алфавіту, наведених на рис. 1.5.4:

1 — альфа	7 — ета
2 — бета	8 — тета
3 — гамма	9 — йота
4 — дельта	10 — капша
5 — епсилон	11 — ламбда
6 — дзета	12 — мю

13 — ню	19 — тау
14 — ксі	20 — іпсилон
15 — омікрон	21 — фі
16 — пі	22 — хі
17 — ро	23 — пси
18 — сигма	24 — омега

Арабські та римські цифри шрифту типу А (без нахилу та з нахилом) показані на рис. 1.5.5, а, типу Б — на рис. 1.5.5, б. Римські цифри L, C, D, M треба виконувати за правилами написання літер латинського алфавіту.

Дроби, показники ступеня, індекси та граничні відхилення виконують шрифтом типів А та Б розміром, меншим від основного.

На кресленнях, виконаних олівцем, — не меншою як 3,5 мм. Для всього тексту товщина ліній, літер і цифр повинна бути однаковою.

Щоб навчитися правильно й швидко писати креслярським шрифтом, потрібно чимало вправлятися в цьому. Спершу літери й цифри слід писати, використовуючи сітку. Перед тим, як почати вправлятися в написанні, треба вивчити конструкцію літер і цифр, що значно полегшить правильне їх написання. Для написання використовують

трафарети та шаблони; при цьому також треба знати, як писати літери й цифри. Як правило, при написанні вертикальні та нахилені елементи виконують рухом згори донизу, гори-

зонтальні — зліва вправо, а округлені — вниз і вліво або вниз і вправо. Ці вказівки слід розглядати як рекомендації щодо виконання написів на кресленнях.

Таблиця 1.5.1
Параметри креслярських шрифтів

Параметри	Співвідношення	Значення параметрів, мм						
Шрифт типу А								
Розмір шрифту, h (висота великих літер)	$14/_{14}h; 14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20
Висота малих літер, c	$10/_{14}h; 10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14
Відстань між літерами, цифрами та знаками, a	$2/_{14}h; 2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Мінімальний крок рядків, b (висота допоміжної сітки)	$22/_{14}h; 22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31
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	$1/_{14}h$	0,18	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4
Шрифт типу В								
Розмір шрифту, h (висота великих літер)	$10/_{10}h; 14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20
Висота малих літер, c	$7/_{10}h; 7d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14
Відстань між літерами, цифрами та знаками, a	$2/_{14}h; 2d$	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4
Мінімальний крок рядків, b	$17/_{14}h; 17d$	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34
Мінімальна відстань між словами, e	$6/_{10}h; 6d$	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12
Товщина ліній шрифту, d	$1/_{10}h$	0,25	0,35	0,6	0,7	1,0	1,4	2

Примітка. Стандартом встановлено, що для шрифту типу В використовується також розмір 18 мм.

А Б В Г Д Е Є Ж З И І ІІ К

Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц

Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е є ж з и і іі к л м

н о п р с т у ф х ц ч ш щ

ь ы ь э ю я

Рис. 1.5.2, а

А Б В Г Д Е Ж З И І Й

К Л М Н О П Р С Т У Ф

Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и і й к л

м н о п р с т у ф х ц ч ш

щ ъ ы ь э ю я

Рис. 1.5.2, б

A B C D E F G H I J K L M N O

P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p

q r s t u v w x y z

Рис. 1.5.3

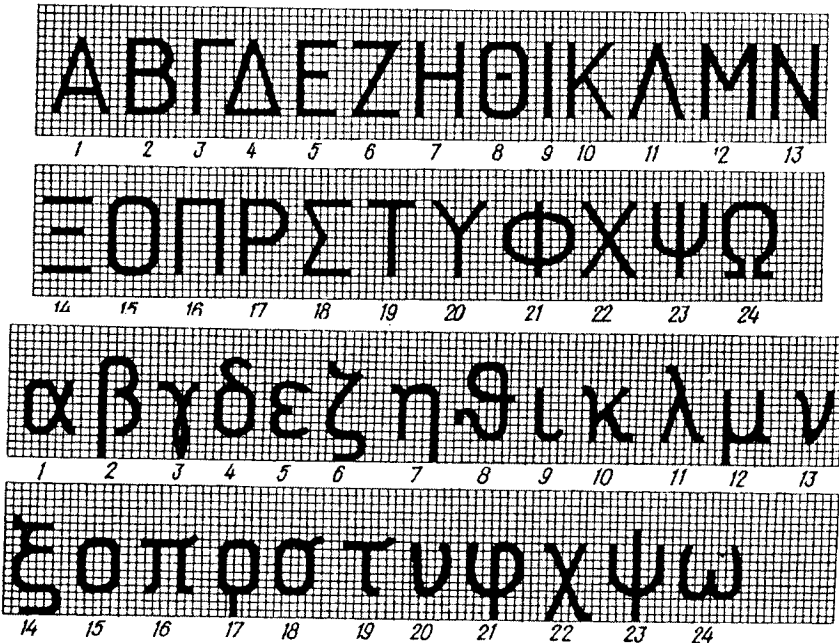
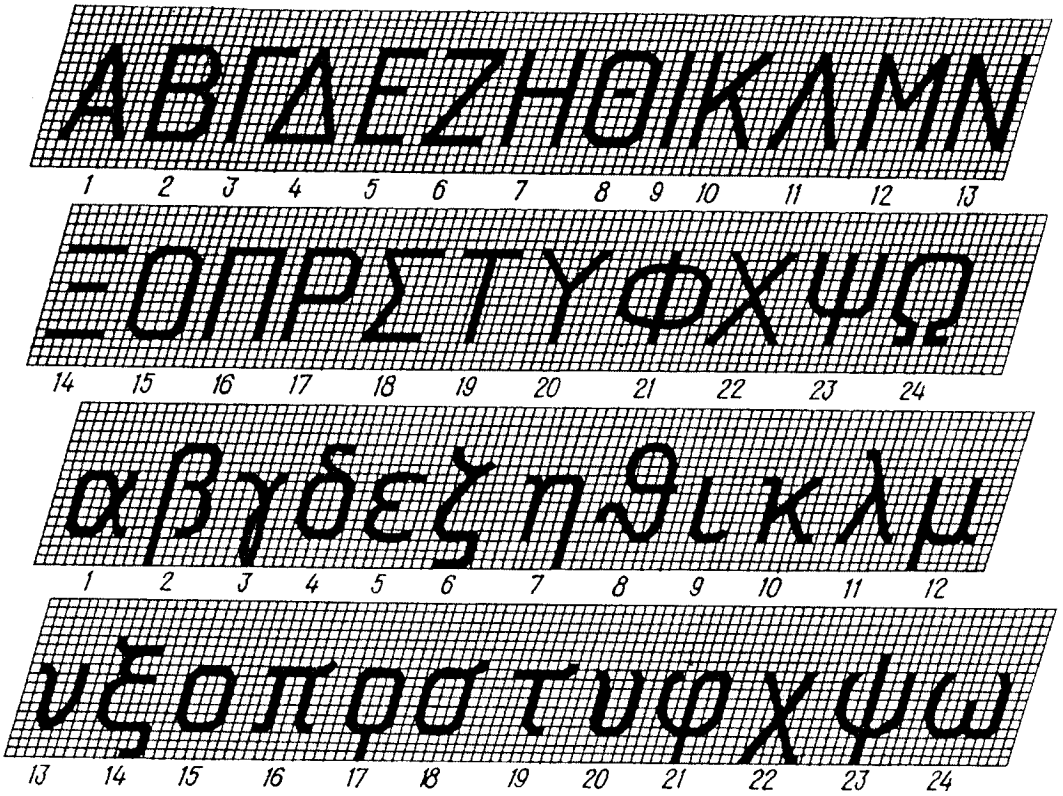


Рис. 1.5.4

1234567890 3

1234567890 3

I III IV VI VIII IX V

I III IV VI VIII IX V

a

1234567890 3

1234567890 3

I III IV VI VIII IX V

I III IV VI VIII IX V

б

Рис. 1.5.5

1.6. САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КРЕСЛЯРСЬКИХ РОБІТ

Робоче місце кресляра має забезпечувати зручність виконання графічних робіт і сприятливі умови його правильного фізичного розвитку. Виконуючи графічні побудови, кресляр проводить різні за довжиною та напрямком лінії. Якісно провести їх можна лише вільним і плавним рухом усієї руки. Цьому рухові не повинна заважати неправильна посадка кресляра або нераціональне розміщення креслярського інструменту.

Графічну роботу вважають більш трудомісткою, ніж процес писання. Під час писання кисть і лікоть виконавця лежать на столі; основні рухи здійснюються в ліктьовому та променево-зап'ястному суглобах. Під час графічних робіт основні рухи відбуваються в плечовому суглобі, тому рука, не маючи додаткової опори, зависає над столом. У такому положенні м'язи спини та плечового пояса дуже напружуються. Ця, на перший погляд, невидима, статична робота швидко втомлює кресляра.

Якість роботи, стомлюваність і працездатність кресляра суттєво залежать від правильної посадки на робочому місці. Найраціональнішою посадкою при виконанні графічних робіт можна вважати дещо нахилене вперед положення тіла з легким вигином назад у поперековій частині хребта. Відстань від очей до поверхні креслення має становити близько 30 см. Якщо кресляр працюватиме в дуже нахиленому вперед стані, то спинні м'язи зазнаватимуть великого статичного на-

вантаження, а дихання і кругообіг крові внаслідок стиснення черевної порожнини будуть утруднені. Коли кресляр сидить за столом прямо, то спинні м'язи напружені і втома настає значно швидше, ніж при дещо зігнутий спині. Тому треба навчитися правильно сидіти під час виконання графічних робіт.

Найкращі умови видимості креслення досягаються при перпендикулярності площини зорового об'єкта і лінії зору. Відхилення від взаємоперпендикулярності призводить до зменшення кута зору і до збільшення зорового навантаження та неправильного сприйняття креслення.

Розглядаючи креслення на горизонтальній дошці, кресляр інстинктивно намагається створити взаємоперпендикулярність площини з лінією зору. Він нахилиє голову й наближує очі до креслення. Похиле положення голови створює біомеханічні умови, за яких м'язові зусилля, спрямовані на врівноваження сил тяжіння, будуть найбільшими. Так, біоелектрична активність шийних м'язів під час роботи кресляра за столом з горизонтальною дошкою буде в кілька разів більшою, ніж за тим же столом з похилим положенням дошки.

Експериментально встановлено, що робота не лише за горизонтальною дошкою, а й з найбільшим кутом нахилу від 5 до 15° стомлива і потребує більшого напруження м'язів. Однак це стосується лише виконання креслень формату, більшого за А4 (210×297 мм).

Дослідження показали, що при виконанні креслень невеликого формату положення креслярської дошки на продуктивність праці у кваліфікованих виконавців не впливає.

Працювати за вертикальною креслярською дошкою (кут нахилу — 60...82°) значно легше у зв'язку з тим, що робоче положення виконавця є зручнішим, оскільки можливості зміни положення рук і тіла не обмежені. У цій позі без зміни положення тіла креслення розглядається під потрібним для ока кутом.

Окремо слід розглянути питання про положення кресляра за дошкою. Відомо, що витрата енергії під час стояння дещо більша, ніж під час сидіння, тому поза "сидячи" є економічнішою. У разі стояння площа опори і стійкість тіла будуть меншими, ніж під час сидіння. У зв'язку з цим навантаження на опорно-руховий апарат кресляра під час стояння збільшуватиметься.

Однак, як показали спостереження, креслення великих форматів продуктивніше виконувати в положенні стоячи. При цьому відбувається менше зміщень тіла і зайвих рухів. Річ у тому, що під час роботи стоячи досягається діапазон руху рук і розмір зони вільного обслуговування креслярської дошки 50...60 см, а під час роботи сидячи зона вільних рухів рук обмежується відстанню 30...35 см. Тому, виконуючи креслення великого формату, слід раціонально використовувати креслярські дошки, встановлені на потрібну висоту і під необхідним кутом, коли можна працювати стоячи і сидячи.

Робота стоячи передбачає в основному вертикальне положення дошки,

оскільки енергія, яку витрачає кресляр під час роботи стоячи за горизонтальною дошкою, на 40...50% перевищує кількість енергії, яка витрачається під час роботи стоячи за вертикальною дошкою.

Робота біля горизонтальної дошки зумовлює стиснення грудної клітини (при нахилі над дошкою або спиранні на неї грудьми). Це може призвести до значного функціонального розладу в органах дихання, оскільки гальмується вільне дихання і скорочується об'єм повітря, що надходить до грудної клітини.

У зв'язку з цим слід вважати, що кращим для здоров'я кресляра є обладнання, яке, залежно від фізичного стану виконавця або в разі потреби виконання побудов у різних місцях креслярської дошки, дає змогу поперемінно стояти чи сидіти та працювати з мінімальною кількістю рухів рук. Таким обладнанням є похила креслярська дошка, що регулюється за висотою і кутом нахилу.

Як відомо, креслярська робота пов'язана з великим навантаженням на органи зору. Під час креслення точність виконання завдання поєднується з дрібними розмірами об'єктів зорового сприйняття. Крім того, тонкі лінії креслення, які наносяться олівцем, погано контрастують з фоном, що також зумовлює значне зорове напруження.

Дослідження показали, що виконання оком основних функцій поліпшується, а працездатність людини зростає при підвищенні рівня і поліпшенні якості освітлення. Воно повинно бути достатнім і рівномірним, не створювати тіней на робочому місці і полисків у полі зору кресляра. Кімната має бути світлою, зорієнтованою на південь або південний схід.

Рівень природного освітлення в приміщенні залежить від ряду умов, передусім від розмірів вікон і площі їх застакнення. Відношення застакненої площі вікон до площі підлоги повинно бути не меншим 1 : 4. Цей показник називається світловим коефіцієнтом; його значення для приміщень, в яких креслять, повинно бути в межах 1 : 3...1 : 4. На рівень природного освітлення впливає якість віконного скла, колір стін, стелі й меблів, відстань від вікон до протилежного будинку і т. ін. Наприклад, запиленість вікна знижує рівень освітлення на 10...12%, темне пофарбування меблів — на 6...8%, квіти на підвіконні — на 20...30%.

Рівень природного освітлення в приміщенні нормується коефіцієнтом природної освітленості (КПО), який являє собою відношення освітленості всередині та зовні будинку в процентах. Вважається, що освітлення в приміщенні буде достатнім, якщо на поверхні креслярської дошки коефі-

цієнт природної освітленості становить 2...4 %.

Якщо немає приладів для визначення освітленості, то треба виходити з освітленості, при якій людина з нормальним зором може читати дрібний шрифт (петит) на відстані 50 см від ока. Це досить приблизний, але доступний спосіб визначення освітленості. Мінімально допустимим КПО вважається 1,5%. На рис. 1.6.1 показано залежність кривої спаду КПО від відстані до вікон приміщення. Ця крива свідчить, що КПО знижується вже при відстані до вікон 3 м. На відстані приблизно 5 м КПО падає до мінімально допустимої норми. Тому ширина приміщення, де розташовані робочі місця креслярів, не повинна бути більшою за 6 м при однобічному природному освітленні. Слід також враховувати, що КПО на робочих місцях, розташованих не всередині приміщення, а біля передньої та задньої стін, знижений приблизно на 0,5% (штрихова крива на рис. 1.6.1).

У разі штучного освітлення найменша освітленість має бути: при лампах розжарювання — 200 лк, при люмінесцентних лампах — 400 лк. Висновок про рівень освітленості можна зробити за питомою потужністю споживаної електроенергії. Питома потужність — це кількість витраченої електроенергії, яка припадає на 1 м² площі підлоги. Розрахунками встановлено, що для освітленості 200 лк при лампах розжарювання треба мати питому

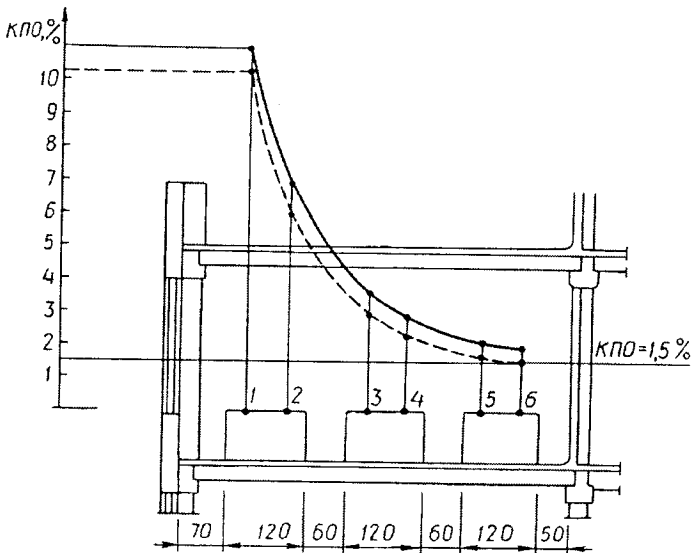


Рис. 1.6.1

потужність 42...48 Вт/м². Цим простим способом визначення освітленості може скористатися кожен виконавець креслярських робіт.

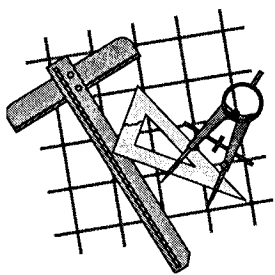
Для створення сприятливих гігієнічних і психофізіологічних умов для виконання креслярських робіт та для освітлення робочих місць істотне значення мають пофарбування і якість поверхні стін, стелі, меблів і т. ін.

Поверхні стін, стелі та підлоги мають бути гладенькими й матовими, а поверхні столів і шаф — матовими й виготовленими з матеріалів, які легко миються. Високий коефіцієнт відбиття стелі досягається крейдяним фарбуванням. Стіни рекомендується фарбувати у світлі тони: зелений, зелено-блакитний, жовтий, тепло-жовтий та зелено-жовтий (малої насиченості з

домішкою сірого кольору). У приміщеннях, орієнтованих на південь, стіни бажано фарбувати в холодні тони, а в приміщеннях, орієнтованих на північ, — у теплі. Підвищеної освітленості приміщень можна досягти застосуванням в інтер'єрі білого кольору. Шафи та інші меблі мають бути оброблені світлою фарбою.

Вентиляція приміщень повинна бути безшумною. Рекомендуються також установки для кондиціонування повітря, температура якого має бути 18...20° С.

Режим праці та відпочинку під час виконання креслень слід планувати так, щоб найбільш напружені роботи виконувались у першій половині дня, коли у людини найвища продуктивність праці.



Розділ 2

ЗАСОБИ ТА ЕЛЕМЕНТИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОБУДОВ У КРЕСЛЕННЯХ

2.1. КРЕСЛЯРСЬКІ МАТЕРІАЛИ, ПРИЛАДДЯ ТА ІНСТРУМЕНТИ

Правильне та якісне виконання креслень, крім наявності у студента відповідних знань та навичок, багато в чому залежить від того, на чому та чим вони виконуються. Графічні роботи слід виконувати обов'язково за допомогою спеціальних креслярських матеріалів, приладь та інструментів. Асортимент креслярських матеріалів, інструментів і приладь, що виробляються і поступають у продаж, досить широкий, у ньому нерідко важко зорієнтуватися і доцільно застосувати при виконанні графічних робіт.

Насамперед слід правильно визначитись щодо вибору креслярського паперу, що на перший погляд може здатися необов'язковим, оскільки для навчальних потреб він пропонується торгівлею в досить широкому асортименті аркушами різних форматів. Проте нерідко креслярський папір має низьку якість, під час роботи коштається і швидко забруднюється, особливо тоді, коли часто витирати лінії гумкою. Якісний же креслярський папір досить цупкий, на вигляд білий, причому один його бік гладенький, а другий — шорсткий. Креслення слід виконувати на гладенькому боці арку-

ша, а малюнки — на шорсткому. Поверхня якісного паперу не коштається при багаторазовому витиранні гумкою ліній олівця. Якісний креслярський папір іноді називають ватманом (від прізвища власника англійської паперової фабрики Ватмана), він має водяні знаки. Випускається креслярський папір у рулонах або аркушах, в основному форматі А1.

Залежно від цільового призначення креслярський папір буває двох марок: В — вища (ручного і машинного виготовлення) та О — звичайного машинного виготовлення. Папір марки О випускають двох номерів: 1 і 2. На папері марки В ручного виготовлення виконують важливі рисунки та генеральні плани, які повинні довго зберігатись. Крім того, його використовують для всіх креслярських робіт, пов'язаних із зволоженням аркуша розчинами та емульсіями. Папір марки О призначений для виконання решти видів креслень, зокрема студентських графічних робіт.

Крім креслярського, є рисувальний папір, на якому виконуються малюнки тушшю, олівцем або фарбами. Рисувальний папір випускають таких

марок: ВС — для виставочних робіт; В — для художніх робіт; О — для рисувальних робіт широкого профілю; З — для ескізів.

Усі студентські графічні роботи виконуються в основному чорними графітовими креслярськими олівцями. Креслярські олівці мають 14 ступенів твердості, які поділяються на дві основні групи: тверді Т—7Т та м'які М—6М. Олівці середньої твердості мають позначення ТМ. Якщо креслення будують на якісному папері, то попередню побудову (тонкими лініями) виконують олівцями 2Т або Т, а остаточно обводять лінії олівцем М. Ескізи та графічні побудови від руки виконують олівцями ТМ і М, а рисунки — 2М і 3М. Олівці, твердість яких лежить за межами 2Т—3М, для графічних побудов у навчальній практиці використовувати недоцільно. Найбільш поширені креслярські олівці — це «Конструктор», «Графіка», «Політехнік» та ін. Добре зарекомендували

себе креслярські олівці виробництва чеської фірми «КОН-І-НООР». Вони мають позначення латинськими літерами: Н — тверді (Н, 2Н і т. д.), В — м'які (В, 2В — і т. д.) та НВ — середньої твердості.

Креслярські олівці відрізняються від звичайних побутових якіснішим складом графітового стержня і міцністю дерев'яної оправы. Креслярські олівці завжди мають шестигранну форму, завдяки якій їх зручно тримати в руках і вони не скокуються з похилих поверхонь (парт, креслярських дощок тощо).

Недолік олівців з дерев'яною оправою — треба постійно їх заточувати. Заточування олівців ножом або лезом безпечної бритви — справа непростя, і навіть небезпечна (можна порізати руки). Щоб уникнути цього, для підстругування олівців можна застосовувати спеціальні механічні ножики (рис. 2.1.1). Проте вони не зовсім гостро заточують та нерідко ламають грифелі олівців, а їх леза швидко тупляться. Крім того, існують різноманітні за конструкцією механічні олівці, в яких графітовий стержень закріплюється в металевій або пластмасовій оправі. На рис. 2.1.2 зображено механізм такого олівця, який складається із металеві трубки 7 та надітої на неї пружини 3, яка утримується на ній виступами. У трубку вставлений графітний

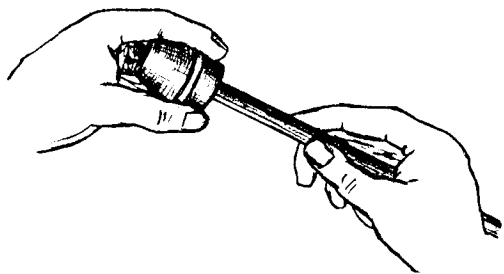


Рис. 2.1.1

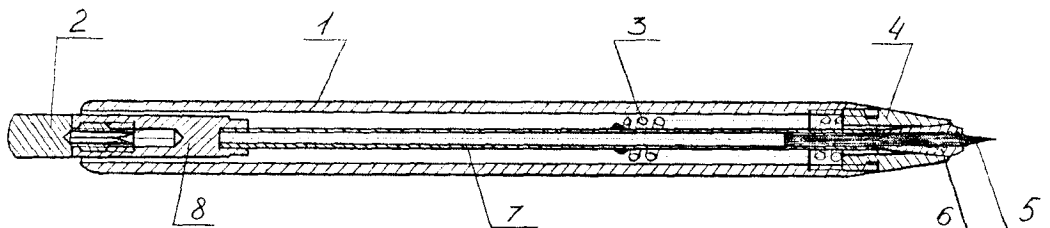


Рис. 2.1.2

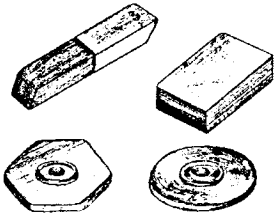


Рис. 2.1.3

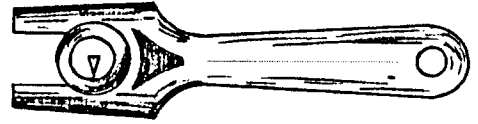
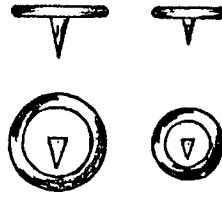


Рис. 2.1.5

стержень 5. Нижній торець трубки впирається в цангу 6 (пружинна втулка із наскрізним отвором). Вона затискає графітний стержень у робочому положенні. Цанга знаходиться в наконечнику 4, вгвинченому в корпус 1. На верхньому торці корпуса знаходиться кнопка 2, що через штовхач 8 переміщує трубку донизу корпуса. Трубка виштовхує цангу із наконечника, її пелюстки розходяться і стержень випадає із цанги. Стиснута пружина повертає всі деталі олівця у вихідне положення.

Робота креслярським олівцем нерозривно пов'язана з гумкою, якою стирають зайві або помилково проведені лінії, чистять забруднене креслення (рис. 2.1.3). Звичайні гумки виготовляються із спеціально обробленого синтетичного або натурального каучуку. Найбільш поширені гумки у вигляді прямокутного паралелепіпеда, тонкого диска тощо. Гумками спеціальної

форми зручно стирати окремі обмежені ділянки ліній або поля креслення.

Гумка, стираючи, захоплює з собою частку графіту, нанесеного на папір. Тому якісна гумка повинна бути м'якою. Якщо гумка тверда, то вона коштає папір і на його поверхні розтирає графіт. Гумку вважають м'якою, якщо можна без напруження пальцями однієї руки зігнути її вдвоє (рис. 2.1.4). Не слід витирати олівцеві лінії чорнильною гумкою, оскільки вона має у своєму складі скляний порошок, який швидко руйнує поверхневий шар паперу і коштає його. Щоб гумка не забруднювала рисунок, її періодично промивають у звичайній воді кімнатної температури (без мила).

Графічну роботу обов'язково слід виконувати на спеціальній креслярській дошці, на якій аркуш паперу закріплюється кнопками, що виймаються із неї спеціальним ключем

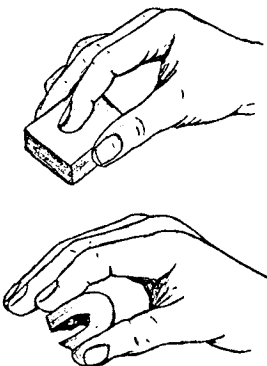


Рис. 2.1.4

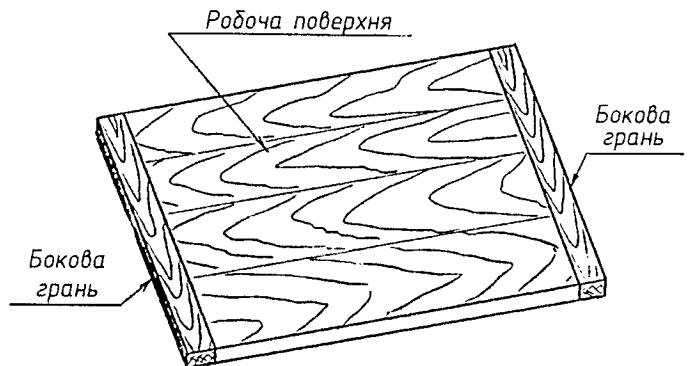


Рис. 2.1.6

(див. рис. 2.1.5). Краще застосовувати більшу за розмірами кнопку, вони не так гнуться і ламаються. Креслярські дошки бувають, в основному, двох типів. Найбільш розповсюджені дошки, виконані у вигляді рами, з обох сторін облямовані листами фанери. Рідше зустрічаються дошки, що мають вигляд дерев'яних щитів, зібраних із поперечних та поздовжніх планок (див. рис. 2.1.6), скріплених між собою клеєм та поперечними планками. Такі дошки, особливо із липової деревини, якісніші та довговічніші за фанерні.

Прямі лінії проводять за допомогою дерев'яних або пластмасових лінійок, їх випускають завдовжки 200, 250, 300, 400, 500, 600 і 750 мм. Лінійки мають сантиметрову шкалу з міліметровими поділками. Отже за допомогою звичайної лінійки можна виміряти довжину відрізка з точністю до 1 мм. У найпростішій лінійки, поперечним перерізом є прямокутник. Для проведення ліній користуються тим ребром лінійки, вздовж якого нанесені поділки. Тому це ребро має бути рівним, без зазубрин і шорсткостей. Прямолінійність ребра лінійки час від часу перевіряють (рис. 2.1.7).

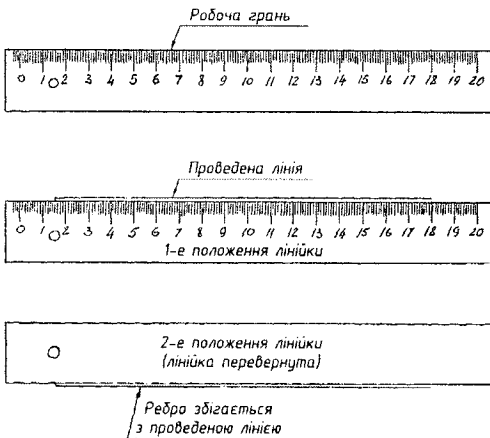


Рис. 2.1.7

Лінійку кладуть на аркуш паперу і, щільно притискаючи олівець до ребра лінійки, проводять лінію. Потім, повернувши лінійку на другу сторону, прикладають її тим самим ребром до проведеної лінії. Якщо в цьому положенні лінійки її ребро збігається з проведеною лінією, то лінійка правильна. Пластмасові лінійки точніші і довговічніші, ніж дерев'яні. Проте їх поверхня надто ковзка і вони часто зсуваються з місця, коли їх притискають до аркуша під час проведення ліній. Крім того, ковзаючи по аркушу, пластмасові лінійки забруднюють креслення. У дерев'яних лінійках немає вказаних недоліків, проте їх ребра швидко стають шорсткими і нерівними.

Досить зручно використовувати комбіновану лінійку, в якій одне ребро скошене, а в друге вставлено прямокутну пластмасову пластинку (рис. 2.1.8). Тоді одним ребром вимірюють або відкладають по ньому довжину відрізків, а лінії проводять, користуючись ребром зі вставленою пластмасовою пластинкою. Така лінійка поєднує переваги дерев'яної і пластмасової лінійок.

Значно прискорює виконання креслень та підвищує їх точність спе-

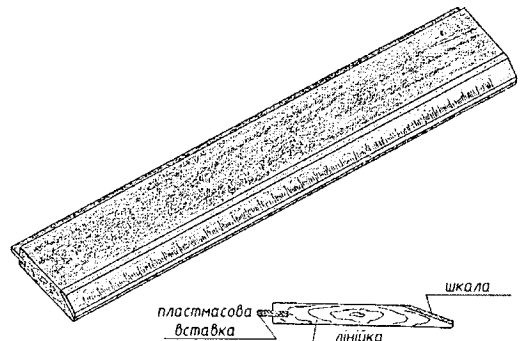


Рис. 2.1.8

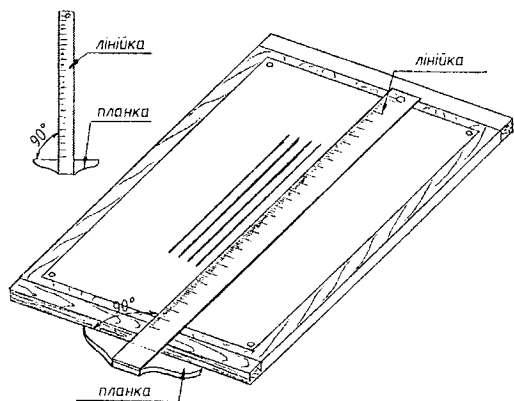


Рис. 2.1.9

ціальна лінійка-рейсшина. Рейсшина складається з лінійки з нанесеними поділками і поперечної планки, яка кріпиться до неї під кутом 90° (рис. 2.1.9). Під час роботи планку треба щільно притискати до ребра креслярської дошки. Тоді горизонтальні лінії, проведені під лінійку рейсшини, будуть паралельні між собою. Ребро лінійки, вздовж якого нанесено поділки, має бути прямолінійним і гладеньким, оскільки саме воно є робочим.

Використовуються також рейсшини, що мають, окрім нерухомої, рухому планку, що дає можливість встановлювати рейсшину під певним кутом до горизонталі. Широкого розповсюдження такі рейсшини не одержали, оскільки рухому планку складно зафіксувати під потрібним кутом.

Застосовуються також пластмасові рейсшини дещо спрощеної конструк-

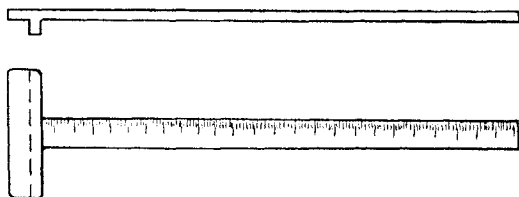


Рис. 2.1.10

ції, у яких поперечна планка знаходиться в одній площині із лінійкою, а на зворотній стороні рейсшини — поперечний буртик (рис. 2.1.10). Для того, щоб проводити паралельні лінії, буртик рейсшини слід притискувати до ребра креслярської дошки. Звичайно така рейсшина досить міцна, проте користуватись нею не зовсім зручно, оскільки буртик легко зіскакує із ребра креслярської дошки.

Дуже зручно креслити за допомогою так званої плаваючої рейсшини, що має вигляд лінійки (рис. 2.1.11), яка спеціальними роликками 1 та тонким (завтовшки 0,8...1 мм) шнуром 2 прикріплюється до креслярської дошки 3 і встановлюється в горизонтальному положенні. Ролики, обертаючись, перекочуються по натягнутому на них шнуру, і рейсшиною 4 переміщуються по дошці вверх та вниз, залишаючись весь час у початковому горизонтальному положенні. Користуватись такою рейсшиною дуже зручно, за її допомогою досягається велика точність графічних побудов і значно підвищується (до 10%) продуктивність праці у порівнянні із застосуванням звичайної рейсшини.

Значною популярністю у студентів користуються інерційні рейсшини. Така рейсшина (див. рис. 2.1.12) має

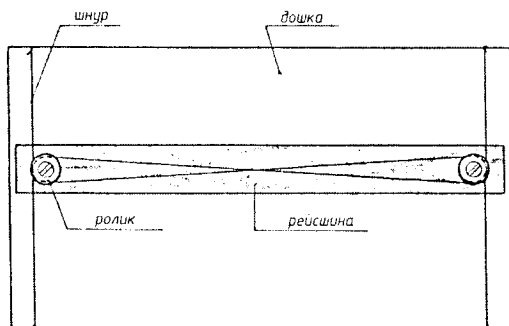


Рис. 2.1.11

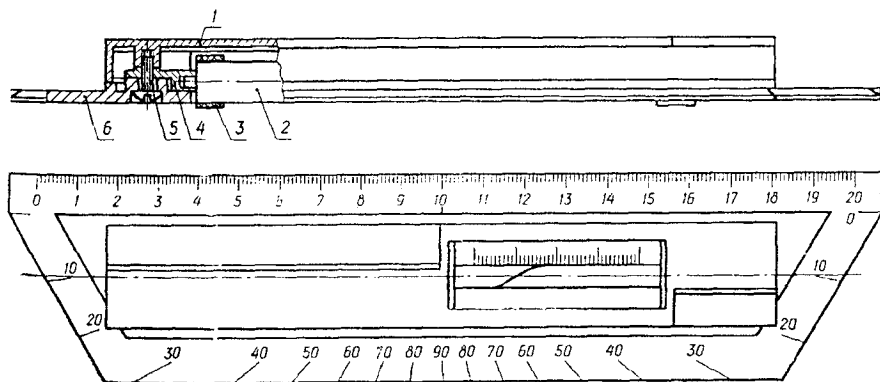


Рис. 2.1.12

корпус 1, в якому закріплений масивний металевий ролик 2 з гумовими напрямними кільцями 3. Ролик вільно обертається в підшипниках 4, які гвинтами 5 прикріплені до корпусу. Корпус із роликом змонтовані в основі 6 таким чином, що гумові кільця на 2 мм виступають над нижньою плоскою основою. По поверхні креслення рейсшина переміщується лише в напрямку, перпендикулярному до вісі обертання ролика 2. Зміні напрямку рейсшини перешкоджає сила тертя між поверхнею креслення і гумовими кільцями, а також значна маса ролика, що обертається. На верхніх гранях основи нанесені шкали, які дозволяють вимірювати та відкладати розміри на кресленні. Крім того, у верхній частині корпусу над роликом знаходиться наскрізний поздовжній паз, на гранях якого нанесена міліметрова шкала, розміщена паралельно вісі ролика. На ролик нанесена гвинтова лінія, хід якої дорівнює довжині шкали і довжині кола гумового кільця 3. Таким чином, за допомогою нанесеної на ролик гвинтової лінії можна відмічати довжину шляху переміщення рейсшини по кресленню, що дуже зручно при графічних побудовах. Однак

застосування інерційної рейсшини не забезпечує високої точності побудов. Краще всього виконувати їх на шорсткому папері, оскільки на ковзкому кільці 3 незначно проковзують по верхній аркуша, змінюючи напрямок руху рейсшини та спотворюючи паралельність проведених ліній.

Інерційну рейсшину можна застосовувати при виконанні побудов у зошиті, для викреслювання рамок, основного напису, розмірних та виносних ліній, тобто там, де незначні неточності не можуть істотно вплинути на зміст та структуру графічного зображення.

При виконанні графічних побудов широко застосовують креслярські косинці. Косинці бувають двох типів: прямокутні рівнобедрені і прямокутні різносторонні. Косинці першого типу мають гострі кути по 45° , а косинці другого — 30 і 60° (у таких косинцях один катет удвічі менший за гіпотенузу) (див. рис. 2.1.13). За допомогою косинця і рейсшини можна проводити лінії під різним кутом використовувати як лінійку. Косинці бувають дерев'яні і пластмасові, що, як і лінійки, мають відповідні переваги та недоліки.

Щоб перевірити правильність прямого кута в косинці, слід поставити

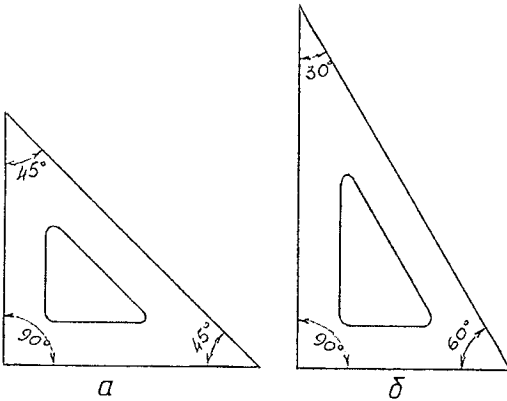


Рис. 2.1.13

Його на лінійку і провести вертикальну лінію АБ (рис. 2.1.14), потім перевернути косинець на другу сторону і знову притиснути його до лінійки. Якщо вертикальний катет косинця співпадає із проведеною лінією, то прямий кут правильний.

Зручно також користуватись косинцем із транспортиром усередині (рис. 2.1.15). Не менш зручним для користування є розсувний косинець-транспортир, що складається із косинця і шарнірно закріпленої до нього лінійки із дугою транспортира (рис. 2.1.16).

Для проведення кіл або дуг застосовуються різноманітні циркулі. Категоричне заперечення викликає застосування побутового жерстяного циркуля (рис. 2.1.17), яким, на жаль, нерідко користуються студенти при виконанні графічних робіт. Його обойма швидко розгинається, і олівець випадає з неї, голка циркуля "розбиває" центр кола, псує папір і т. п.

Слід використовувати спеціальний креслярський циркуль, яким можна креслити кола діаметром від 5 до 300 мм. Ніжки такого циркуля мають різну довжину. На кінці довшої ніжки (див. рис. 2.1.18) закріплюється голка 3 із упорною заточкою, а коротша закінчується шарнірною головкою 1. У головку вставляється олівцева вставка 2. Угорі ніжки шарнірно з'єднані між собою та обіймою 5 дугою 4. В обійму вгвинчений держак 6 із накатаною циліндричною поверхнею.

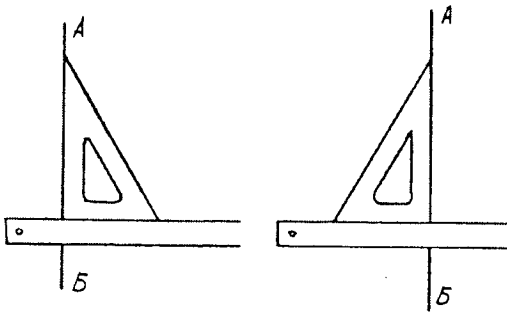


Рис. 2.1.14

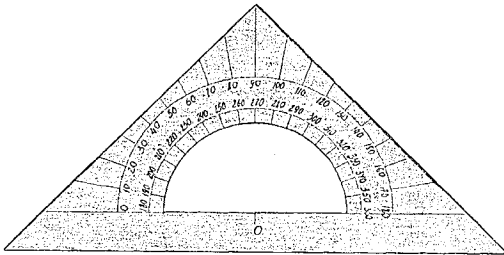


Рис. 2.1.15

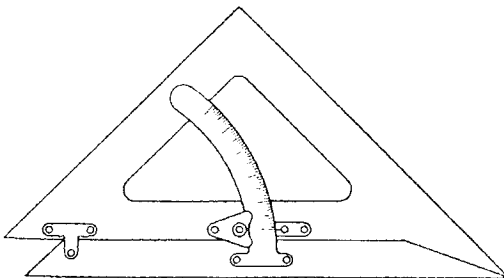


Рис. 2.1.16

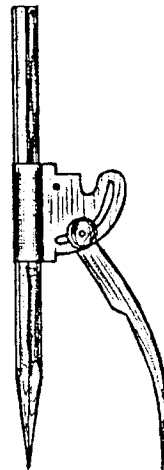


Рис. 2.1.17

Якщо необхідно провести дугу великого радіуса, то застосовується подовжувач, який вставляється в коротку ніжку циркуля (рис. 2.1.19). Подовжувач має таку ж, як і коротка ніжка циркуля, шарнірну головку, в яку вставляється олівцева вставка (рис. 2.1.20).

Якщо потрібно накреслити коло діаметром менше 5 мм, то застосовується падаючий кронциркуль. Ним можна креслити кола діаметром від 1 до 12 мм. Падаючий кронциркуль (рис. 2.1.21) складається із корпусу 1, вставленої в нього довгої голки 2, яка закінчується кнопкою 3 нагорі. У колодку 5 вгвинчується обмежувач 4. У голці є спеціальні виступи, які при вгвинченому обмежувачі не дають їй вискакувати із корпусу. На пружині 6 є затискач 8, в який вставляється олівцева вставка 9. Величина радіуса кола встановлюється поворотом

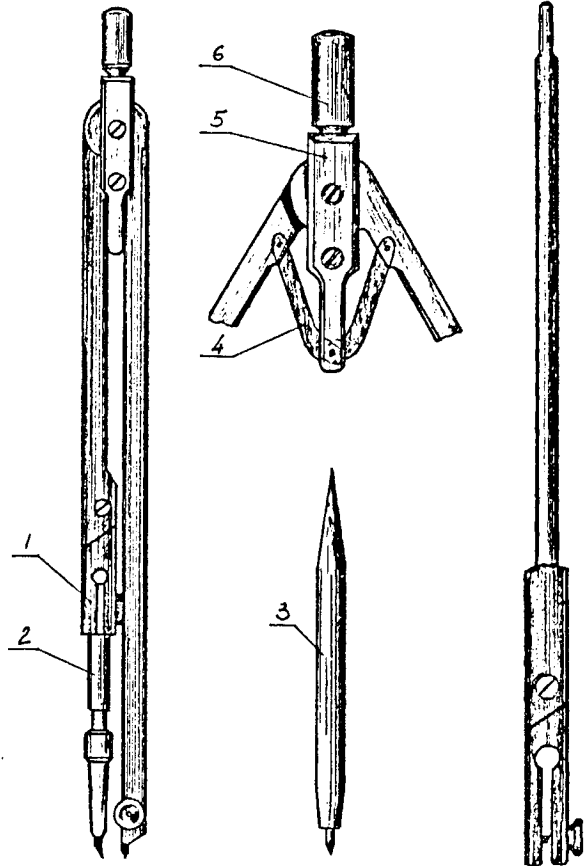


Рис. 2.1.18

Рис. 2.1.19

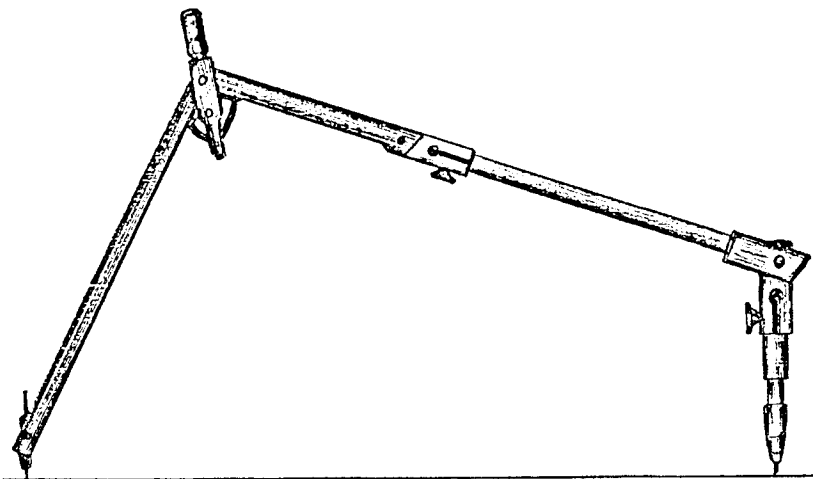


Рис. 2.1.20

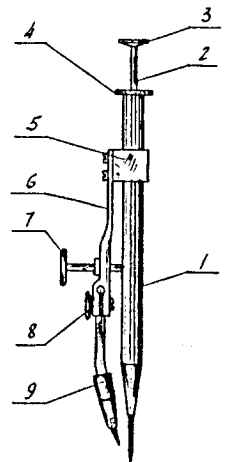


Рис. 2.1.21

регулюючого гвинта 7. Відрегулювавши необхідний розмір радіуса, піднімають корпус кронциркуля і в центрі кола встановлюють кінець голки. Потім корпус опускають і поворотом обмежувача 4 проводять коло.

При проведенні концентричних кіл отвір на папері у центрі, де вставляється голка циркуля, збільшується, що негативно відбивається на точності побудови. Щоб цього уникнути застосовують центрик, що має вигляд сталевий кнопки, всередині головки якої є конічний отвір (рис. 2.1.22, а), а внизу — тонка конічна голка для вставки в центр кола. Під час роботи із центриком голку циркуля слід встановити в заглибленні центрика кінцем, що не має упорної заточки. На рис. 2.1.22, б показано, як слід встановлювати голку циркуля при роботі без центрика, а на рис. 2.1.22, в — із центриком. Нерідко студенти використовують центрик не за призначенням — як кнопку, чого робити не слід. Центрик — дуже потрібний і тендітний креслярський пристрій.

Для перенесення розмірів із лінійки на креслення і навпаки застосовується розміточний циркуль або вимірник (рис. 2.1.23), на обох ніжках 2 якого закріплені голки 1.

Якщо на кресленні потрібно точно відкласти відрізок однієї й тієї ж

довжини декілька раз, то користуються розміточним кронциркулем. За допомогою такого циркуля можна точно відкласти розміри від 3 до 40 мм. Він складається із двох плоских ніжок 1 (рис. 2.1.24), з'єднаних угорі пружинною дугою 2. У дугу вгвинчено держак 3. Відстань між кінцями голок регулюється гвинтом 4, на протилежних кінцях якого нарізана відповідно права та ліва різьба.

Слід відзначити, що мова йде лише про розповсюджені і мінімально необхідні креслярські приладдя та інструменти для виконання графічних побудов на студентському рівні. Для різноманітних графічних побудов у практиці конструювання та проектування існує ще значна кількість інших корисних і ефективних інструментів та пристроїв, які успішно також можуть бути використані в процесі графічної діяльності студентів.

Креслярські інструменти комплектуються у вигляді набору, що

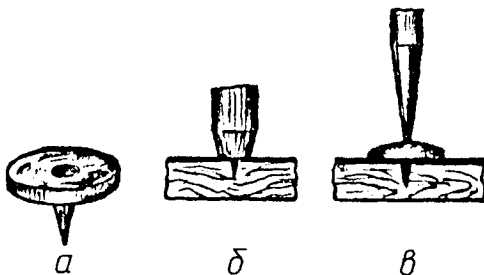


Рис. 2.1.22

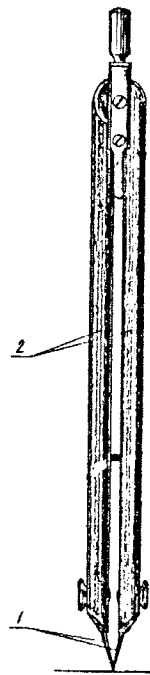


Рис. 2.1.23

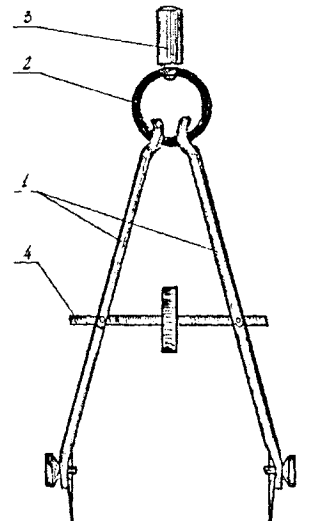


Рис. 2.1.24

носить назву готовальня. Найбільш доцільний та необхідний для студентських графічних робіт комплект креслярських інструментів у вигляді готовальні зображений на рис. 2.1.25.

Слід зауважити, що в останні роки в продажу є велика кількість різноманіт-

них готовальень (у тому числі багато зовсім непридатних для виконання студентських графічних робіт), тому до їх вибору та придбання слід підходити досить виважено й орієнтуватись, в основному, на традиційні за змістом комплекти по типу, зображеному на рис. 2.1.25.

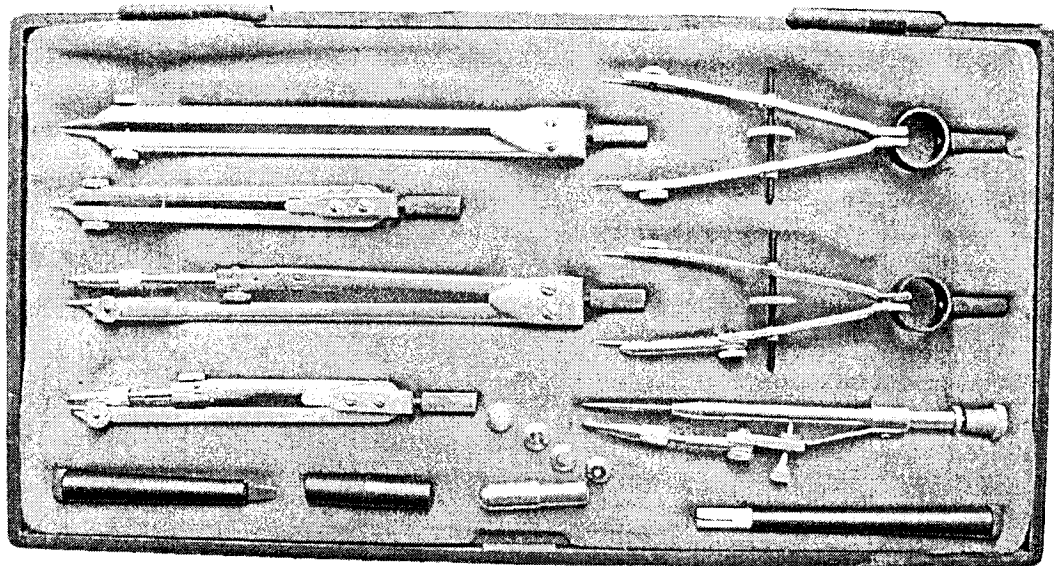


Рис. 2.1.25

2.2. РАЦІОНАЛЬНІ ПРИЙОМИ В ГРАФІЧНИХ ПОБУДОВАХ

Перш ніж розпочати виконання графічної роботи, слід уважно оглянути і при необхідності витерти сухою ганчіркою креслярську дошку, лінійку та інші приладдя. Перед роботою також необхідно вимити руки з милом (навіть і в тому випадку, коли вони були зовсім чистими) для того, щоб видалити зі шкіри залишки жиру та поту. Інакше папір від дотикання рук засалюється і забруднюється.

Аркуш креслярського паперу прикріплюється до дошки кнопками

(див. рис. 2.2.1). Закріплюючи папір, слід міцно натиснути на кожную кнопку з тим, щоб аркуш притискувався всією нижньою поверхнею головки кнопки. Якщо цього не зробити, то в процесі роботи (особливо при користуванні гумкою) отвори в папері під кнопками розширюються і папір ковзає по дошці, що призводить до похибок у побудовах.

Щоб прикріпити папір до креслярської дошки краще спочатку злегка закріпити його кнопкою тільки в лівому

верхньому куті (рис. 2.2.1, а), а потім, перемістивши рейсшину до верхньої частини аркуша, надати його верхньому краю положення, при якому він буде паралельний до лінійки рейсшини. Притиснувши папір до дошки, треба закріпити його в правому нижньому куті другою кнопкою, а вже потім іншими.

Графічні побудови виконуються, як правило, спочатку тонкими лініями, які проводять без натиску твердими (2Т, Т) олівцями. Коли побудова виконана, то лінії рисунка обводять більш м'якими олівцями (ГМ, М, 2М) з урахуванням призначення кожної лінії. Олівцем 2М, як правило, не рекомендується користуватись, адже гра-

фіт такого олівця забруднює приладдя та креслярський папір.

Точність побудови та якість рисунка істотно залежать від підготовки олівця до роботи. Новий олівець починають заточувати на відстані 40–47 мм від краю (рис. 2.2.2, а). Заточити олівець необхідно так, щоб дерев'яна частина мала довжину 30–35 мм (рис. 2.2.2, б), а виступаюча частина графіту — 10–12 мм (рис. 2.2.2, в). Правильно заточити олівець — справа досить непроста, потребує певних навичок, акуратності, терпіння та певної

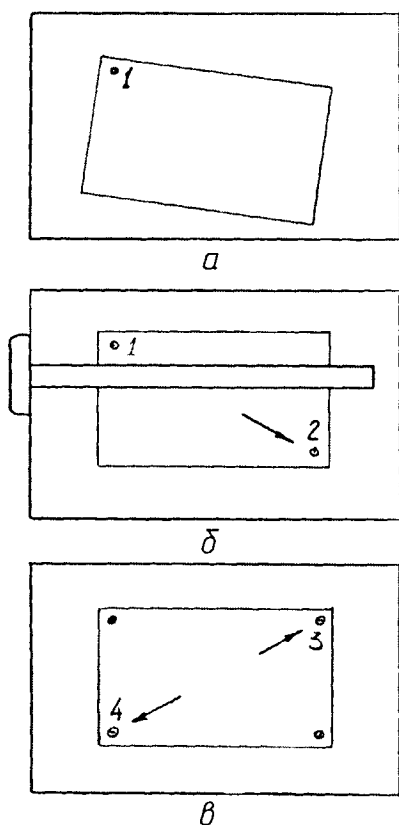


Рис. 2.2.1

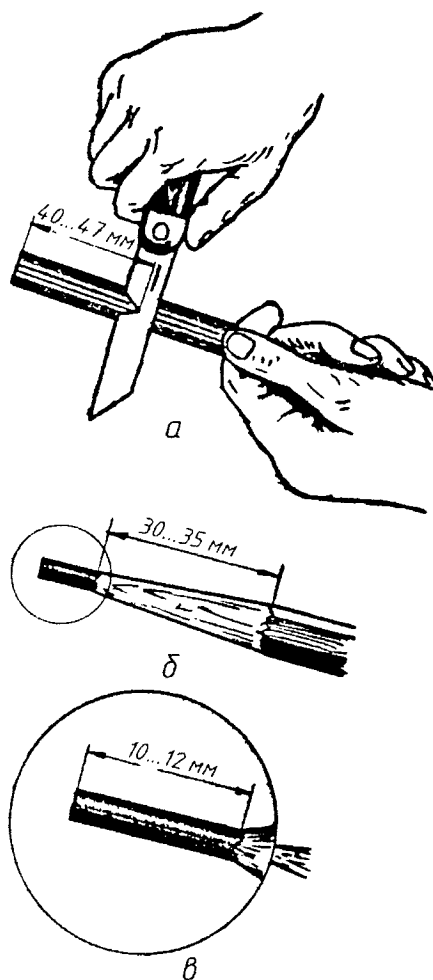


Рис. 2.2.2

фізичної сили. Після заточування слід відповідно загострити графітну частину олівця, виконавши на ній односторонній зріз або надавши їй конусоподібну (рис. 2.2.3) форму. Олівець загострюється ножиком або дрібнозернистою шліфувальною шкіркою, яку для зручності можна наклеїти на дерев'яну планку (рис. 2.2.4).

При проведенні ліній олівцем під лінійку кисть правої руки повинна вільно опиратись на мизинець (рис. 2.2.5). Олівець слід тримати біля загостреного кінця трьома пальцями: великим, середнім і вказівним з деяким нахилом у бік руху олівця. При проведенні ліній мизинець правої руки ковзає по лінійці, яка утримується від зсуву легким натиском лівої руки. Не слід сильно натискати на лінійку, бо від цього вона може легко зсунутись. Якщо олівець заточений конусоподібно, то при проведенні ліній його слід періодично повертати навколо своєї осі, тоді він стирається рівномірно і проведені ним лінії мають однакову товщину. Слід враховувати, що для

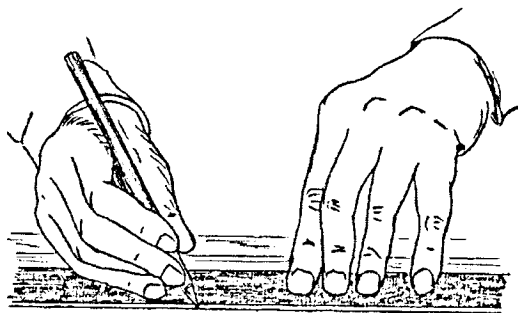


Рис. 2.2.5

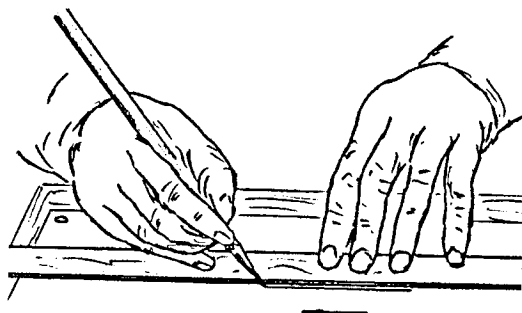


Рис. 2.2.6

зручності роботи довжина олівця не повинна бути меншою 120 мм.

Горизонтальні лінії проводяться, як правило, зліва направо. На рис. 2.2.6 показано, як проводяться горизонтальні лінії за допомогою рейсшини, а похил на рис. 2.2.7 — косинцем та лінійкою або двома косинцями.

Вертикальні лінії проводяться, в основному, знизу вгору (див. рис. 2.2.8). Тільки при обведенні м'яким олівцем вертикальні лінії проводяться також зверху вниз. Для проведення вертикальних ліній зручно користуватись косинцем, один катет якого переміщується вздовж горизонтального ребра рейсшини. У разі відсутності рейсшини також можна проводити вертикальні лінії за допомогою лінійки та косинців.

Перш ніж починати креслення кіл або дуг, треба встановити графітний

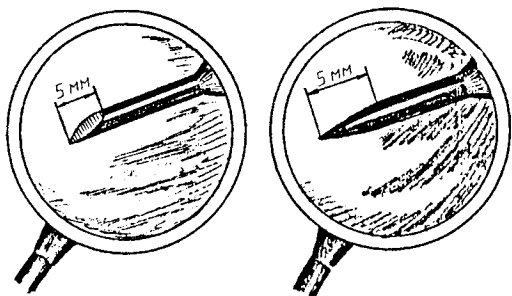


Рис. 2.2.3

Шліфувальна шкірка

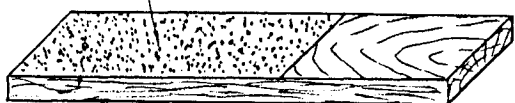


Рис. 2.2.4

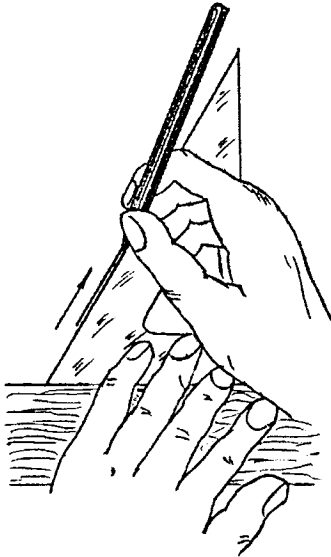


Рис. 2.2.7

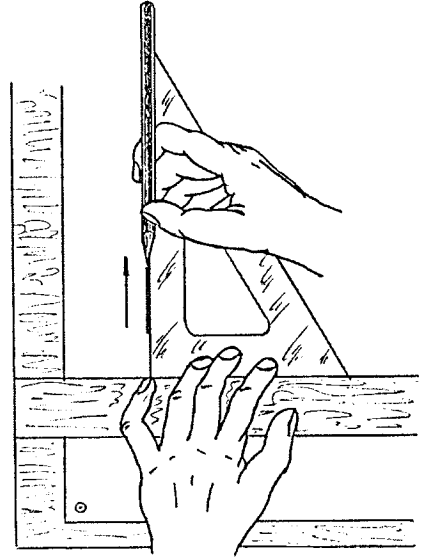


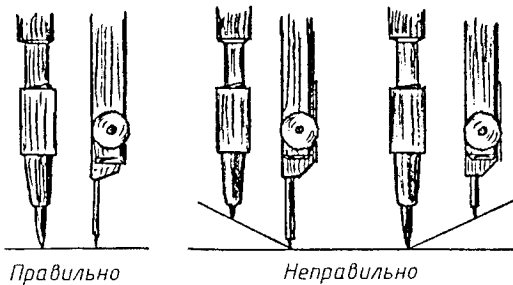
Рис. 2.2.8

стержень та головку циркуля на одному рівні (рис. 2.2.9). При цьому графітний стержень повинен виступати із наконечника циркуля на 6-8 мм. При проведенні дуг циркулем слід намагатись, щоб графітний стержень і голка ніжки були перпендикулярними до площини рисунка, так, як це показано на рис. 2.2.10. Якщо цього не дотримуватись, то дуга буде проводитись не загостреним кінцем графіту, а його бічною поверхнею. Лінія вийде розмитою, крім того надто нахилені ніжки циркуля при натискуванні часто роз'їжджаються. Якщо голка циркуля знаходиться в похилому положенні, то вона

збивається з центра і часто вискакує, пеуючи рисунок і папір. При роботі з циркулем його слід держати двома пальцями за головку. Якщо тримати циркуль за ніжки, то можна легко порушити їх розхил.

При проведенні дуг та кіл малого радіуса кронциркулем користуються гостро заточеним графітовим стержем, встановленим у ніжку. Тримати кронцикуль треба так, як показано на рис. 2.2.11. Проводячи коло кронциркулем, слід обережно, без натиску обернути його тільки в одному напрямку: за або проти руху годинникової стрілки, тому що олівцева ніжка циркуля закріплена на гнучкій пружині, яка легко відхиляється від свого положення. Із цих же міркувань не слід натискати на ніжку кронциркуля при обведенні кіл.

Для якісного виконання графічних побудов необхідно мати добре відрегульований вимірник. Слід відрегулювати затиск гвинтів обойми так, щоб під час вимірювання та відкладання розмірів самовільно не змінювався



Правильно

Неправильно

Рис. 2.2.9

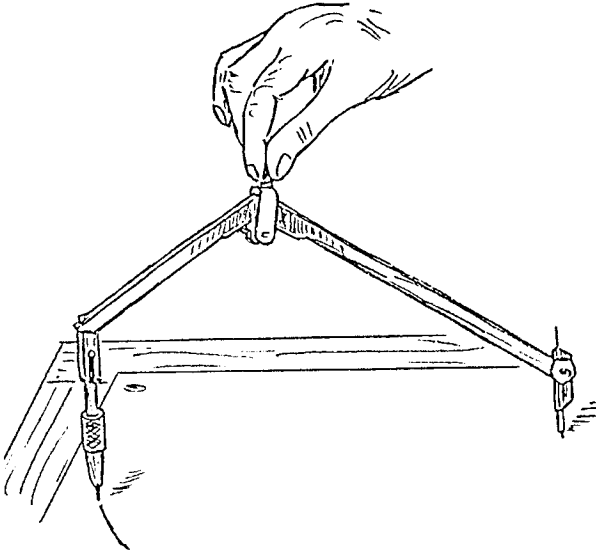


Рис. 2.2.10

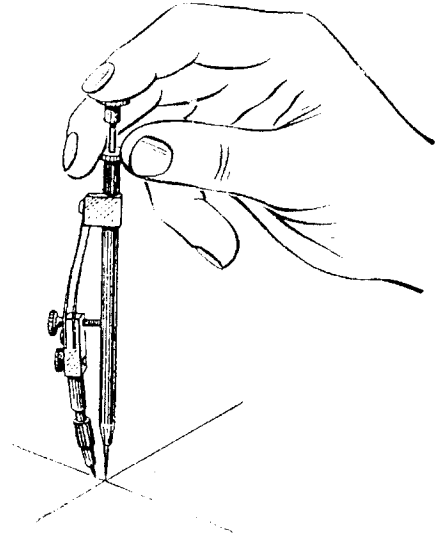


Рис. 2.2.11

розхил ніжок вимірника. Голки ніжок необхідно встановити так, щоб кінці їх були на одному рівні (рис. 2.2.12). Положення вимірника в руці при роботі показано на рис. 2.2.13. При відкладенні розмірів не слід робити проколи голками ніжок. Проколи псують папір, що негативно позначається на якості та точності виконання рисунку. При роботі циркулем та падаючим крон-

циркулем не слід забувати про застосування центрика, особливо при проведенні значної кількості концентричних кіл.

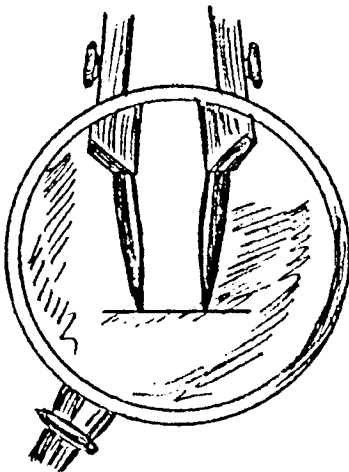


Рис. 2.2.12

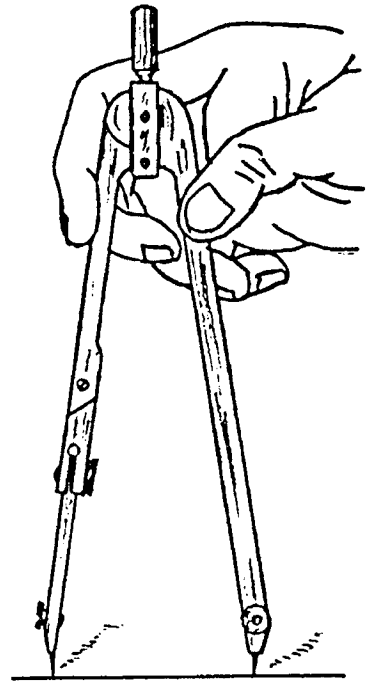


Рис. 2.2.13

2.3. ПОБУДОВИ ВЗАЄМНИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРЯМИХ ЛІНІЙ

Вимірювання. Графічні побудови, пов'язані з відкладанням розмірів геометричних елементів, починаються з вимірювань. У практиці креслення довжину ліній геометричних фігур вимірюють з точністю до 1 мм. Таку точність вимірювання забезпечує використання лінійки з міліметровими поділками.

При виконанні графічних побудов може бути два випадки: перший — коли треба виміряти довжину відрізка; другий — коли на кресленні потрібно відкласти відрізок певної довжини. Виміряти довжину відрізка можна контактним способом, безпосередньо прикладаючи лінійку до відрізка, або способом перенесення, вимірюючи довжину циркулем-вимірником і визначаючи її в міліметрах по лінійці. Щоб виміряти довжину відрізка контактним способом, треба грань лінійки чи косинця з поділками прикласти до відрізка так, щоб нульова поділка збіглася з кінцем відрізка (рис. 2.3.1). Як правило, ця поділка не збігається з краєм лінійки, оскільки на ній є нерівності. Якщо нульова поділка на лінійці позначена нечітко, то вимірювання слід починати з якої-небудь іншої поділки. Тоді розмір треба визначати з урахуванням відстані, на яку зсунувся початок поділки на шкалі.

Щоб розмір був визначений по можливості точно, потрібно, щоб точка відрахунку розміщувалася в площині, яка умовно проходить через перенісся



Рис. 2.3.1

спостерігача (рис. 2.3.2). Якщо відхилити голову ліворуч чи праворуч, то кут зору зміниться і буде допущено помилку в кілька міліметрів.

Точнішим можна вважати спосіб перенесення розмірів, коли для вимірювання, крім лінійки, застосовують циркуль-вимірник. У цьому разі відрізок вимірюють вимірником (див. рис. 2.3.3, а) і відкладають на шкалі лінійки (рис. 2.3.3, б). Якщо ж потрібно відкласти відрізок, то спочатку вимірюють довжину відрізка вимірником по лінійці, а потім відкладають його на кресленні.

Взаємно паралельні прямі зручно проводити, використовуючи рейсшину, яка ковзає по лівому краю креслярської дошки (див. рис. 2.3.4), і косинець, що переміщується вздовж рейсшини. Косинець потрібно встановлювати так, щоб його катет або гіпотенуза збігалися з напрямком заданої прямої. Якщо немає змоги використати рейсшину, то до другого катета або до гіпотенузи косинця слід підвести

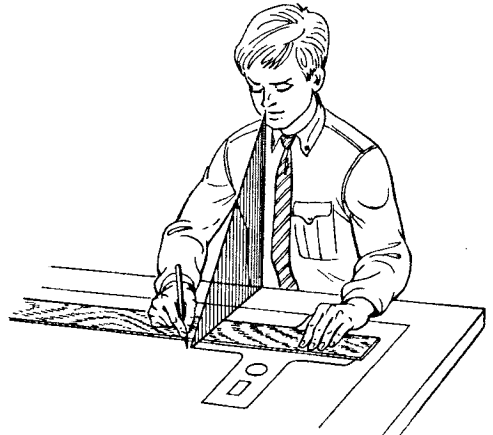


Рис. 2.3.2

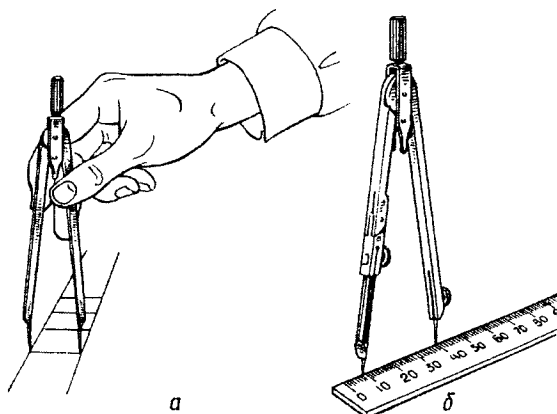


Рис. 2.3.3

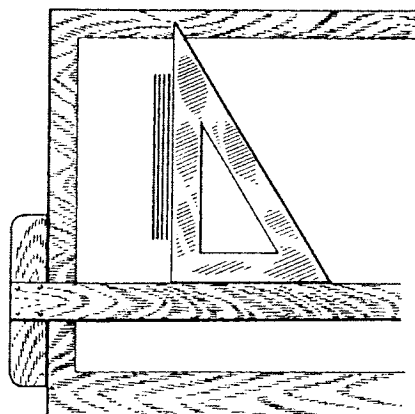


Рис. 2.3.4

лінійку або другий косинець і переміщати перший косинець у напрямку, показаному стрілкою (рис. 2.3.5) на потрібну відстань.

Встановити перпендикуляр до прямої можна також за допомогою лінійки та косинця (без застосування циркуля). На рис. 2.3.6 показано різні випадки побудови взаємно перпендикулярних прямих за допомогою лінійки та косинців.

Поділ відрізка на довільну кількість рівних частин. У практиці креслення застосовують поділ відрізків прямих на рівні частини виходячи з того, що сторони кута діляться пучком паралель-

них прямих на пропорційні частини. Наприклад, щоб поділити відрізок AZ на 8 однакових частин (див. рис. 2.3.7), під довільним кутом до цього відрізка через один з його кінців проведемо допоміжну пряму і відкладемо на ній розмір довільного відрізка ab стільки разів, на скільки частин треба поділити відрізок AZ (у даному випадку на 8). Тоді $ab = bv = vg = gd = de = ee = еж = жз$. З'єднаємо точку z (кінець останнього, восьмого, відрізка на прямій az) з кінцем відрізка AZ — точкою 3 . Через точки $ж, е, e, d, г, в, б$ проведемо прями, паралельні відріжку $3z$.

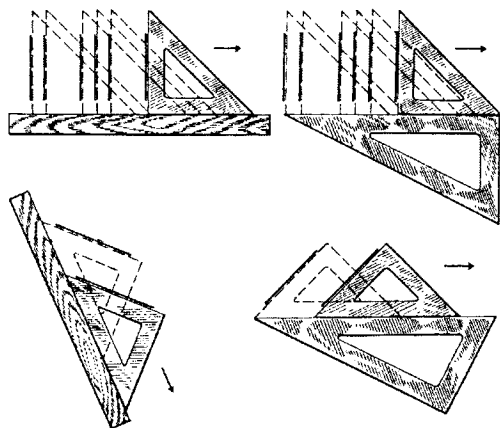


Рис. 2.3.5

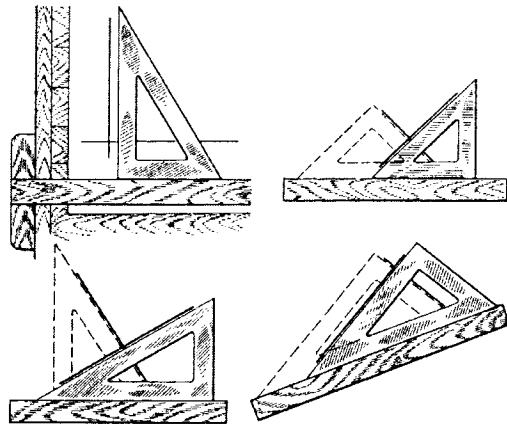


Рис. 2.3.6

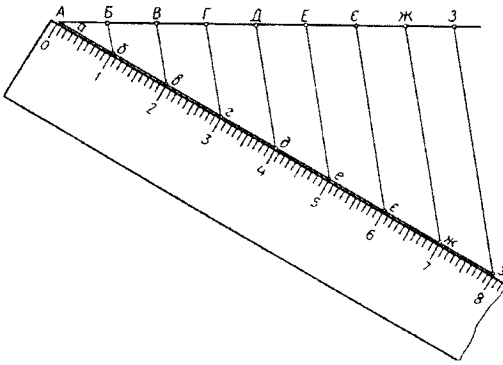


Рис. 2.3.7

У місцях перетину цих ліній з відрізком АЗ утворяться точки Ж, Є, Е, Д, Г, В, Б, які й поділять відрізок АЗ на 8 однакових частин. Для більшої точності необхідно кут \angle Заз та відрізки $аз$ і $аб$ вибирати такими, щоб паралельні прямі перетинали відрізок АЗ під кутом, близьким до 90°

Побудова кута заданої величини. Найбільш універсальним є спосіб побудови кутів за допомогою транспортира. На рис. 2.3.8 показано побудову кута 37° для двох випадків: відносно горизонтальної та відносно похилої прямої АВ. В обох випадках центр дуги транспортира суміщатимемо з точкою К на прямій АВ яка є вершиною

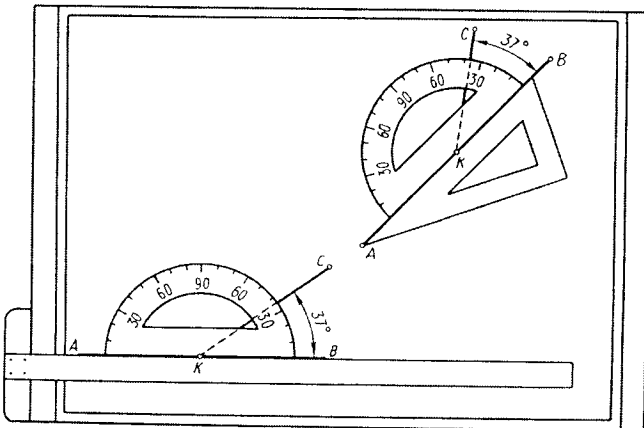


Рис. 2.3.8

кута, а діаметр дуги транспортира — з прямою АВ. Відрахувавши на транспортирі 37° , позначимо точку С, після чого через неї і вершину кута К проведемо за допомогою лінійки чи косинця пряму лінію — сторону кута СКВ.

За допомогою транспортира можна побудувати будь-який кут — від 0° до 360° . Якщо кут більший за 180° , то на транспортирі позначають кут, який дорівнює доповненню до 180° . Наприклад, треба побудувати кут 215° (рис. 2.3.9). За допомогою транспортира будемо його як $180^\circ + 35^\circ$. Заданий кут можна також побудувати як $360^\circ - 145^\circ$.

При виконанні графічних побудов заданий кут досить точно будують за допомогою косинців та рейсшини або лінійки. Без додаткових побудов можна одержати кути 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° , 150° та 165° (див. рис. 2.3.10).

Побудова кута, що дорівнює заданому. У практиці креслення часто виникає потреба в побудові кута, що дорівнює заданому. Якщо задано вершину М кута, який потрібно побудувати, а напрямки сторін можна вибрати довільно, то побудову найдоцільніше

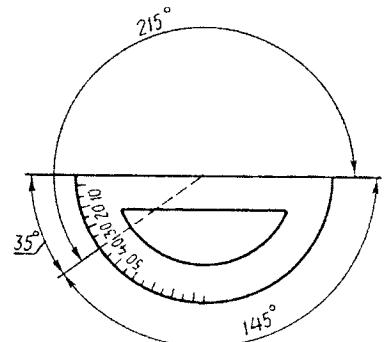


Рис. 2.3.9

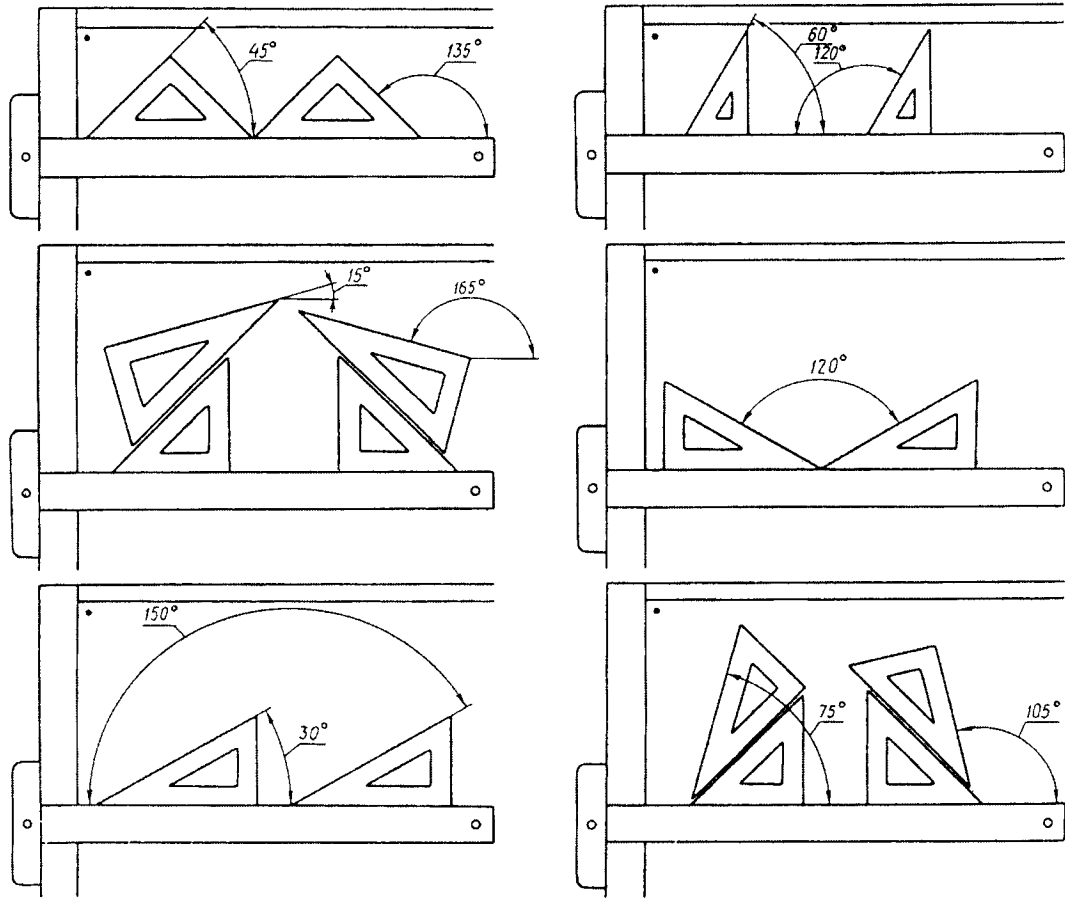


Рис. 2.3.10

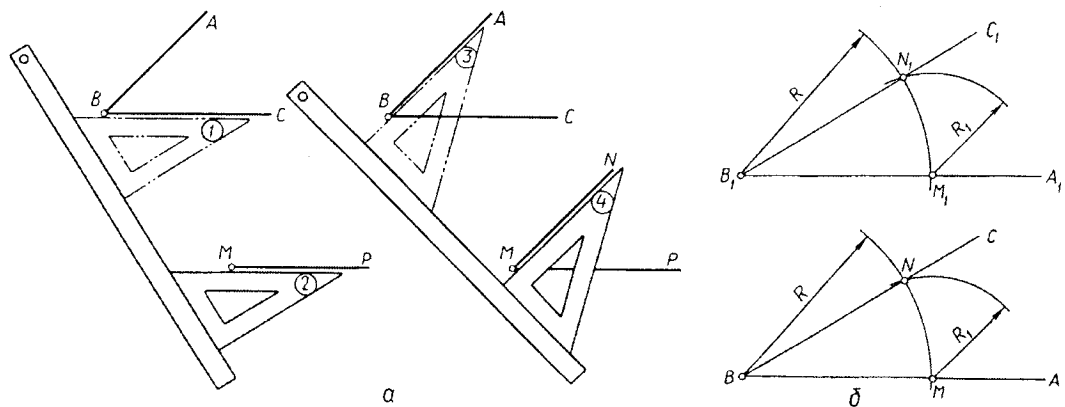


Рис. 2.3.11

виконувати за допомогою лінійки й косинця (див. рис. 2.3.11, а).

Аналогічну побудову можна виконати з використанням циркуля та лінійки. За даним кутом ABC (див. рис. 2.3.11, б) потрібно побудувати кут, що дорівнює заданому. Проведемо дугу довільним радіусом R з центром у точці B .

Дуга перетне сторони даного кута в точках M і N . Після цього проведемо

лінію A_1B_1 . З точки B_1 , як із центра, опишемо дугу тим же радіусом R . Для визначення положення другої сторони кута B_1C_1 слід виходити з того, що в однакових колах однаковим хордам відповідають однакові центральні кути. Тому, вимірявши циркулем хорду $MN = R_1$, відкладемо її довжину на другому колі від точки M_1 , тобто зробимо засічку радіусом $R_1 = M_1N_1$ на дузі M_1N_1 .

2.4. ПОБУДОВА ПОХИЛУ ТА КОНУСНОСТІ

Похил. Величина, яка характеризує нахил однієї лінії відносно іншої, називається похилом. Для визначення похилу прямої OB , нахиленої до горизонтальної прямої OA під кутом (рис. 2.4.1), на цій прямій виберемо довільну точку B і з неї опустимо перпендикуляр на OA .

Відношення $\frac{AB}{AO} = \frac{b}{a} = s = \text{tg } \alpha$ показує похил прямої OB до OA .

Для побудови заданого похилу, наприклад 1 : 3, на горизонтальній прямій відкладемо три однакові відрізки довільної довжини (рис. 2.4.1, а). Потім з кінця A горизонтального відрізка встановимо перпендикуляр AB завдовжки в один відрізок. З'єднавши точки O і B , одержимо лінію, побудовану з похилом 1 : 3.

У топографії та будівництві похил часто виражають у процентах. На

рис. 2.4.1, б зображено трикутник, гіпотенуза BO якого нахилена з похилом 25% до горизонтального катета AO , тобто відношення вертикального катета AB до горизонтального AO дорівнює 25%, або 1 : 4.

Якщо ж потрібно, навпаки, виразити заданий кут у вигляді похилу (рис. 2.4.1, в), то доцільно взяти відрізок довільної довжини, найкраще 100 мм, і відкласти його від вершини кута на одній зі сторін, наприклад OK . Одержимо точку A , з якої встановимо перпендикуляр до перетину зі стороною OD . Матимемо точку B . Трикутник OAB буде прямокутний. Вимірявши довжину катета AB в міліметрах, можна за відношенням AB/AO одразу визначити похил у процентах (тому що $AO = 100$). Похил також можна виразити у вигляді відношення.

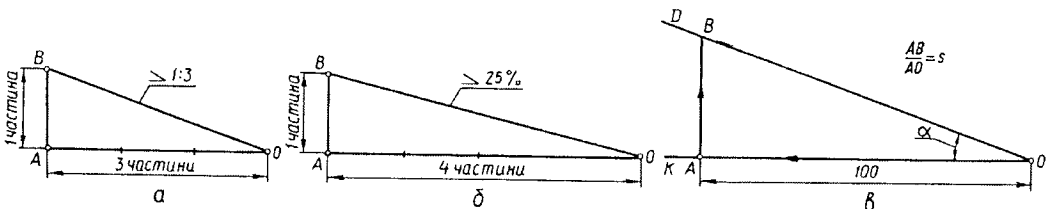


Рис. 2.4.1

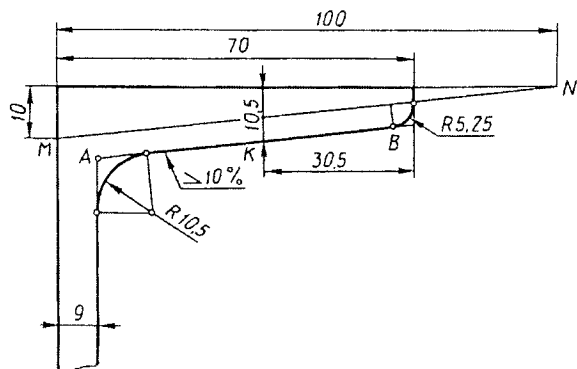


Рис. 2.4.2

Значення похилу записують на поличці лінії-виноски, розміщеної паралельно напрямку, за яким визначають похил. Перед розмірним числом, яким позначено похил, наносять знак \sphericalangle або \sphericalangle (гострий кут, спрямований у бік похилу).

Побудову похилів застосовують при кресленні багатьох деталей, зокрема при виконанні креслень профілів сталевих балок.

На рис. 2.4.2 показано побудову верхньої частини (полички) швелера за заданими розмірами, де ширина полички — 70 мм, її похил — 10%, товщина стінки швелера — 9 мм.

Побудову виконаємо в такій послідовності. Проведемо відрізок завдовжки 70 мм, що відповідає ширині верхньої полички швелера, та дві вертикальні лінії на відстані 9 мм одна від одної, які відповідають товщині стінки швелера. Після цього проведемо лінію AB, що має похил 10% відносно верхньої кромки профілю швелера. Ця лінія повинна пройти через точку K, координати якої задані (для швелера горизонтальна координата дорівнює половині різниці між шириною полички і товщиною стінки).

Похил побудуємо так: продовжимо верхню горизонтальну лінію і,

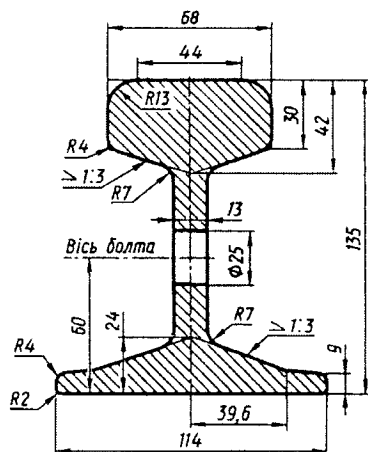


Рис. 2.4.3

відклавши на ній 100 мм, визначимо вертикальний катет заввишки 10 мм, після чого одержимо шуканий похил 10%, який обумовлюється положенням лінії MN. Через точку K проведемо пряму, паралельну лінії MN, і намітимо при цьому точки A і B. Потім скруглимо кут, що має вершину в точці A, дугою кола радіусом 10,5 мм і кут, що має вершину в точці B, дугою кола радіусом 5,25 мм.

На рис. 2.4.3 наведено креслення профілю залізничної рейки. Нижня частина контуру рейкової головки та опорна поличка мають похил 1:3.

Конусність. Цей параметр являє собою відношення діаметра кола основи прямого конуса до його висоти

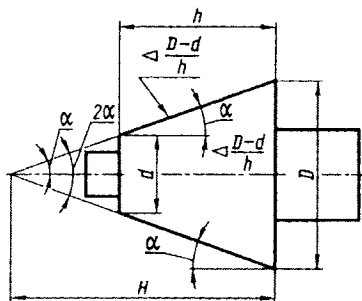


Рис. 2.4.4

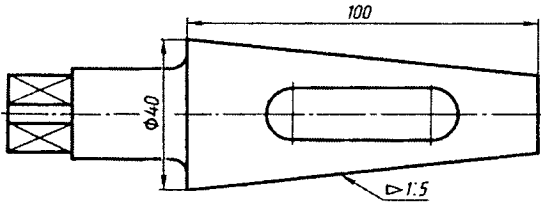


Рис. 2.4.5

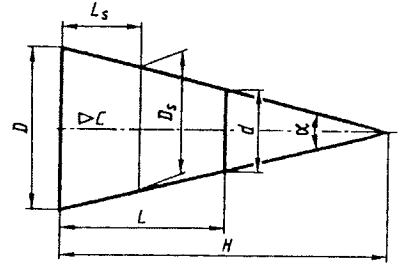


Рис. 2.4.6

(див. рис. 2.4.4), тобто $C = D/H$, а для зрізаного конуса — відношення різниці між діаметрами кіл основ до висоти (відстані між центрами цих основ): $C = (D - d)/h$. Неважко помітити, що конусність дорівнює двом тангенсам кута нахилу твірних конуса до його осі: $C = D/H = 2 \operatorname{tg} \alpha$.

Конусність, як і похил, виражається простим та десятковим дробом або в процентах. Числове значення конусності записують на поличці лінії-виноски, розміщеної паралельно осі конуса або на осі (див. рис. 2.4.4). Перед розмірним числом ставиться знак конусності — рівнобедрений трикутник, вершина якого спрямована в бік вершини конуса.

На рис. 2.4.5 показано один з можливих варіантів нанесення розмірів форми та положення зовнішнього конуса деталі.

Величину і форму конуса позначають, наносячи три з зазначених нижче розмірів (рис. 2.4.6):

- діаметр D більшої основи;
- діаметр d меншої основи;
- діаметр D_s у заданому поперечному перерізі з заданим осьовим положенням;
- довжину L конуса;
- кут α конуса;
- конусність C .

Допускається вказувати також додаткові розміри як довідкові.

2.5. ПОБУДОВА СПРЯЖЕНЬ

Спряженням прийнято називати плавний перехід між двома лініями (між прямою лінією і дугою або між двома дугами). Точка, в якій відбувається плавний перехід, називається точкою спряження.

Спряження двох прямих ліній. У графічних побудовах, особливо при зображенні креслень литих деталей, виникає потреба у виконанні плавних переходів від однієї прямої лінії до іншої.

Спряження сторін прямого кута (див. рис. 2.5.1). Щоб побудувати спря-

ження двох взаємно перпендикулярних прямих a і b дугою кола заданого радіуса R , опишемо з точки перетину прямих, як із центра, дугу радіусом R до перетину з цими прямими в точках A і B . З цих точок перетину, як із центрів, тим самим радіусом проведемо дуги до взаємного перетину в точці O . З точки O радіусом R проведемо дугу спряження. Точки A і B будуть точками спряження.

На рис. 2.5.2 наведено креслення прокладки, на якому описане спряження виконано радіусами 15 і 10 мм.

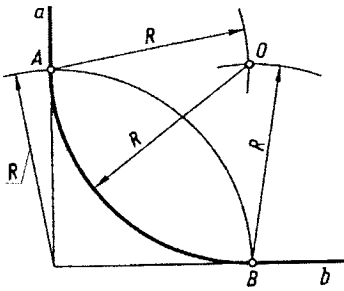


Рис. 2.5.1

Спряження сторін гострого кута (рис. 2.5.3). Щоб побудувати спряження двох прямих a і b , що перетинаються під гострим кутом, дугою заданого радіуса R спочатку визначимо центр спряження. Для цього на відстані R проведемо прямі, паралельні сторонам кута, до перетину в точці O . З центра O опустимо перпендикуляри на задані прямі й одержимо точки спряження A і B . Тоді з точки O , як із центра, опишемо дугу радіусом R , яка й буде дугою спряження.

На рис. 2.5.4 наведено креслення деталі, у якій спряження гострого кута виконано радіусом 25 мм.

Спряження сторін тупого кута (рис. 2.5.5). Як і в попередньому випадку, для визначення центра спряження проведемо на відстані R прямі, паралельні сторонам кута, до перетину в точці O . З центра спряження (точка O) опустимо перпендикуляри на задані прямі й одержимо точки спряження A і B . З центра спряження опишемо дугу радіусом R , яка й буде дугою спряження.

На кресленні скоби (див. рис. 2.5.6) показано використання спряження прямих, що перетинаються під тупим кутом ($R = 26$ мм).

На рис. 2.5.7 наведено креслення рукоятки, де застосовано розглянуті випадки спряжень: прямого кута

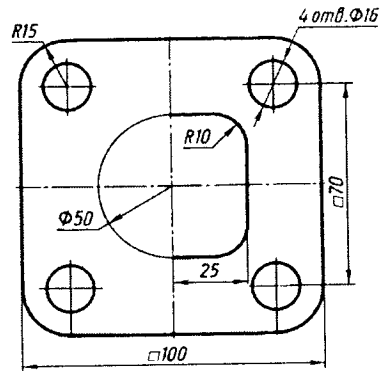


Рис. 2.5.2

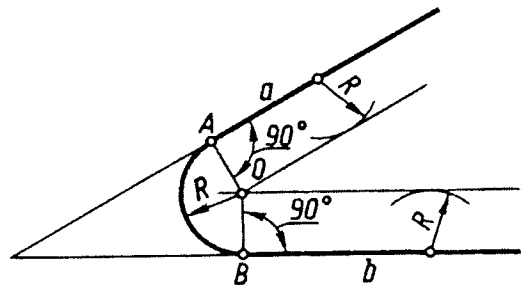


Рис. 2.5.3

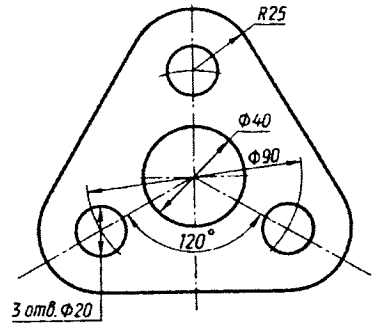


Рис. 2.5.4

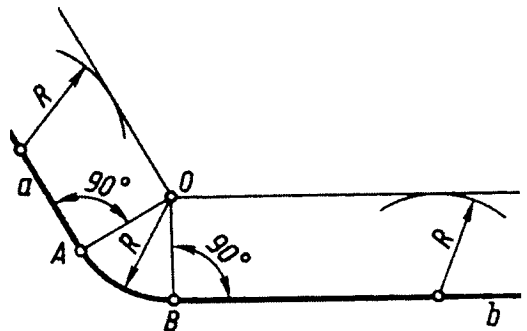


Рис. 2.5.5

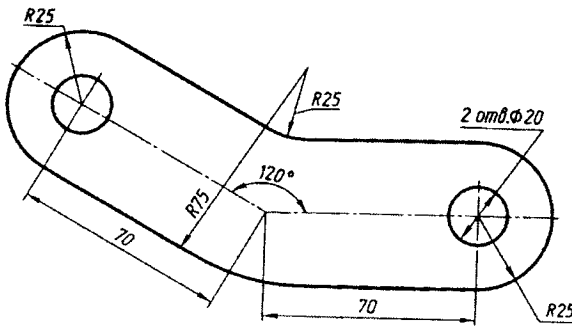


Рис. 2.5.6

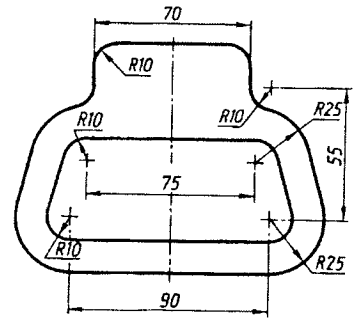


Рис. 2.5.7

($R = 10$ мм), гострого кута ($R = 25$ мм) та тупого кута ($R = 10$ мм).

Спряження двох паралельних прямих (рис. 2.5.8). Щоб виконати спряження двох паралельних прямих a і b дугою радіуса R , на одній із прямих задамо точку спряження A . Потім опустимо з цієї точки перпендикуляр на пряму b й одержимо другу точку спряження B . Поділимо відрізок AB навпіл і з точки O , як із центра, проведемо дугу спряження радіусом $R = OA$.

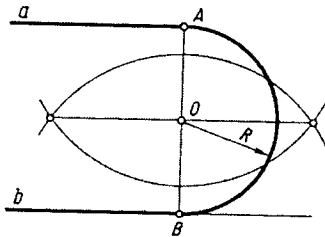


Рис. 2.5.8

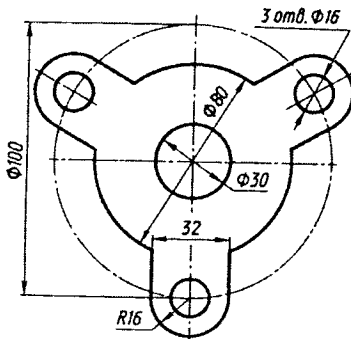


Рис. 2.5.9

На рис. 2.5.9 наведено креслення фланця, де радіусом 16 мм спряжено паралельні прямі.

Спряження прямої з колом. Спряження може бути зовнішнім або внутрішнім.

Спряження прямої з колом радіуса R_1 , якщо задано радіус дуги спряження R . З центра O_1 (рис. 2.5.10) проведемо допоміжну дугу радіусом $R_1 + R$ до перетину з прямою, проведеною паралельно прямій a на відстані R . Одержимо точку O_2 — центр спряження. З'єднавши центри O та O_2 , в перетині з заданим колом матимемо одну з точок спряження A . Опустимо перпендикуляр з центра спряження O_2 на пряму a й одержимо другу точку спряження B . З центра O_2 проведемо дугу спряження радіусом R . У даному разі маємо зовнішнє спряження, оскільки $O_1O_2 = R_1 + R$.

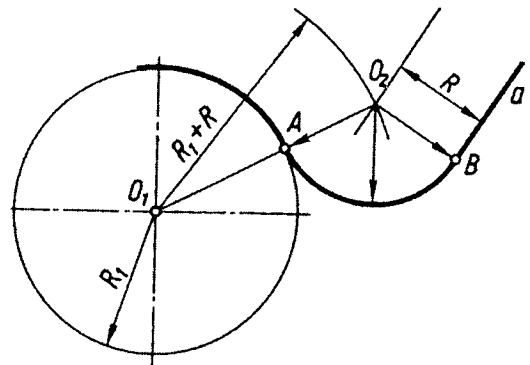


Рис. 2.5.10

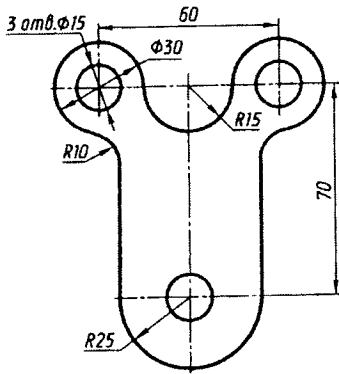


Рис. 2.5.11

На рис. 2.5.11 зображено прокладку, контур якої має зовнішнє спряження кола ($R = 30$ мм) з прямою за допомогою дуги ($R = 10$ мм).

На рис. 2.5.12 показано побудову внутрішнього спряження, коли $O_1O_2 = R_1 - R$. У цьому разі допоміжну дугу проводимо з центра кола O_1 радіусом $R_1 - R$ до перетину з прямою, проведеною паралельно прямій a на відстані R . Одержану точку O_2 — центр спряження з'єднаємо з центром заданого кола O_1 і в перетині з колом одержимо точку спряження A . Опустивши перпендикуляр з центра спряження O_2 на пряму a , в перетині відстанемо другу точку спряження B . З точки O_2 проведемо дугу спряження радіусом R .

На рис. 2.5.13, де зображено контур стояка, виконано внутрішнє спряження вертикальної лінії з колом діаметра 30 мм дугою радіуса $R = 80$ мм.

Спряження двох кіл. У графічних побудовах можливі два випадки спряження двох кіл:

- 1) задано радіус спряження;
- 2) задано точку спряження на одному з кіл.

Спряження може бути зовнішнім, внутрішнім і змішаним.

Умовами можливості розв'язання задач на побудову спряжень двох кіл є:

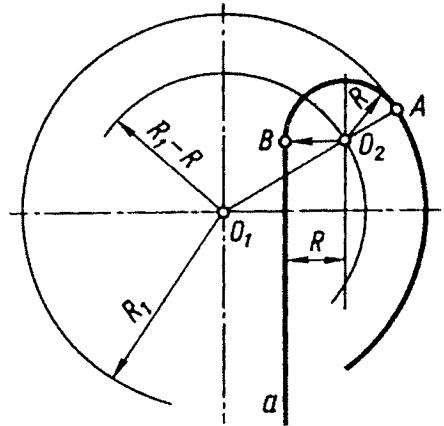


Рис. 2.5.12

- для зовнішнього спряження
$$R > \frac{O_1O_2 - (R_1 + R_2)}{2};$$
- для внутрішнього спряження
$$R > \frac{(R_1 + R_2) - O_1O_2}{2};$$
- для змішаного спряження
$$R > \frac{O_1O_2 + (R_1 - R_2)}{2}.$$

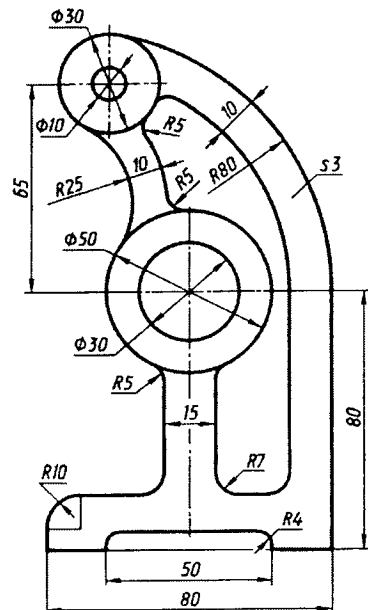


Рис. 2.5.13

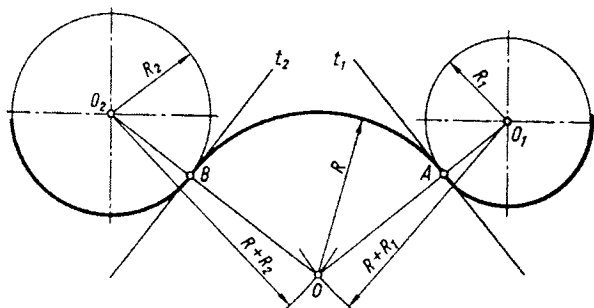


Рис. 2.5.14

Зовнішнє спряження двох кіл радіусів R_1 і R_2 дугою заданого радіуса R . При зовнішньому спряженні спряжувані дуги розміщені з зовнішнього боку дуги спряження і з різних боків дотичних t_1 і t_2 — на рис. 2.5.14 наведено приклад побудови зовнішнього спряження дуг двох кіл радіусів R_1 і R_2 за допомогою дуги радіуса R . З центра O_2 радіусом $R + R_2$, а з центра O_1 радіусом $R + R_1$ проведемо дуги до перетину в точці O . Точки спряження A і B лежать на лініях, що з'єднують точку O з центрами дуг O_1 та O_2 . З точки O , як із центра, проводимо дугу спряження радіусом R .

На рис. 2.5.15 зображено контур важеля, в якому кола діаметрів 34 мм і

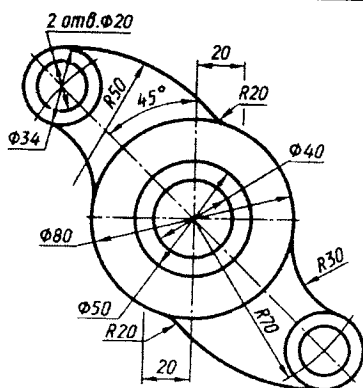


Рис. 2.5.15

80 мм спряжені зовнішньою дугою радіуса 30 мм.

Внутрішнє спряження двох кіл радіусів R_1 і R_2 дугою заданого радіуса R . Внутрішнє спряження двох дуг третьою дугою характеризується тим, що спряжувані дуги розташовані всередині дуги спряження, тобто дуга спряження і спряжувані дуги лежать з одного боку дотичних t_1 і t_2 , проведених через точки спряження (рис. 2.5.16). З центра O_2 проведемо дугу радіусом $R - R_2$, а з центра O_1 — радіусом $R - R_1$. У перетині цих дуг

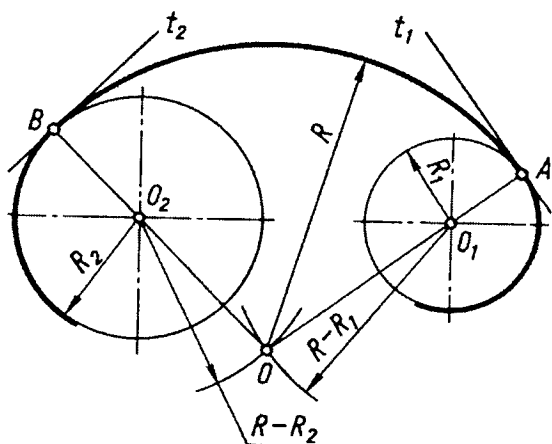


Рис. 2.5.16

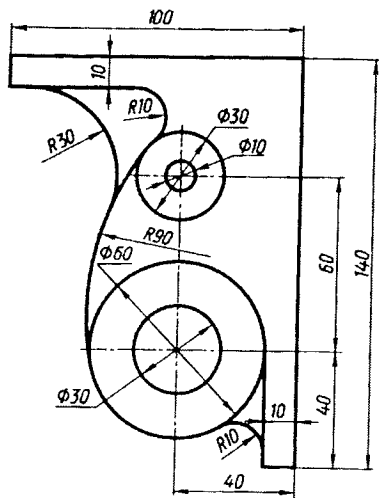


Рис. 2.5.17

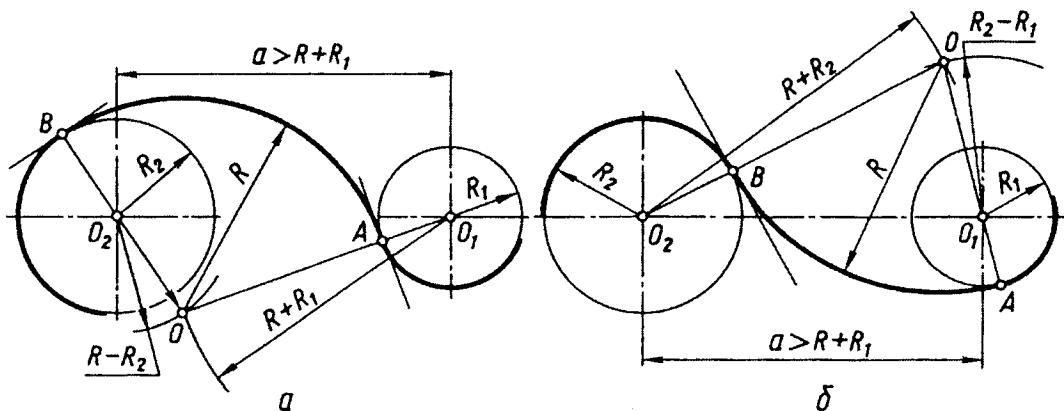


Рис. 2.5.18

одержимо точку O — центр дуги спряження. Точки спряження A і B лежать на прямих, що з'єднують точку O з центрами заданих кіл O_2 та O_1 . З точки O , як із центра, проводимо дугу спряження радіусом R .

На рис. 2.5.17 зображено кронштейн, обрис якого має внутрішнє спряження двох кіл діаметром 60 мм і 30 мм дугою спряження радіуса 90 мм.

Змішане спряження двох кіл радіусів R_1 і R_2 дугою заданого радіуса R . Змішане спряження двох даних дуг третьою характеризується тим, що одна спряжувана дуга розміщена всередині дуги спряження, а друга — поза нею (рис. 2.5.18, а). З центра O_2 проведемо дугу радіусом $R - R_2$, а з центра O_1 — радіусом $R + R_1$. Перетини проведених дуг є центром дуги спряження. Точки спряження A і B лежать в перетині кіл з прямими OO_1 та OO_2 . Дуга спряження має з дугою радіуса R_2

внутрішнє спряження, а з дугою радіуса R_1 — зовнішнє.

На рис. 2.5.18, б побудовано змішане спряження цих же дуг, однак при цьому дуга спряження має з дугою радіуса R_2 зовнішнє спряження, а з дугою радіуса R_1 — внутрішнє. Побудова аналогічна рис. 2.5.18, а.

На рис. 2.5.19 зображено контур гака, у якого дуги радіусів 90 мм і 58 мм спряжені дугою радіуса 18 мм. Дуга R_{18} з дугою R_{58} має зовнішнє спряження, а з дугою R_{90} — внутрішнє.

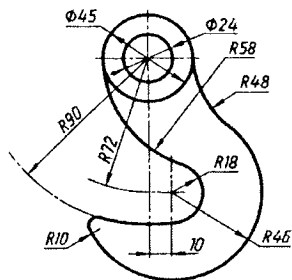


Рис. 2.5.19

2.6. ПОБУДОВА ЛЕКАЛЬНИХ КРИВИХ

У практиці виконання креслень зображення технічних форм обмежують контурами, які містять криволінійні елементи — циркульні або лекальні. Елемен-

ти лекальних кривих креслять по ряду точок, що їм належать, які з'єднують плавною лінією — спочатку від руки на око, а потім обводять за допомогою лекал.

Найбільш часто в техніці використовують такі криві, як еліпси, параболи й гіперболи (перерізи поверхні конуса різними площинами), циклоїди, епіциклоїди, гіпоциклоїди, кардіоїди, евольвенти кола, спіралі Архімеда, синусоїди, косинусоїди. Зазначені криві розміщуються в площинах, тому називаються плоскими на відміну від просторових кривих.

У разі потреби ці криві можна креслити, використовуючи їхні рівняння. При цьому деякі криві, наприклад еліпс, параболу, гіперболу, зручно задавати рівняннями, що виражають функціональну залежність між абсцисою x і ординатою y . Епіциклоїду і гіпоциклоїду зручно виражати рівняннями, в яких x і y є функціями центрального кута φ з вершиною на початку координат. Спіраль Архімеда можна креслити, користуючись рівняннями, вираженими в полярній системі координат.

Еліпс. У найзагальнішому вигляді еліпс утворюється при перерізі площиною всіх твірних колового циліндра або конуса.

Еліпсом називається геометричне місце точок площини, сума відстаней від кожної з яких до двох даних точок F і F_1 (фокусів) цієї площини є величиною сталою, більшою, ніж відстань між фокусами, і дорівнює $2a$ (рис. 2.6.1), тобто $FE + EF_1 = 2a$. Відстань $2c$ між фокусами F і F_1 еліпса називається фокусною. Точка перетину осей еліпса називається його центром, а точки перетину осей з еліпсом — його вершинами. Відрізки, що з'єднують протилежні вершини еліпса і дорівнюють відповідно $2a$ і $2b$, називаються великою і малою осями. Відрізки, що з'єднують фокуси еліпса з точками кривої, назива-

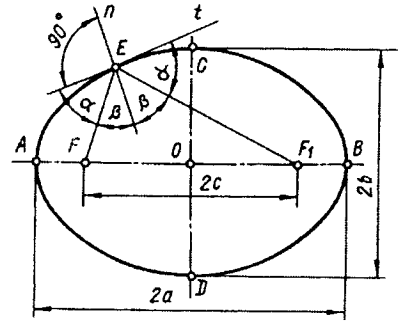


Рис. 2.6.1

ються радіусами-векторами. Рівняння еліпса:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

де $b^2 = a^2 - c^2$.

Дотична t до еліпса утворює однакові кути з радіусами-векторами точки дотику E , а нормаль n ділить кут між радіусами-векторами на два однакові кути.

Побудова еліпса за двома його осями. Задано осі еліпса — велику AB і малу CD (див. рис. 2.6.2, а). З точки D як із центра радіусом, що дорівнює половині великої осі, опишемо дугу кола і визначимо фокуси еліпса F і F_1 . Потім між точками F і O виберемо довільні точки E, G, H, \dots , кожна з яких дає змогу побудувати чотири точки еліпса. Взявши за центри фокуси F і F_1 , робимо засічки радіусами, що дорівнюють відстаням від точки A до довільної точки (наприклад, H) і від точки B до тієї ж точки. З'єднавши побудовані точки плавною кривою за допомогою лекал, одержимо еліпс.

За заданими двома осями еліпс можна побудувати й іншим способом, використавши властивості еліпса як проекції кола. З центра O еліпса (див. рис. 2.6.2, б) опишемо два кола, діаметри яких дорівнюють великій і малій осям еліпса. З центра проведемо пучок

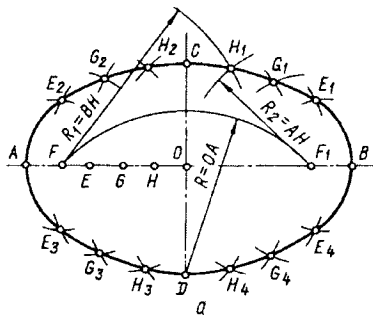


Рис. 2.6.2

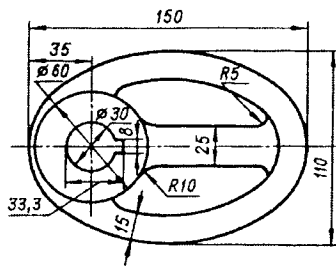
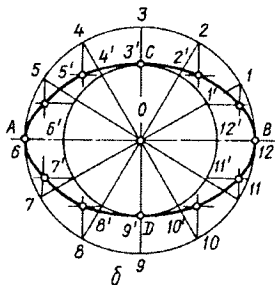


Рис. 2.6.3

променів до перетину з описаними колами в точках 1, 2, 3, ... та 1', 2', 3', ... З точок 1, 2, 3, ... проведемо прямі, паралельні малій осі еліпса, а з точок 1', 2', 3', ... — паралельні великій осі. Перетин відповідних пар цих прямих визначає ряд точок, з'єднавши які плавною кривою, одержимо шуканий еліпс.

На рис. 2.6.3 зображено деталь, зовнішній контур якої має вигляд еліпса.

Парабола. Параболою називається крива, кожна точка якої розміщена на однаковій відстані від заданої прямої (директриси) і від фокуса. Параболу можна одержати, перерізуючи коловий конус площиною, паралельною одній з його твірних. На рис. 2.6.4 лінія KN — директриса, а точка F — фокус параболи. Вершина параболи — точка O — повинна бути на однаковій відстані від директриси і від фокуса, тобто $KO = OF = p/2$; отже, точка O лежить на середині відрізка KF .

Будь-яка точка параболи розташована від фокуса F і від директриси KN на однаковій відстані, тобто для будь-якої точки M можна записати: $FM = MN$. Якщо провести осі координат через точку O , то одержимо рівняння параболи

$$y^2 = 2px,$$

де p — відстань від фокуса F до директриси — параметр параболи.

Точки параболи зручно знаходити за формулою

$$y = \pm \sqrt{2px},$$

одержаною з попереднього рівняння. Знаючи x і y , наносять точку в даній системі осей координат. Наприклад, для точки M при $p = 24$ мм і $x = 37$ мм.

$$y = \pm \sqrt{2 \cdot 24 \cdot 37} \approx \pm 42 \text{ мм.}$$

Побудова параболи за заданою вершиною O , віссю Ox і точкою P , що лежить на обрисі параболи (див. рис. 2.6.4). Через точку O проведемо вісь Oy , а через точку P — лінію, паралельну осі Ox . Поділимо відрізок OB на кілька рівних частин, наприклад на 5, і на стільки ж частин відрізок BD . Після цього з вершини параболи O проведемо промені до точок 1, 2, 3, 4, 5, а з точок 1', 2', 3', 4', 5' — лінії, паралельні осі Ox , до перетину з цими похилими променями.

Відмічаючи послідовно точки перетину чергового променя з відповідною лінією, паралельною осі Ox , намітимо точки параболи. Наприклад, точка E параболи лежатиме на перетині похилого променя O_2 з лінією, що виходить з точки $2'$ і проходить паралельно осі Ox .

Щоб визначити на заданій параболі графічним способом положення її

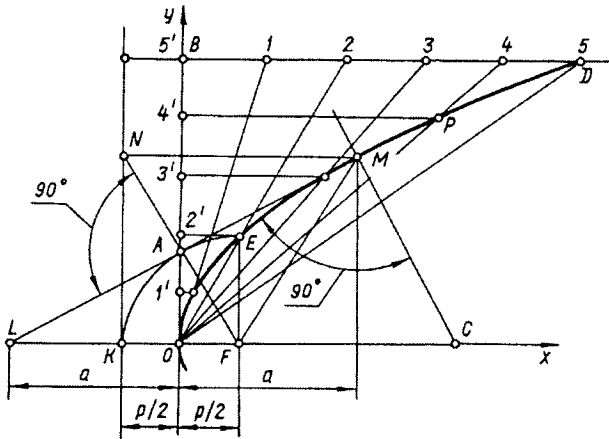


Рис. 2.6.4

фокуса F і директриси KN , виконаємо такі дії. Виберемо на параболі довільну точку M , потім від вершини параболі O відкладемо на осі Ox вліво абсцису точки M і проведемо пряму LM , яка є дотичною до параболі в точці M . У точці A , в якій проведена дотична LM перетне вісь Oy , встановимо перпендикуляр NA до дотичної (нормаль NAF), у точці перетину цього перпендикуляра з віссю Ox одержимо шуканий фокус параболі — точку F . Точка N належить директриси і являє собою точку перетину перпендикуляра FN з прямою, проведеною через точку M паралельно осі Ox . Точка E , що лежить на лінії FE , паралельній осі Oy , розміщена від фокуса F на відстані $EF = FK = p$.

Побудова параболі за заданими фокусом і директрисою. Через фокус F параболі (рис. 2.6.5) проведемо її вісь перпендикулярно до директриси. Поділивши відрізок FA навпіл, визначимо вершину параболі O . На осі від точки O в напрямку фокуса намітимо ряд довільних точок на відстані, що поступово збільшуватиметься. Через ці точки проведемо прямі, паралельні директрисі. З фокуса, як із центра, опишемо дуги кіл радіусами, що дорівнюють відстаням

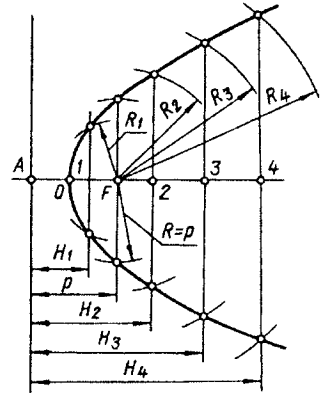


Рис. 2.6.5

між відповідними вертикальними прямими і директрисою. У перетині дуг з відповідними вертикальними прямими лежатимуть точки, що належать параболі. З'єднуючи ці точки плавною лінією, одержимо параболу.

На рис. 2.6.6 зображено деталь, у якій контур ребра має форму параболі.

Гіпербола. Це лекальна крива, у якій різниця між відстанями від будь-якої її точки до двох заданих точок-фокусів є величиною сталою (див. рис. 2.6.7).

Гіперболу можна одержати, перерізуючи поверхню колового конуса площиною, паралельною двом будь-яким його твірним. Гіпербола має два відгалуження. Точки F_1 і F_2 — фокуси гіперболи, точки A_1 і A_2 — її вершини. Виходячи з визначення, для будь-якої точки M , яка належить гіперболі, можна написати рівність:

$$F_2M - F_1M = A_1A_2.$$

Положення точок гіперболи можна визначити з рівняння:

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x^2 - a^2},$$

де a — половина відстані між вершинами гіперболи; $b = \sqrt{c^2 - a^2}$; c — половина відстані між її фокусами.

Для точки M при $x = 35$ мм, $a = 15$ мм і $c = 23$ мм отримаємо $y = \pm 36$ мм.

Відстань між вершинами гіперболи A_1 і A_2 є розміром дійсної осі гіперболи — $2a$. Уявна вісь проходить через центр гіперболи O перпендикулярно до дійсної осі. Розмір уявної осі — $2b$.

Існує ряд способів графічної побудови гіперболи. Доцільно розглянути деякі найбільш поширені з них.

Побудова гіперболи за заданою дійсною віссю A_1A_2 та фокусною відстанню F_1F_2 . Описавши на відрізку F_1F_2 (рис. 2.6.7), як на діаметрі, півколо й опустивши перпендикуляри з точок A_1 і A_2 до осі Ox , одержимо точки C_1 і C_2 , через які пройдуть лінії, що називаються асимптотами гіперболи. Відкладемо від точки F_1 вправо відрізки довільного розміру й помітимо точки 1, 2, 3, ..., n . Після цього визначимо

точки гіперболи. Щоб побудувати точки N і N' лівого відгалуження гіперболи, з фокуса F_1 , як із центра, опишемо дугу радіусом $R_1 = A_2n$, а із фокуса F_2 — дугу радіусом $R_2 = A_1n$. Точки N і N' гіперболи розміщені в точках перетину цих дуг. Аналогічно одержимо інші точки лівого відгалуження гіперболи в точках перетину дуг відповідних кіл, радіуси яких дорівнюють відстаням від вершин A_2 та A_1 до довільно вибраної на осі x точки.

Обидва відгалуження гіперболи розміщені симетрично відносно уявної осі Oy , що можна використати при кресленні другого її відгалуження, коли одне з відгалужень уже побудоване по точках.

Циклоїда. Якщо на колі круга, що котиться без ковзання по прямій, позначити точку, то ця точка переміщуватиметься по кривій, яка називається циклоїдою.

Циклоїдні криві застосовують у машинобудуванні при кресленні траєкторій переміщення деталей, які здійснюють обертальний і рівномірний поступальний рух. Крім циклоїди, до циклоїдних кривих належить кардіоїда та ін.

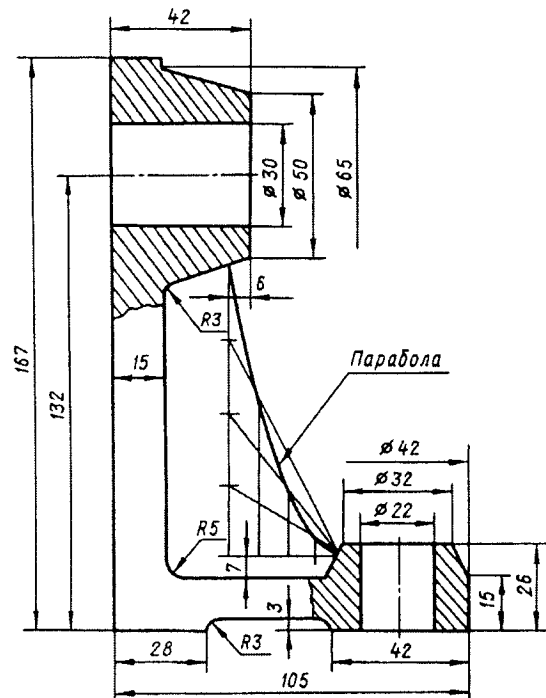


Рис. 2.6.6

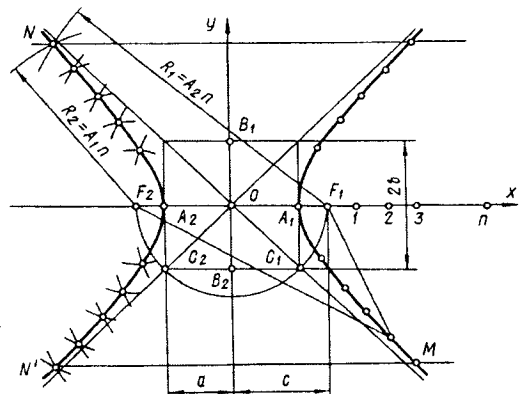


Рис. 2.6.7

Рівняння циклоїди:

$$x = R \cdot \arccos \frac{R-y}{R} - \sqrt{y(2R-y)}.$$

Побудова циклоїди за заданим діаметром d твірного кола. Побудуємо циклоїду в такому порядку (рис. 2.6.8). З центра O опишемо коло й поділимо його на кілька однакових частин, наприклад на шість. Праворуч від точки A по горизонтальній осі відкладемо довжину кола, розраховану за формулою $L = \pi d$, де d — діаметр кола, й поділимо відкладений відрізок AA_6 на стільки ж однакових частин.

З точок $1_1 \dots 6_1$ проведемо вертикальні лінії, паралельні осі Oy , а з точок поділу кола — горизонтальні лінії, паралельні осі Ox . До початку переміщення нижня точка кола розміщується безпосередньо під його центром. Після того як коло перекотиться праворуч на одну поділку, центр перейде з точки O в точку 1_0 і займе місце над точкою 1_1 , а вихідна точка A , перекотившись на $1/6$ кола, підніметься на одну поділку вгору і займе положення, позначене точкою A_1 . Коли коло перекотиться на дві поділки, його центр переміститься ще далі праворуч і розміститься в точці 2_0 над точкою 2_1 а точка A з положення A_1 переміститься ще вище і займе положення A_2 і т.д.

Отже, провівши з кожного нового положення центра кола, що переміщується, дугу до перетину з відповідною лінією, проведеною паралельно горизонтальній через точки поділу кола,

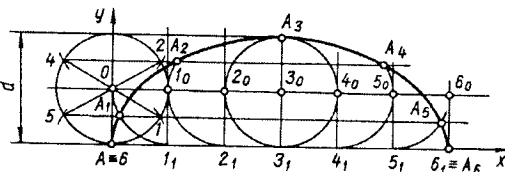


Рис. 2.6.8

дістанемо точки $A_1 \dots A_6$, що належать циклоїді. Ці точки треба сполучати спочатку від руки на око плавною лінією, а потім за допомогою лекала.

Епіциклоїда. Траєкторія точки кола A , що перекочується без ковзання зовні нерухомого кола B (рис. 2.6.9), називається епіциклоїдою. Коло A буде твірним, а коло B — напрямним. Епіциклоїду застосовують у машинобудуванні при кресленні зубчастих коліс. За епіциклоїдою описують головку зубця.

Рівняння епіциклоїди:

$$x = (R + r) \cdot \cos \varphi - r \cdot \cos \frac{R+r}{r} \varphi;$$

$$y = (R + r) \cdot \sin \varphi - r \cdot \sin \frac{R+r}{r} \varphi,$$

де R — радіус напрямного кола; r — радіус твірного кола; φ — кут повороту твірного кола.

Побудова епіциклоїди за заданими радіусами кіл — напрямного R і твірного r . Епіциклоїду будемо в такому порядку (рис. 2.6.9). Ділимо коло A на рівні частини, наприклад на шість. Довжину кола A , підраховану за формулою $L = d$, де d — діаметр кола A , відкладемо від точки C по дузі кола B . Для цього визначаємо центральний кут, який відповідає дузі завдовжки L кола B , із пропорції

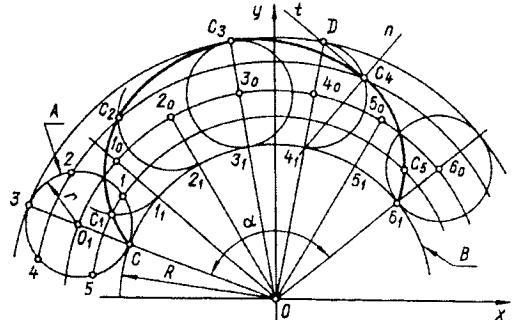


Рис. 2.6.9

$$\frac{\alpha}{360} = \frac{L}{\pi D},$$

де D — діаметр кола B . Підставляючи в одержану формулу значення L , отримуємо:

$$\alpha = \frac{360d}{D}.$$

Поділимо дугу C_6B_1 також на шість рівних частин. З центра O кола B через точки $1_1 \dots 6_1$ проведемо радіуси. З точки O опишемо дуги через усі точки поділу $1 \dots 6$ кола A .

При перекочуванні центр кола A , тобто точка O_1 займатиме послідовно положення $1_0 \dots 6_0$ і точка C , що розташовувалась раніше в місці дотику кола A з колом B , переміщуватиметься, описуючи епіциклоїду $C \dots 6_1$.

Після переміщення центра кола A праворуч на одну поділку з точки O_1 в точку 1_0 точка C опиниться в точці C_1 . Після переміщення центра кола A праворуч на дві поділки в точку 2_0 точка C займе положення C_2 і т. д. Отже, для визначення точок епіциклоїди треба з кожного нового положення центра кола A , тобто з точок $1_0 \dots 6_0$, описати дуги до перетину з відповідними колами радіусів O_1, O_2, O_3, \dots , проведенними з центра O кола B .

Гіпоциклоїда. Траєкторія точки деякого твірного кола A , що перекочується без ковзання по нерухомому колу B всередині нього, називається гіпоциклоїдою (рис. 2.6.10). Гіпоциклоїда застосовується в машинобудуванні: вона входить складовою частиною в профіль зубця зубчастого колеса.

Рівняння гіпоциклоїди:

$$x = (R - r) \cdot \cos \varphi - r \cdot \cos \frac{R - r}{r} \varphi;$$

$$y = (R - r) \cdot \sin \varphi - r \cdot \sin \frac{R - r}{r} \varphi,$$

де R — радіус напрямного кола; r — радіус твірного кола; φ — кут повороту твірного кола.

Побудова гіпоциклоїди за заданими радіусами кіл: напрямного R і твірного r . Гіпоциклоїду побудуємо таким чином (рис. 2.6.10). Поділимо коло A на шість рівних частин. Довжину кола A відкладемо праворуч від точки C по дузі кола B і дугу C_6B_1 поділимо теж на шість рівних частин, отримуючи по колу B точки $C, 1_1, \dots, 6_1$. Креслячи гіпоциклоїду, не обов'язково визначати величину центрального кута, що відповідає довжині кола A , яке перекочується, але потрібно відкласти розмісальним циркулем по напрямному колу шість разів хорду, яка дорівнює $1/6$ частині кола A .

Далі з центра кола B , тобто з точки O , через одержані точки проведемо радіуси і з цього ж центра O опишемо дуги, які проходять через усі точки поділу кола A . З точок $1_0 \dots 6_0$ проведемо дуги до перетину з відповідними колами, описаними з центра кола B . У місцях перетину позначимо точки $C_1 \dots C_6$ гіпоциклоїди.

Кардіоїда. Це епіциклоїда, у якої діаметри твірного й напрямного кіл однакові.

Рівняння кардіоїди:

$$x = r (2 \cos \varphi - \cos 2\varphi);$$

$$y = r (2 \sin \varphi - \sin 2\varphi),$$

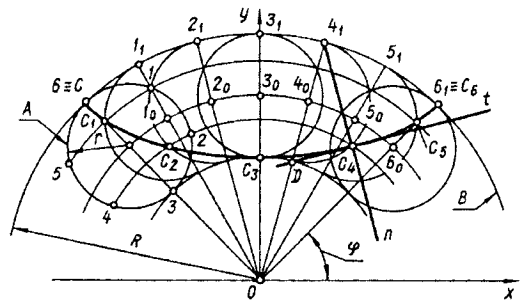


Рис. 2.6.10

де r — радіус твірного й напрямного кіл; φ — кут повороту твірного кола.

Побудова кардіоїди за заданими діаметрами d напрямного і твірного кіл. Поділимо напрямне коло (рис. 2.6.11) на довільну кількість частин, наприклад на дванадцять. З точок поділу 1...12 проведемо лінії через початкову точку дотику 7 напрямного і твірного кіл. На цих лініях від точок 1..12 відкладемо відрізок d , який дорівнює діаметрові обох кіл. Точки 1'...12' належать кардіоїді. З'єднаємо їх за допомогою лекала.

Евольвента кола. Траєкторія, що описується кожною точкою прямої лінії, яка перекочується по колу без ковзання, називається евольвентою кола. У машинобудуванні евольвентою окреслюють профіль головок зубців зубчастих коліс. Евольвенту описує кінець непружної нитки, яка намотана на круг і розмотується у натягнутому стані. Тому евольвенту часто називають розгорткою кола.

Рівняння евольвенти кола:

$$x = r \cos \varphi + r \varphi \cdot \sin \varphi;$$

$$y = r \sin \varphi + r \varphi \cdot \cos \varphi,$$

де r — радіус кола; φ — кут повороту радіуса кола.

Побудова евольвенти кола за заданим діаметром d . Щоб побудувати евольвенту (рис. 2.6.12), коло з центром у точці O поділимо на кілька однакових частин, у даному разі — на дванадцять. У точках 2...12 проведемо дотичні до кола. Точки евольвенти знаходимо, виходячи з того, що при

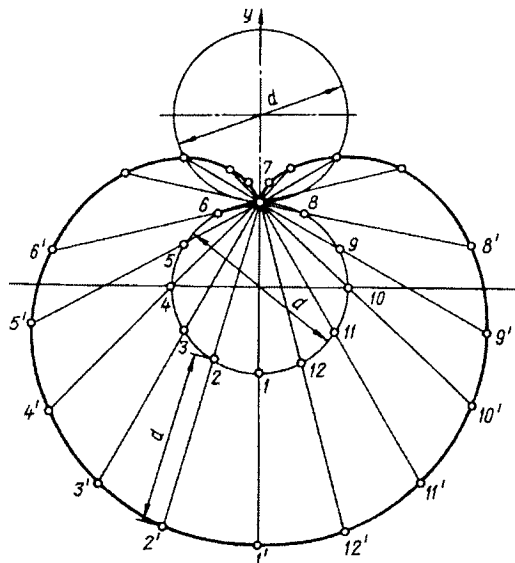


Рис. 2.6.11

розгортанні кола точка B_2 повинна розміщуватись на відстані $2B_2$ від точки 2, яка дорівнює довжині дуги між точками 1 і 2, а точка B_3 — на відстані від точки 3, яка дорівнює довжині дуги між точками 3, 2 і 1 чи подвійному розмірові попередньої дуги і т. д.

Якщо коло поділене на більшу кількість частин, то різниця між величинами дуги та хорди, яка стягує цю дугу, порівняно невелика, тому на

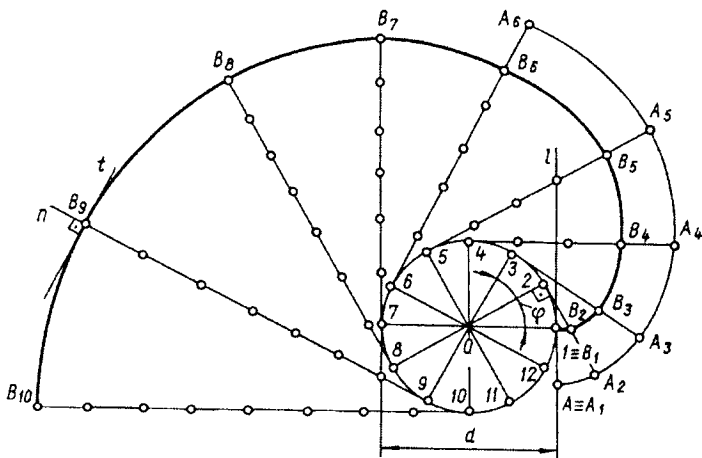


Рис. 2.6.12

дотичних у цих випадках можна відкласти хорду, виміряну розмічальним циркулем. На першій дотичній відкладемо від точки 2 одну хорду, взяту між точками 1 і 2, на другій — від точки 3 дві хорди, на третій — три і т. д.

Проте точне положення точок евольвенти буде в тому разі, коли на дотичних відкладатимемо не хорди, а відповідні дуги, визначені за формулою $a = \pi d/n$, де n — кількість частин, на які поділене коло, а d — діаметр прямого кола.

Одержавши ряд точок евольвенти, з'єднаємо їх плавною лінією. Будь-яка точка прямої l при перекочуванні її без ковзання по колу рухається по евольвенті. На рис. 2.6.12 тонкою лінією накреслено евольвенту, яка описується точкою A .

Спіраль Архімеда. Цю криву можна розглядати як траєкторію точки, що рухається рівномірно-поступально по радіусу круга, який рівномірно обертається. Отже, крива являє собою геометричне місце точок, радіус-вектор яких змінюється пропорційно куту обертання.

Рівняння спіралі Архімеда в полярній системі координат:

$$r = a\varphi,$$

де r — радіус-вектор; a — крок спіралі, або відстань, яку проходить точка по радіусу за один повний оберт; φ — кут обертання.

Побудова спіралі Архімеда за заданим центром O і кроком спіралі a . З центра O (рис. 2.6.13) опишемо коло радіусом $R = a$. Поділимо коло на певну кількість рівних частин, наприклад на вісім (точки $1' \dots 8'$). На стільки ж частин поділимо крок спіралі (радіус $O8'$) і на ньому позначимо точки $1 \dots 8$.

З центра O радіусами $O1 \dots O8$ проведемо дуги кіл, точки перетину яких з відповідними радіусами-векторами належать спіралі. Наприклад, дуга, проведена через точку $3'$, перетинається з радіусом-вектором, що проходить через точку 3 ; на їх перетині розміщується точка A_3 , що належить спіралі.

Синусоїда і косинусоїда. Синусоїдою називається крива, що зображує зміну синуса залежно від зміни його аргументи — кута.

Рівняння синусоїди:

$$y = \sin \alpha.$$

Креслити синусоїду доводиться досить часто, наприклад, при точному зображенні проекцій гвинтових поверхонь (черв'яків, лопастей гвинтових конвеєрів, гребних гвинтів і т. ін.), при кресленні графіків так званих гармонійних коливальних процесів, синусоїдних кулачкових механізмів тощо.

Побудова синусоїди й косинусоїди за заданим діаметром кола d . На рис. 2.6.14 синусоїда, виражена формулою $y = \sin \alpha$, зображена товстою лінією. Побудуємо коло діаметра d і

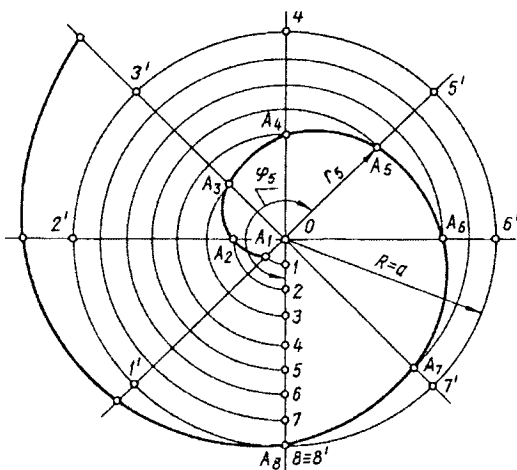


Рис. 2.6.13

нанесемо осі координат x і y . Вісь x проведемо через центр кола, а вісь y розмістимо збоку від нього. Від початку координат O на осі x відкладемо відрізок OC , що дорівнює довжині кола d . Поділимо коло і відрізок OC на однакову кількість рівних частин, у даному разі — на дванадцять.

Після цього через точки поділу кола проведемо прямі, паралельні осі x , до перетину їх з відповідними прямими, проведеними з точок $2' \dots 12'$ паралельно осі y .

Відкладений на осі x відрізок OC , що дорівнює довжині кола, називається періодом синусоїди, а ордината найвіддаленішої від осі x точки, наприклад A і B , має назву амплітуди (розмаху) синусоїди. При побудові період OC часто вибирають незалежно від розміру амплітуди (радіуса кола).

Тонкою лінією на рис. 2.6.14 накреслено косинусоїду, виражену формулою $y = \cos \alpha$. Косинусоїда має такий же вигляд, що й синусоїда, але зсунута від неї на чверть періоду, тобто на $\pi/2$, оскільки $\cos = \sin(\pi/2 - \alpha)$. Період косинусоїди часто вибирають довільно.

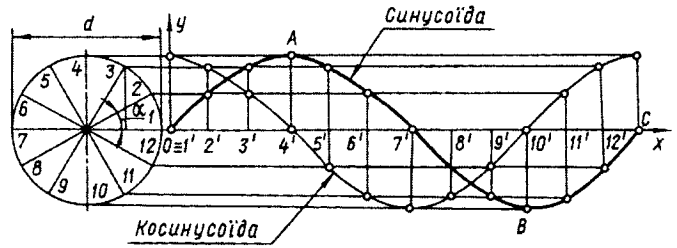


Рис. 2.6.14

Побудова дуг великого радіуса за допомогою лекала. Для побудови дуги великого радіуса, яка проходить через три задані точки A, B, C (рис. 2.6.15, а), з точки C опустимо перпендикуляр CO на хорду AB і з'єднаємо прямою точки A і C . З точки A проведемо пряму $AD \perp AC$ до перетину її з прямою CD , проведеною паралельно хорді AB , і пряму $AE \perp AB$. Поділимо відрізок AE на кілька однакових частин, наприклад на чотири, і з'єднаємо точки поділу $1'', 2'', 3''$ з точкою C . Далі поділимо на стільки ж однакових частин відрізки OA та CD і з'єднаємо точки поділу прямими $1'1, 2'2, 3'3$. На перетині цих прямих з однойменними променями $C1'', C2'', C3''$ одержимо точки A_1, A_2, A_3 , що належать шуканій дузі, яку проведемо за допомогою лекала. Аналогічно побудуємо й другу половину дуги.

Дугу великого радіуса можна побудувати й іншим способом (рис. 2.6.15, б). З точки O опишемо півколо радіусом, що дорівнює OC . Половину дуги півкола поділимо на рівні частини (наприклад, на чотири) і з'єднаємо точки поділу $1, 2, 3$ з точкою D . На стільки ж рівних частин поділимо кожну половину хорди

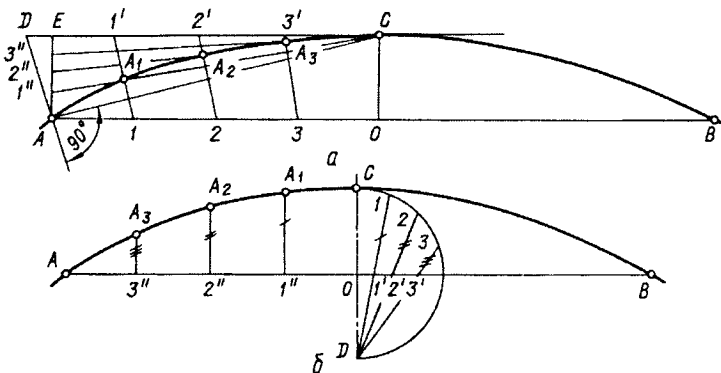


Рис. 2.6.15

і з точок поділу $1''$, $2''$, $3''$ встановимо перпендикуляри. Відклавши на перпендикулярах відрізки, що дорівнюють $11'$, $22'$, $33'$, отримаємо точки A_1 , A_2 , A_3 (і симетричні їм на другому боці лінії OC), що належать шуканій дузі кола. Ці точки з'єднаємо за допомогою лекала.

Побудова кривої за допомогою лекал. Не часто вдається одразу провести по лекалу всю криву лінію. Доводиться підбирати ділянки лекала для кількох (не менше трьох) суміжних точок, потім ділянку лекала для наступної групи суміжних точок, включаючи останню точку з попередньої групи і т. д. На рис. 2.6.16 показано прийом проведення кривої AP за допомогою трьох лекал — L_1 , L_2 , L_3 : для ділянки AC використано лекало L_1 , для ділянки CK — лекало L_2 , для ділянки KP — лекало L_3 . Перекриття на ділянках BC і KL забезпечує плавність кривої. Доцільно не змикати відразу окремі ділянки кривої, а зали-

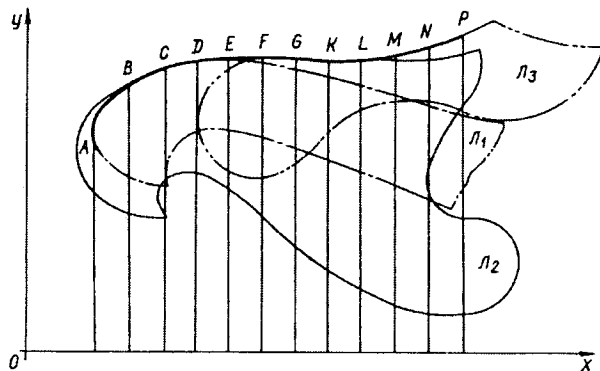
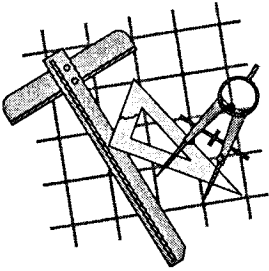


Рис. 2.6.16

шати невеликі проміжки, які потім заповнити за допомогою лекала, а в деяких випадках — і від руки. Завдяки цьому вдається уникнути утворення кутів у зображенні кривої.

Перед обведенням кривої за допомогою лекала слід провести плавну криву від руки, а потім уже підібрати відповідні ділянки лекала й обводити.

В основному доводиться застосовувати не одне лекало, а кілька, вибираючи для кожної ділянки кривої найбільш відповідне лекало, а на ньому — найбільш відповідну криву.



Розділ 3 ОФОРМЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА КРЕСЛЕННЯХ

3.1. ВИДИ ЗОБРАЖЕНЬ

Методи побудови та читання креслень ґрунтуються на теорії прикладної геометрії. Зображення предметів виконують за методом прямокут-

ного проєкціювання, хоча в деяких випадках застосовують і косокутне проєкціювання.

При зображенні предмета припускають, що він розташований між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій (рис. 3.1.1, а).

Основними площинами проєкцій вважають шість граней куба, які суміщуються з площиною креслення (рис. 3.1.1, б). Зображення на площині 1 (фронтальній площині проєкцій) приймають за головне. Предмет розміщують відносно фронтальної площини так, щоб зображення на ній давало найповніше уявлення про форму й розміри предмета. Площину 6 можна також розміщувати біля площини 4.

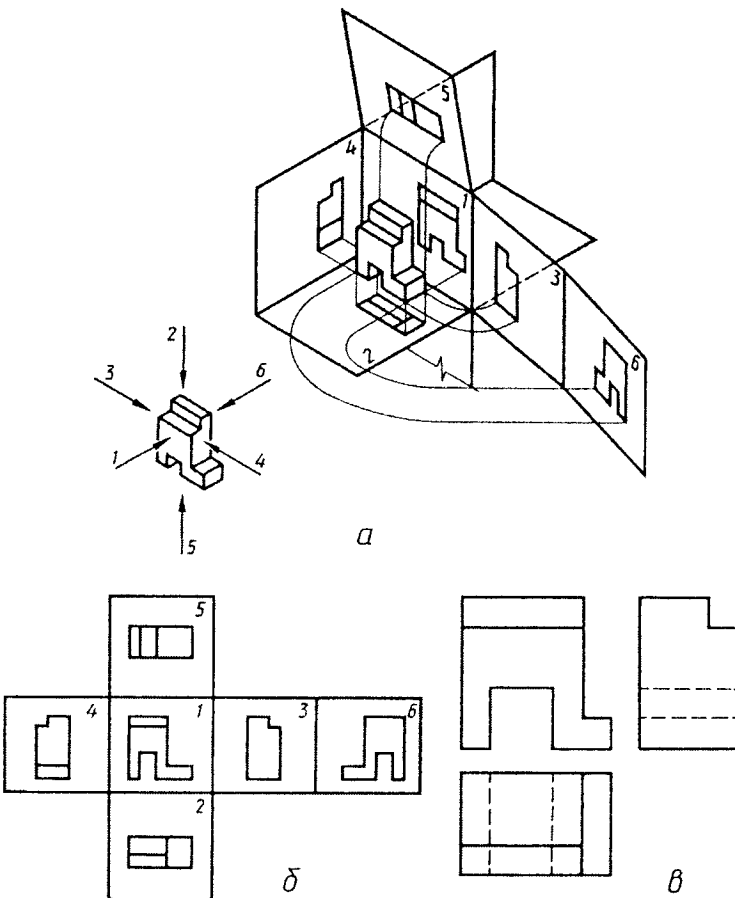


Рис. 3.1.1

Зображення на кресленні залежно

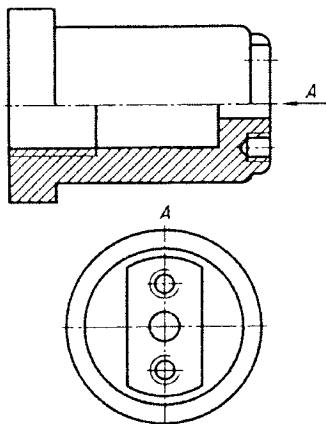


Рис. 3.1.2

від їхнього змісту поділяються на вигляди, розрізи та перерізи.

Вигляди. Зображення видимої частини поверхні предмета, що повернена до спостерігача, називається виглядом. На виглядах можна показувати штриховими лініями й невидимі елементи предмета, якщо вони не є складними (рис. 3.1.1, в). Розрізняють основні, додаткові та місцеві вигляди.

Якщо предмет проєкціюється на основні площини проєкцій, то матимемо основні вигляди. Встановлено такі назви основних виглядів (див. рис. 3.1.1, а, б): 1 — вигляд спереду (головний); 2 — вигляд зверху; 3 — вигляд зліва; 4 — вигляд справа; 5 — вигляд знизу; 6 — вигляд ззаду.

Якщо вигляди предмета розміщені у проєкційному зв'язку, на кресленні їхню назву не пишуть. Якщо ж вони зміщені відносно головного зображення, то їх позначають великою літерою (наприклад, "А"), а напрямок погляду показують стрілкою (рис. 3.1.2). Креслення оформляють так само, коли основні вигляди відокремлені від головного зображення іншими зображеннями або розміщені не на одному аркуші з ним.

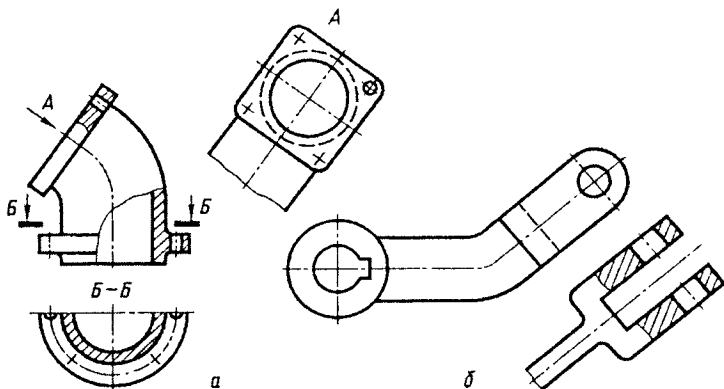


Рис. 3.1.3

Додаткові вигляди отримують при проєкціюванні предмета на площини, не паралельні жодній з основних площин проєкцій. Додатковий вигляд застосовують, коли якусь частину виробу не можна показати на жодному з основних виглядів, не спотворивши її форму й розміри (рис. 3.1.3).

На кресленні додатковий вигляд позначають великою літерою (наприклад, "А"), а біля зображення предмета, яке пов'язане з додатковим виглядом, ставлять стрілку, що показує напрямок погляду, і відповідну літеру (рис. 3.1.3, а). Співвідношення розмірів стрілки, яка показує напрямок погляду, наведено на рис. 3.1.4. Розмір шрифту для позначення беруть приблизно у два рази більшим за розміри цифр розмірних чисел. Якщо додатковий вигляд розміщено в безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням (рис. 3.1.3, б), то стрілку і напис над виглядом не ставлять. Додатковий вигляд можна повертати, але, як правило, зі збереженням положення, прийнятого для фігури на головному зображенні. При цьому позначення вигляду має бути доповнене умовним графічним знаком

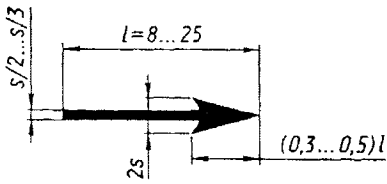


Рис. 3.1.4

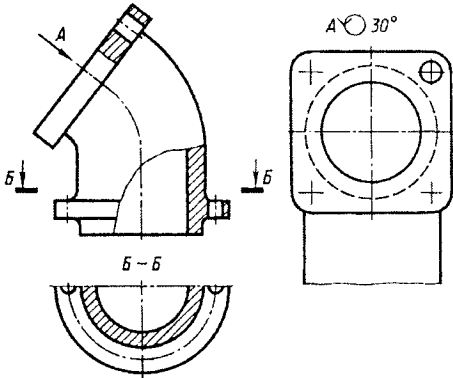


Рис. 3.1.5

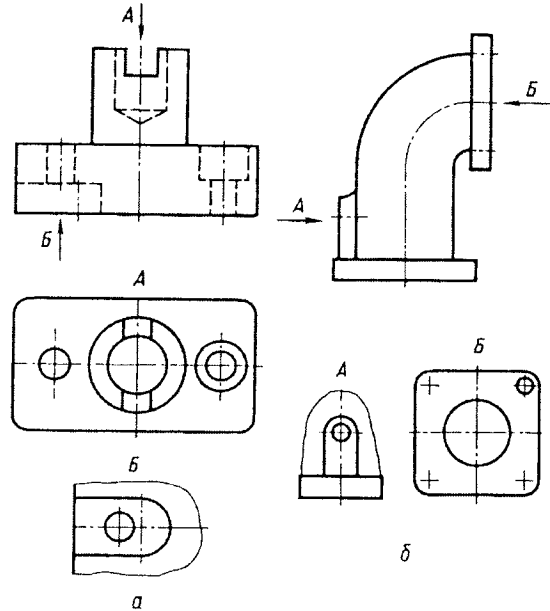


Рис. 3.1.6

○ у разі потреби зазначити кут обертання (рис. 3.1.5).

Місцевий вигляд — це зображення окремого, певного місця поверхні предмета, яке дістають при проєкцію-

ванні на одну з основних площин. Місцевий вигляд може обмежуватись лінією обриву. На кресленні його позначають так само, як і додатковий вигляд (рис. 3.1.6).

3.2. РОЗРІЗИ

Ортогональна проєкція предмета, уявно розрізаного однією або кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь, називається розрізом. На розрізі показують те, що розташоване в січній площині і за нею (див. рис. 3.2.1, а). Допускається зображувати не все, що розміщене за січною площиною, коли це не потрібно для з'ясування конструкції предмета (див. рис. 3.2.1, б).

Розріз виконують у такій послідовності:

1) у потрібному місці предмета уявно проводять січну площину (на рис. 3.2.2, а — площина П);

- 2) уявно відкидають частину предмета Б, що знаходиться між спостерігачем і січною площиною (див. рис. 3.2.2, б);
- 3) проєкціюють частину предмета А, що залишилася, на відповідну площину проєкцій і зображують її на місці одного з основних виглядів або на вільному полі креслення (див. рис. 3.2.2, в);
- 4) оформляють розріз згідно з правилами.

Залежно від положення січної площини розрізи бувають горизонтальні, вертикальні та похилі.

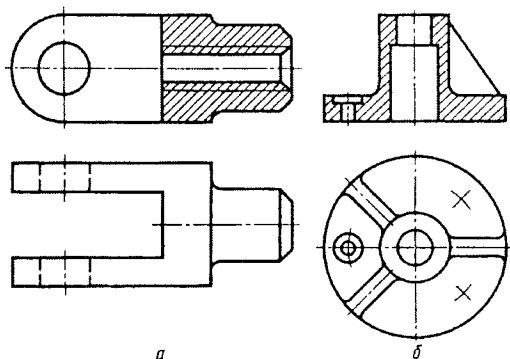


Рис. 3.2.1

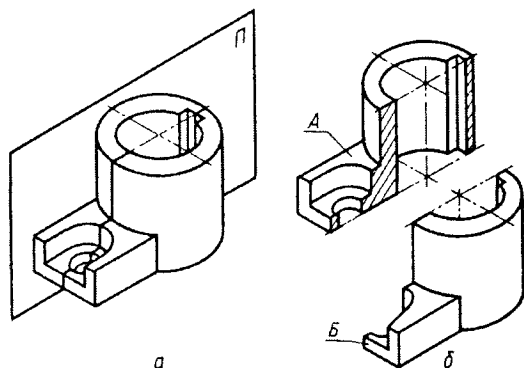


Рис. 3.2.2

Горизонтальний — це розріз, виконаний січними площинами, паралельними горизонтальній площині проєкцій (рис. 3.2.3).

Вертикальний розріз виконується січними площинами, перпендикулярними до горизонтальної площини проєкцій (див. розрізи на місці головного вигляду на рис. 3.2.1, 3.2.2; розрізи А-А і В-В на рис. 3.2.4; розрізи А-А, В-В і Г-Г на рис. 3.2.5).

До вертикальних розрізів належать два:

- **фронтальний** — січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій (див. рис. 3.2.2; розріз А-А на рис. 3.2.4);

- **профільний** — січна площина паралельна профільній площині проєкцій (див. розріз В-В на рис. 3.2.4).

Похилим є розріз, виконаний січною площиною, яка утворює з горизонтальною площиною проєкцій кут, що відрізняється від прямого (розрізи А-А і В-В на рис. 3.2.6).

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на прості (з однією січною площиною — див. рис. 3.2.4, 3.2.6 та розрізи В-В і Г-Г на рис. 3.2.5) і складні (з кількома січними площинами — див. розрізи А-А і В-В на рис. 3.2.5).

Складні розрізи бувають ступінчастими, коли січні площини паралельні

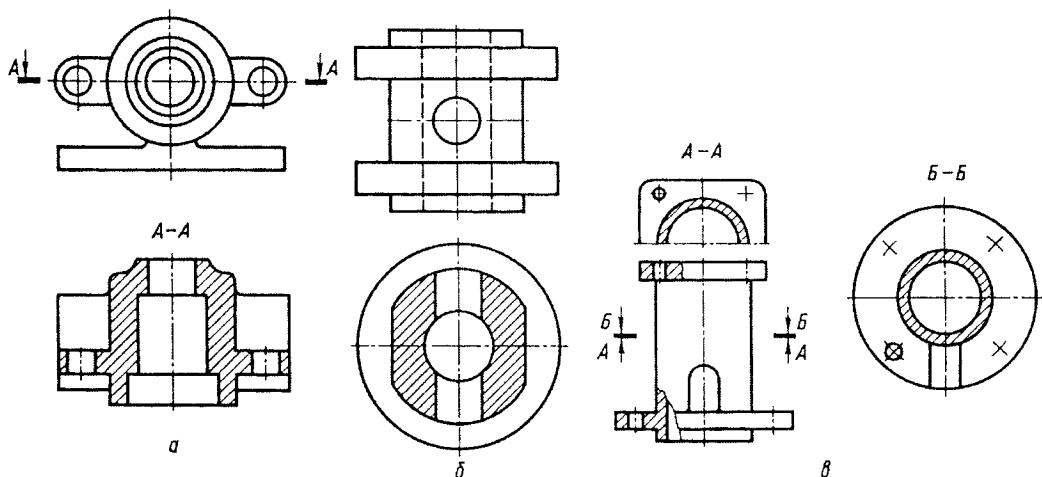


Рис. 3.2.3

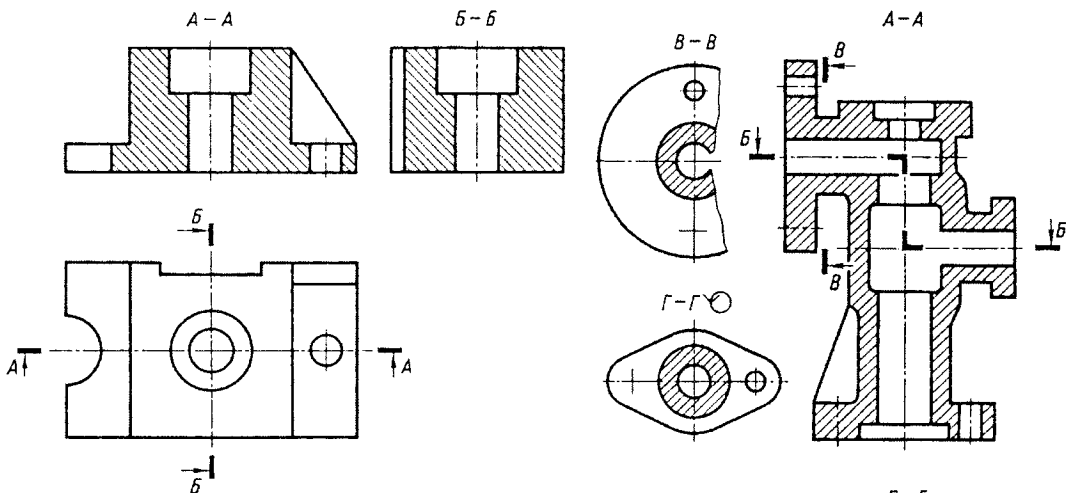


Рис. 3.2.4

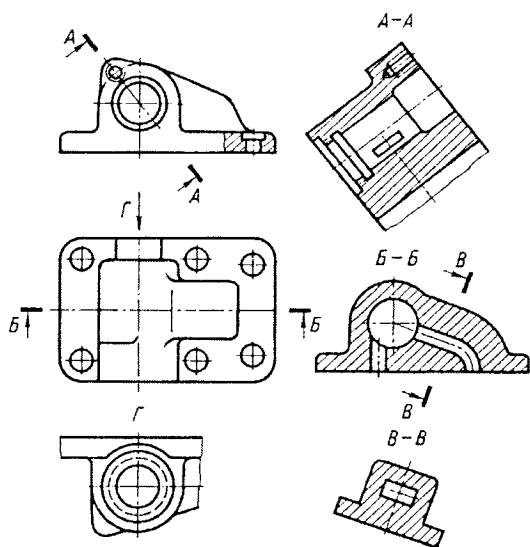


Рис. 3.2.6

(ступінчастий горизонтальний розріз $B-B$ на рис. 3.2.5, ступінчастий фронтальний розріз $A-A$ на рис. 3.2.7, а, ступінчастий профільний розріз $A-A$ на рис. 3.2.7, б), і ламаними, коли січні площини перетинаються (розрізи $A-A$ на рис. 3.2.5 і 3.2.9).

Розрізи називають поздовжніми, коли січні площини спрямовані

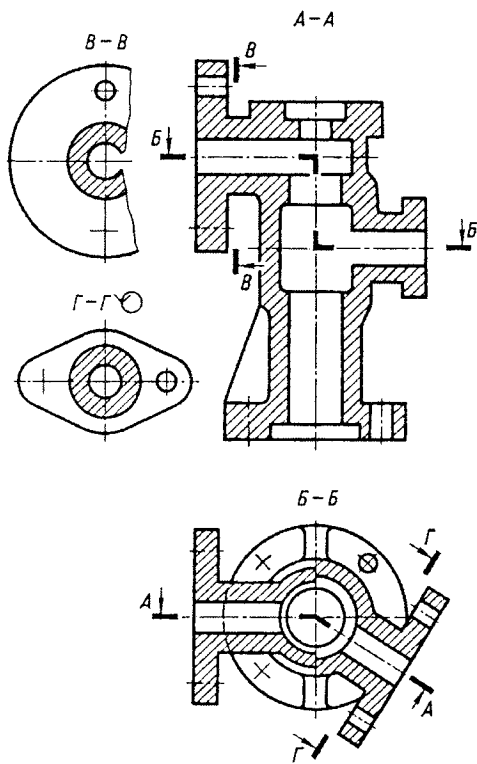


Рис. 3.2.5

вздовж висоти або довжини предмета (див. рис. 3.2.2), і поперечними, коли січні площини спрямовані перпендикулярно до довжини чи висоти предмета (див. розрізи $A-A$ і $B-B$ на рис. 3.2.3, в).

Положення січної площини на кресленні позначають лінією перерізу, для чого використовують розізмкнену лінію. Коли розріз простий, наносять лише початковий і кінцевий штрихи, довжину яких беруть у межах 8...20 мм, а товщину — від S до $1,5S$. Коли розріз складний, штрихи наносять і в місцях перетину лінії перерізу. Початковий і кінцевий штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. У початковому і кінцевому штрихах наносять стрілки, які показують напрямок погляду

(див. рис. 3.2.3...3.2.8). їх розміщують на відстані 2...3 мм від кінця штриха. У випадках, подібних до наведеного на рис. 3.2.3, в, стрілки наносять на одній лінії. Біля початку й кінця лінії перерізу, а коли потрібно, то і в місцях її перетину, ставлять одну й ту саму велику літеру українського алфавіту. Літери розміщують біля стрілок, а в місцях перетину — з боку зовнішнього кута. Виконаний розріз позначають написом типу А-А (двома літерами через тире).

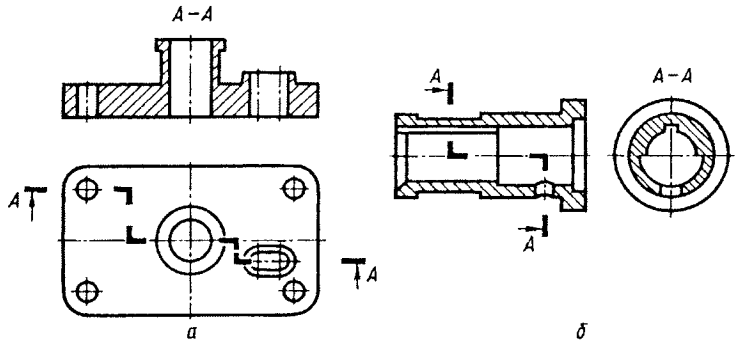


Рис. 3.2.7

Фронтальним і профільним розрізам, як правило, надають положення, що відповідає прийнятому для даного предмета на головному зображенні. Наприклад, на рис. 3.2.4 простий фронтальний розріз А-А розташований на місці вигляду спереду, а простий профільний В-В — на місці вигляду зліва. Вертикальний і похилий розрізи, коли січна площина не паралельна фронтальній чи профільній площинам проєкцій, треба будувати й розташовувати відповідно до напрямку, показаного стрілками на лінії перерізу. Розміщувати такі розрізи допускається на будь-якому місці поля креслення. Якщо розріз повернутий, то до напису додають знак \odot (див. розріз Г-Г на рис. 3.2.5).

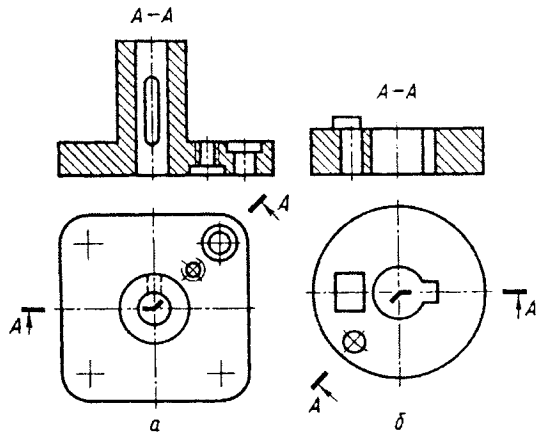


Рис. 3.2.8

Якщо січна площина повністю збігається з площиною симетрії предмета і відповідні зображення розміщені на одному й тому самому аркуші у безпосередньому проєкційному зв'язку й не розділені якимись іншими зображеннями, то для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів

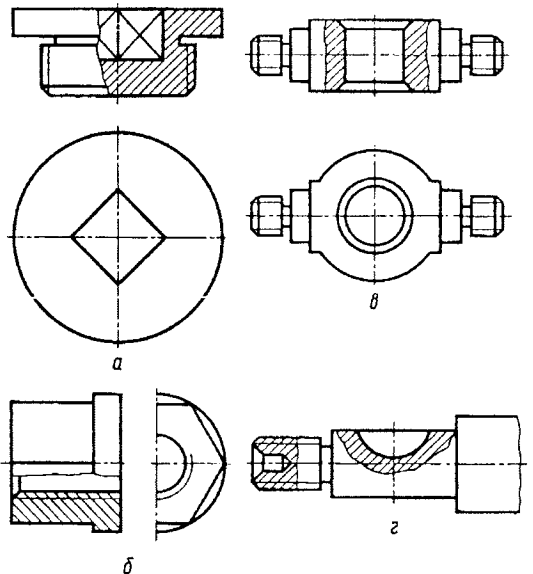


Рис. 3.2.9

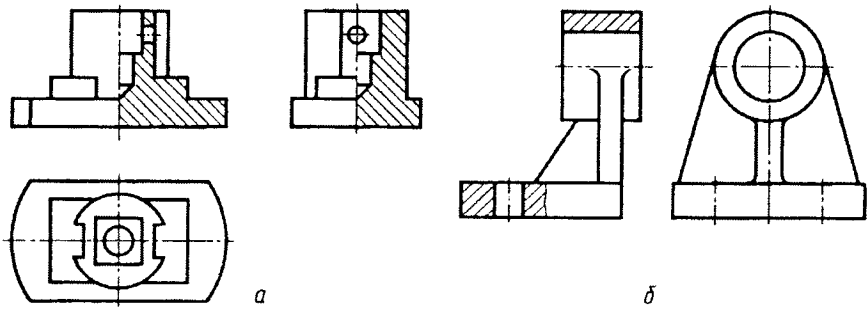


Рис. 3.2.10

положення січної площини не показують і розріз не супроводжують написом (наприклад, прості фронтальний і горизонтальний розрізи див. на рис. 3.2.1, 3.2.2 і 3.2.3, б).

Виконуючи ступінчасті розрізи, січні площини умовно повертають до суміщення в одну площину і зображення будують так, щоб вони розташовувалися в одній площині (див. розріз Б-Б на рис. 3.2.5).

Для ламаного розрізу січні площини теж умовно повертають до суміщення в одну площину; при цьому напрямок повороту може не збігатися з напрямком погляду. Якщо виявиться, що суміщені площини паралельні одній з основних площин проєкцій, то ламаний розріз допускається розміщувати на місці відповідного вигляду (див. рис. 3.2.5 і 3.2.8).

При повороті січної площини елементи предмета, розміщені за нею, креслять так, як вони проєкціюються

на відповідну площину (див. рис. 3.2.8). Допускається поєднувати частину вигляду й частину відповідного розрізу, розмежовуючи їх суцільною хвилястою лінією (див. рис. 3.2.9, а...в).

Розрізи, які допомагають з'ясувати будову предмета в окремому його місці, називають місцевими. Місцевий розріз виділяють на вигляді також суцільною хвилястою лінією (див. рис. 3.2.9, г), яка не повинна збігатися з лініями зображення.

Якщо поєднуються половина вигляду і половина розрізу, кожен з яких є симетричною фігурою, то лінією поділу буде вісь симетрії (штрихпунктирна тонка лінія, рис. 3.2.10, а). Допускається також поєднувати розріз і вигляд, розмежовуючи їх штрихпунктирною лінією (рис. 3.2.10, б), яка збігається зі слідом площини симетрії не всього предмета, а лише його частини, якщо ця частина є тілом обертання.

3.3. ПЕРЕРІЗИ

Ортогональна проєкція предмета, уявно розрізаного однією чи кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь, називається **перерізом**. На перерізі показують ли-

ше те, що є безпосередньо в січній площині (див. рис. 3.3.1, а). За січну площину допускається брати циліндричну поверхню, яку розгортають потім у площину (див. рис. 3.3.2, а).

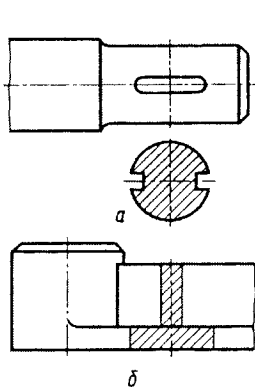


Рис. 3.3.1

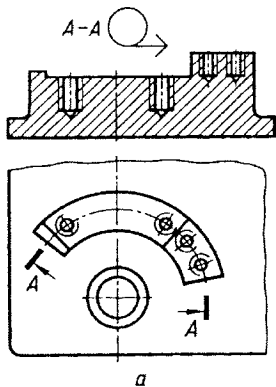
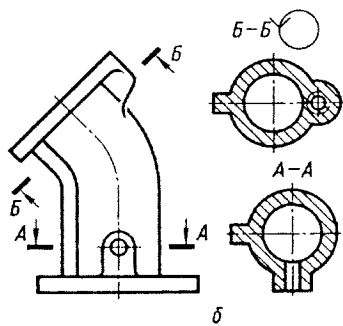


Рис. 3.3.2



Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на винесені (рис. 3.3.1, а) та накладені (рис. 3.3.1, б). Перевага надається винесеним перерізам. Контур винесеного перерізу виконують суцільною основною лінією, якою показують контур предмета. Переріз штрихують під кутом 45° до основного нахилу креслення. Контур накладеного перерізу зображують суцільною тонкою лінією, причому контур зображення в місці накладеного перерізу не переривають (рис. 3.3.1, б).

Лінію винесеного перерізу зображують так само, як і лінію розрізу (розімкнена зі стрілками, що показують

напрямок погляду), а сам переріз супроводжують написом типу А-А (рис. 3.3.2). Для симетричних перерізів, розміщених у розриві (рис. 3.3.3, а), лінію перерізу не зображують і переріз не підписують. У несиметричних перерізах, розміщених у розриві (рис. 3.3.3, б), лінію перерізу літерами не позначають.

За побудовою і розміщенням переріз повинен відповідати напрямку, який показують стрілки (рис. 3.3.2, б, переріз А-А). Допускається розміщувати переріз на будь-якому місці поля креслення, а також з поворотом, додаючи знак \odot (рис. 3.3.4, б, переріз Б-Б).

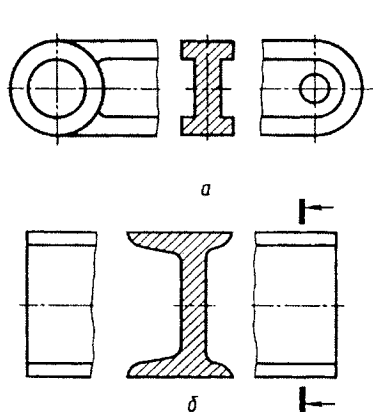


Рис. 3.3.3

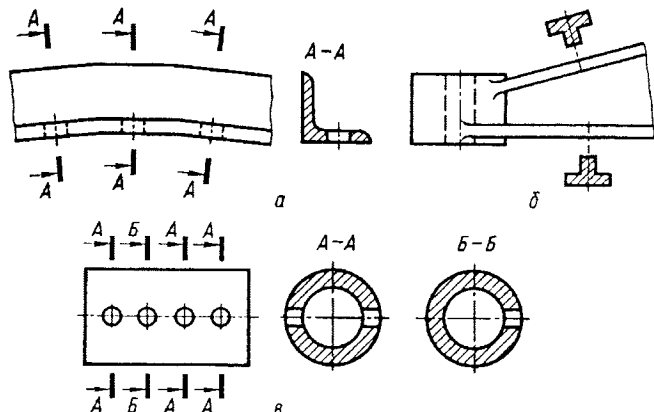


Рис. 3.3.4

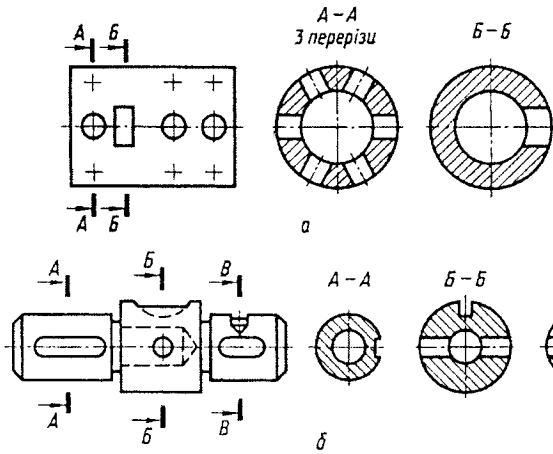


Рис. 3.3.5

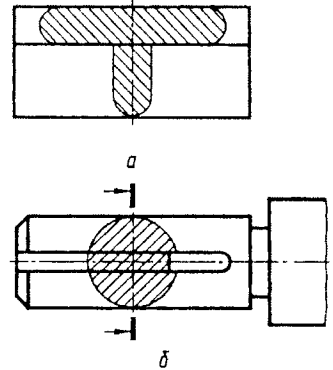


Рис. 3.3.6

Січні площини вибирають так, щоб мати нормальні (без спотворення) поперечні перерізи (див. рис. 3.3.4, а, б). Для однакових перерізів предмета лінії перерізу позначають однією й тією самою літерою (див. рис. 3.3.4, а, в) і креслять лише один переріз (на рис. 3.3.4, в переріз А-А). Якщо при цьому січні площини спрямовані під різними кутами, то знак \odot не наносять (див. рис. 3.3.4, б).

Якщо розташування однакових перерізів точно визначене зображенням або розмірами, допускається наносити одну лінію перерізу, а над зображенням перерізу зазначити їх кількість (рис. 3.3.5, а). У разі проходження січної площини через вісь поверхні обертання, яка обмежує отвір або заглиблення, контур цього отвору чи заглиблення у перерізі показують повністю (рис. 3.3.5, б, переріз В-В). Коли січна площина проходить через некруглий отвір і переріз складається з окремих самостійних частин, то застосовують розріз (рис. 3.3.5, б, розріз В-В). Вісь симетрії накладеного перерізу (рис. 3.3.6, а) показують штрихпунктирною тонкою лінією. Для несиметричних накладених перерізів лінію

перерізу зображують розізмкненою лінією зі стрілками, що показують напрямок погляду, але переріз не надписують (рис. 3.3.6, б).

Виносні елементи. Додаткове окреме, як правило збільшене зображення частини предмета для з'ясування його форми, розмірів, шорсткості поверхні та інших даних, називається **виносним елементом**.

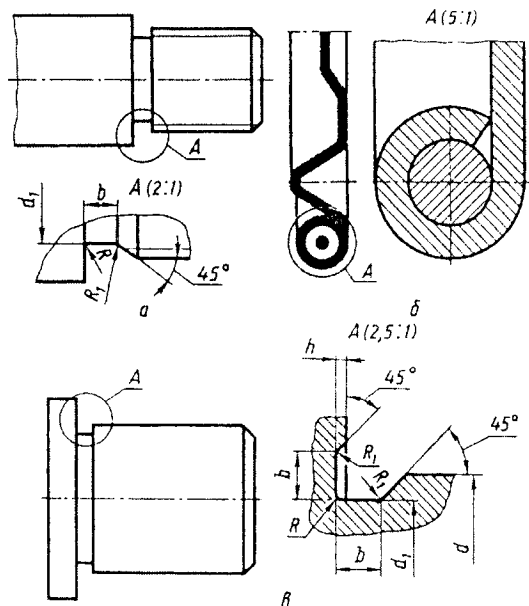


Рис. 3.3.7

Виносний елемент може мати деталі, не показані на відповідному зображенні (див. рис. 3.3.7, а, б), і може відрізнятися від нього своїм змістом (наприклад, зображення є виглядом, а виносний елемент — розрізом, рис. 3.3.7, в). Якщо потрібно, то біля виносного елемента можна показати додаткове зображення, яке його стосується. Виносний елемент треба роз-

міщувати якомога ближче до відповідного місця на зображенні. Застосовуючи виносний елемент, відповідне місце на вигляді, розрізі чи перерізі предмета обводять замкненою суцільною тонкою лінією — колом, овалом тощо. Від цієї лінії проводять тонку лінію — виноску з поличкою, на якій літерою позначають виносний елемент і масштаб зображення (див. рис. 3.3.7).

3.4. УМОВНОСТІ І СПРОЩЕННЯ

Щоб зекономити час і місце та полегшити виконання зображень на кресленні, застосовують умовності і спрощення.

Якщо зображення (вигляд, розріз, переріз) є симетричною фігурою, то на кресленні допускається показувати його половину (див. рис. 3.2.3, в, розріз А-А) або більше половини (див. рис. 3.3.5, розріз В-В); в останньому випадку зображення обмежують лінією обриву. Якщо предмет має кілька однакових рівномірно розташованих елементів (наприклад, отворів, пазів, зубців, шліців), то рекомендується повністю креслити один-два такі елементи (наприклад, один-два отвори, див. рис. 3.3.5), а решту показувати умовно або спрощено (рис. 3.4.1).

Допускається показувати частину предмета, наприклад, частину маховика (рис. 3.4.2, а) чи одну спицю (рис. 3.4.2, б), і вказувати кількість елементів, їхнє розташування і т. д. Можна спрощено зображувати проекції лінії перетину поверхонь, якщо не потрібна їх точна побудова (див. рис. 3.4.3). Плавний перехід від однієї поверхні до іншої зображують умовно суцільною тонкою лінією, яка не доходить до контуру зображення (див. рис. 3.4.3, в...д), або зовсім не показують (див. рис. 3.4.4).

Такі деталі, як болти, шпильки, заклепки, осі, шпонки, непорожнисті вали, клини і т. п., у поздовжньому розрізі показують нерозрізаними, а спиці маховиків, зубчастих коліс, шківів, тонкі стінки (ребра жорсткості)

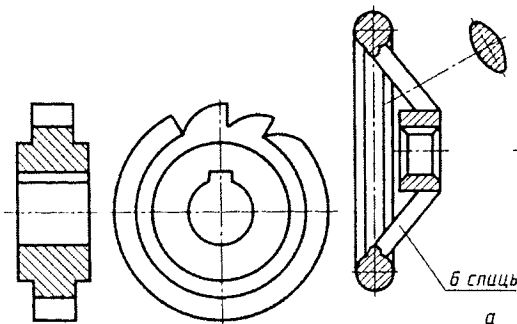


Рис. 3.4.1

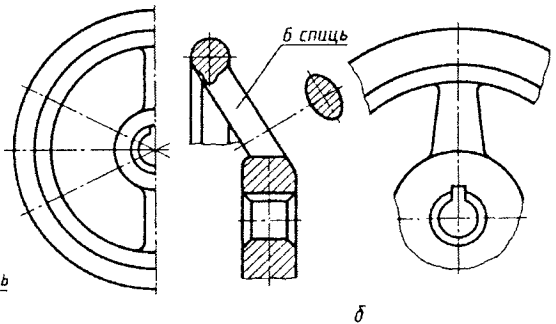


Рис. 3.4.2

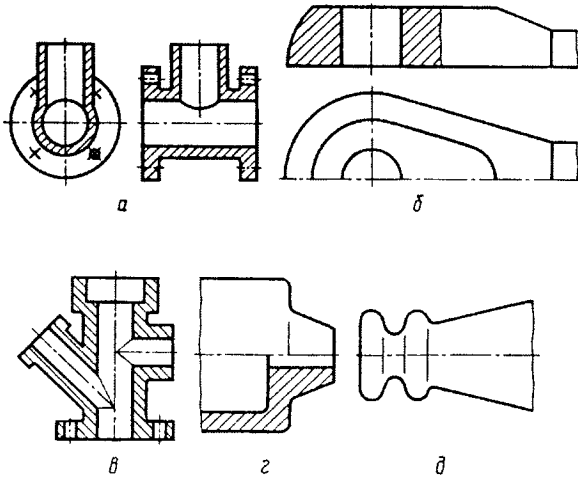


Рис. 3.4.3

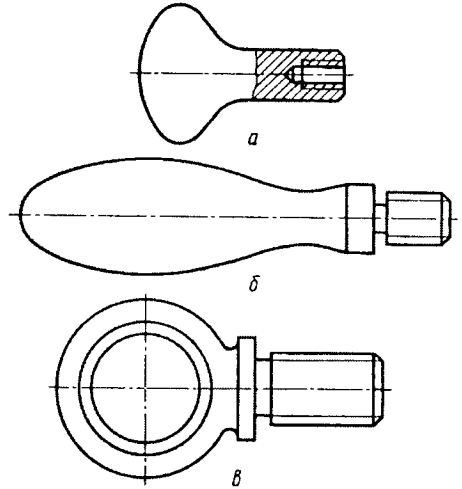


Рис. 3.4.4

зображують незаштрихованими (див. рис. 3.4.2, 3.4.5). Якщо в цих елементах є отвори, заглиблення, пази тощо, їх треба зображувати за допомогою місцевих розрізів (рис. 3.4.5). Фаски, отвори, пази, заглиблення і т. ін., а також тонкі деталі (менше 2 мм) слід зображувати, відступаючи від масштабу в бік збільшення. Невеликі конусність та похил рекомендується показувати зі збільшенням. На зображеннях з незначною конусністю чи похилом показують лише одну лінію, яка відповідає меншому розмірові елемента (рис. 3.4.6).

Для позначення плоских поверхонь на деталі рекомендується проводити діагоналі суцільними тонкими лініями (рис. 3.4.7). Довгі предмети або їхні окремі елементи з постійним чи закономірно змінним поперечним перерізом (вали, прутки, шатуни, прокат тощо) допускається зображувати з розривами, тобто умовно віддаляти середню частину деталі або елемента. На зображенні може бути один або кілька розривів (див. рис. 3.4.8). Сітки, рифлення, орнаменти та ін. допускається зображувати частково, спрощено. Рифлення зображують прямими тонкими лініями (див. рис. 3.4.9), а

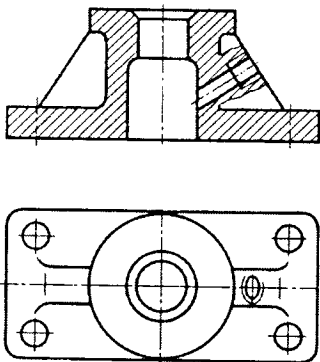


Рис. 3.4.5

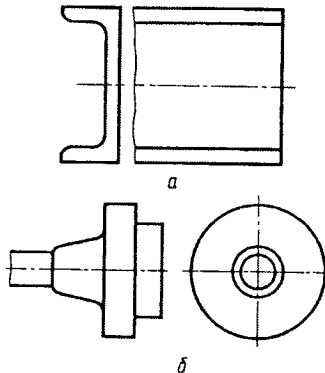


Рис. 3.4.6

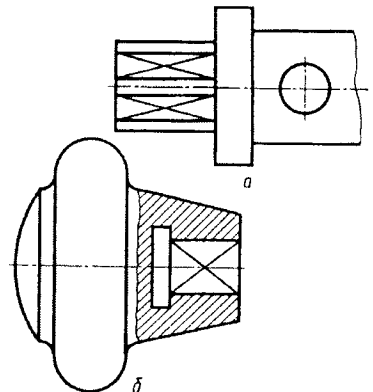


Рис. 3.4.7

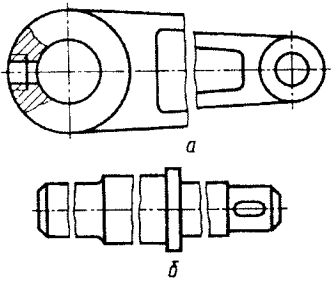


Рис. 3.4.8

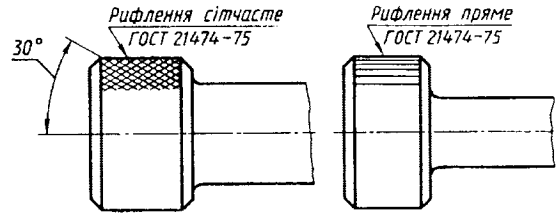


Рис. 3.4.9

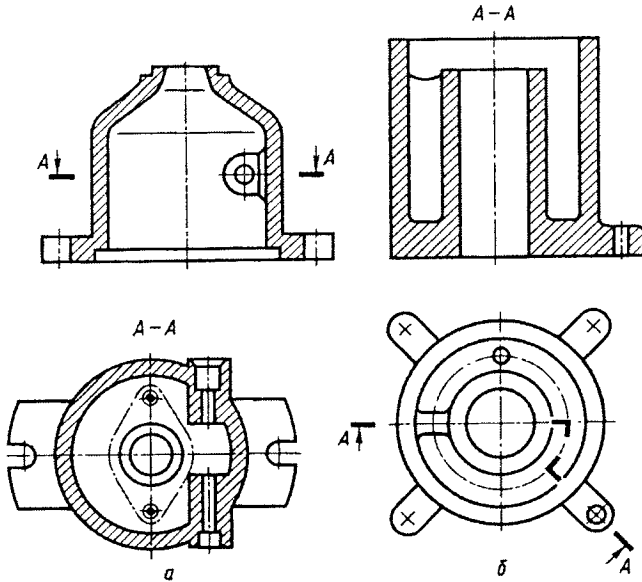


Рис. 3.4.10

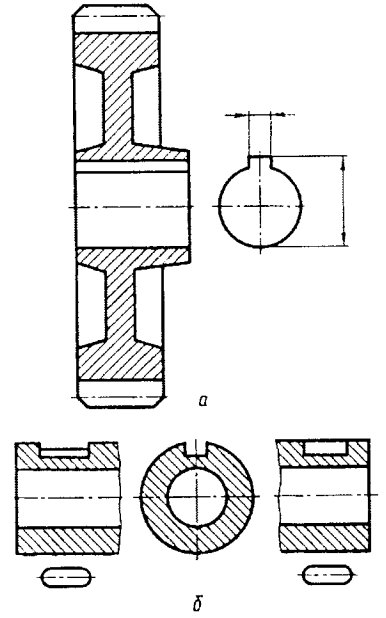


Рис. 3.4.11

його нестандартні елементи показують за допомогою виносного елемента.

Для спрощення креслень і скорочення кількості зображень допускається:

- частину предмета, розташованого між спостерігачем і січною площиною, зображувати штрихпунктирною потовщеною лінією безпосередньо на кресленні (розрізі); таке зображення є накладеною проекцією (рис. 3.4.10, а);
- застосовувати складні розрізи (рис. 3.4.10, б);
- для зображення отворів у втулках зубчастих коліс, шківів, маховиків

і т. ін., а також шпонкових пазів давати лише контур отвору (рис. 3.4.11, а) або паза (рис. 3.4.11, б) замість повного зображення деталі;

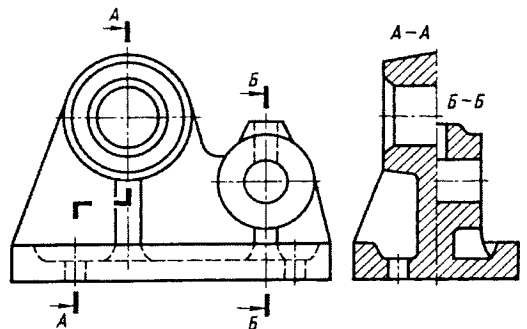


Рис. 3.4.12

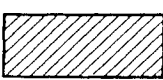
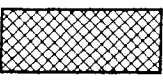
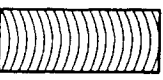
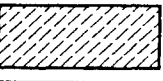


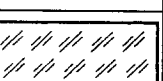
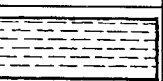
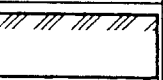
- якщо вигляд зверху не є необхідним і креслення складається з зображення на фронтальній та профільній площинах проекцій, то при

ступінчастому розрізі лінію перерізу й написи, які стосуються розрізу, зображувати так, як показано на рис. 3.4.12.

3.5. ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА НАНЕСЕННЯ ЇХ НА КРЕСЛЕННЯХ

Для умовного графічного зображення матеріалів застосовують різноманітні штриховки.

Стандартне графічне зображення матеріалів у розрізах та перерізах:

	метали, тверді сплави, а також загальне графічне позначення будь-якого матеріалу;
	неметалеві матеріали, в тому числі волокнисті та плитні (пресовані), за винятком зазначених нижче;
	деревина;
	природний камінь;
	кераміка та силікатні матеріали для мурування;
	бетон;
	скло та інші світлопрозорі матеріали;
	рідини;
	природний ґрунт.

У розрізах та перерізах допускається застосовувати також додаткові позначення матеріалів, не передбачені стандартом, але для них треба давати пояснення на кресленні.

Позначення матеріалів і виробів на вигляді:

	метали, а також неоднорідні матеріали, які містять метали та неметали;
	рифлена сталь;
	просічна сталь;
	мурування з будівельної та спеціальної цегли, з клінкеру, кераміки, теракоти, штучного та природного каменю тощо;
	скло;
	сітки з будь-якого матеріалу;
	засипки з будь-якого матеріалу.

Похили паралельні прями у штриховках проводять суцільними тонкими лініями завтовшки від $\frac{s}{2}$ до $\frac{s}{3}$ під

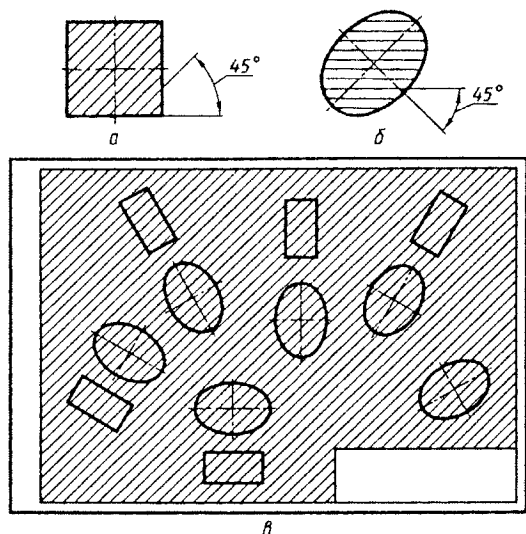


Рис. 3.5.1

кутом 45° до лінії контуру зображення (рис. 3.5.1, а) чи до його осі (рис. 3.5.1, б) або до лінії рамки креслення (рис. 3.5.1, в).

Лінії штриховки можна проводити з нахилом вліво чи вправо, але для всіх розрізів і перерізів, що належать одній і тій самій деталі, штрихувати треба, як правило, з нахилом в один бік. Відстань між лініями штриховки має бути однаковою для всіх розрізів і перерізів даної деталі, які виконуються в одному масштабі.

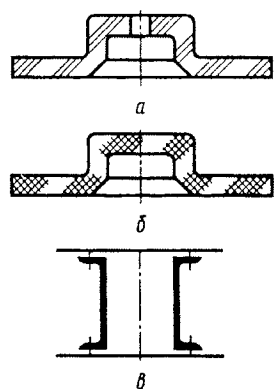


Рис. 3.5.3

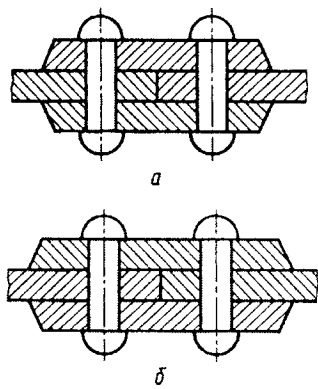


Рис. 3.5.4

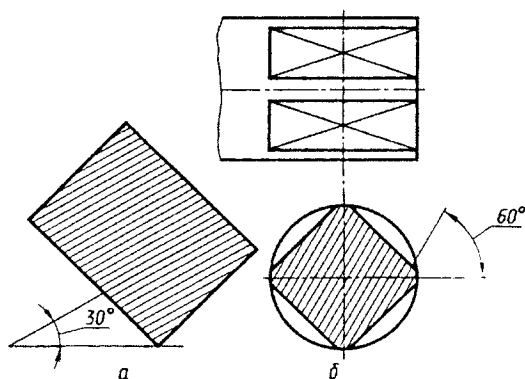


Рис. 3.5.2

Якщо контур зображення збігається з нахилом ліній штриховки, які наносять під кутом 45° , то штрихувати потрібно під кутом 30° або 60° (рис. 3.5.2).

Залежно від матеріалу, що зображується, площі штрихування та потреби в урізноманітненні штриховки суміжних площин, відстань між лініями вибирають у межах $1 \dots 10$ мм.

Вузькі та довгі площі перерізів, ширина яких на кресленні становить $2 \dots 4$ мм, рекомендується штрихувати від руки лише на кінцях і по контуру отворів (рис. 3.5.3, а), а решту площі перерізу — невеликими ділянками в декількох місцях (рис. 3.5.3, б). Перерізи, ширина яких на кресленні

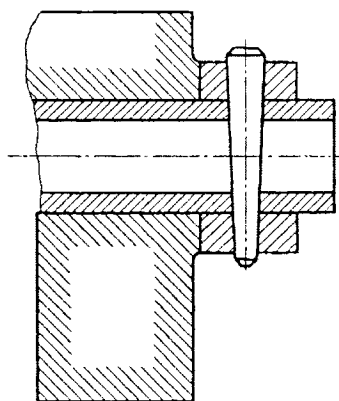


Рис. 3.5.5

становить менше 2 мм, допускається зачернювати, але між суміжними перерізами залишати просвіт не менше 0,8 мм (див. рис. 3.5.3, в). Для суміжних перерізів двох деталей слід використовувати зустрічну штриховку: на одній деталі — вправо, на іншій — вліво. У випадках, коли необхідно штрихувати обидві деталі “в клітинку”, треба, щоб відстань між лініями їхніх штриховок була різною. Для суміжних перерізів

трьох і більше деталей потрібно, щоб лінії штриховки одного напрямку в одному перерізі були зміщені відносно іншого (див. рис. 3.5.4, а) або змінена відстань між лініями штриховки (див. рис. 3.5.4, б). Якщо площа перерізу завелика, то штрихувати рекомендується лише біля контурів перерізу вузькою смугою рівномірної ширини (див. рис. 3.5.5). Штрихування деревини, бетону й засипки виконують від руки.

3.6. ПОБУДОВА АКСОНОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Зображення окремих геометричних форм та різноманітних виробів у прямокутних проекціях, у принципі, повністю відображають їх форму та розміри. Однак поряд зі значними перевагами (простота побудови і можливості розв'язувати по ним різні задачі, пов'язані із визначенням пропорцій, відстанями між елементами і т. д.) проекційне креслення має один істотний недолік — малу наочність. Створення відповідного уявлення предмета за його прямокутними проекціями потребує розвинутої просторової уяви та певних навичок читання проекційних

креслень. І дійсно, користуючись лише проекційним кресленням (рис. 3.6.1), без певних зусиль важко собі уявити навіть такий простий оригінал, як зрізаний куб. Тому в багатьох випадках, коли необхідно більш повно виявити конструктивне рішення, краще уявити положення оригінала в просторі, тоді застосовують наочні зображення. Це має місце в практиці конструювання та проектування, в розробці демонстраційних засобів, а також у навчальній діяльності студента, коли виникає необхідність побудови наочних зображень геометричних тіл, предметів та деталей, які відповідають більш звичному, реальному їх сприйняттю.

У нарисній геометрії з цією метою обґрунтовані та розроблені методи побудови таких наочних зображень, що мають назву аксонометричних проекцій. Аксонометрія — грецьке слово, що складається із двох частин *αξον* — вісь і *μετρο* — вимірюю.

Аксонометричною проекцією фігури називається умовне зображення, коли предмет разом із його прямокутною

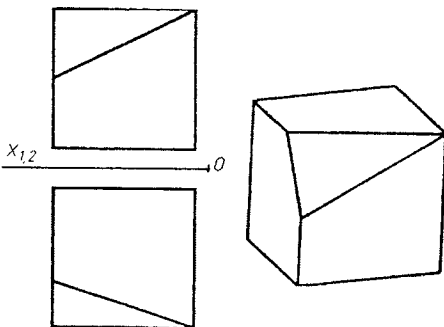


Рис. 3.6.1

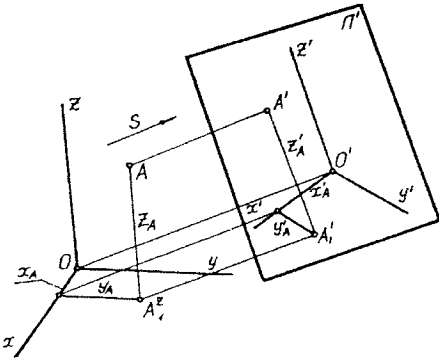


Рис. 3.6.2

проекцією та осями координат, до яких вона віднесена, проєкціюється на будь-яку площину паралельними променями. Ця площина називається картинною (рис. 3.6.2). Проекції, одержані на картинній площині називаються вторинними проєкціями, наприклад A_1' .

У залежності від напрямку проєкціюючих променів по відношенню до картинної площини аксонометричні проєкції поділяються на:

- *прямокутні* — проєкціюючі промені перпендикулярні до картинної площини;
- *косокутні* — проєкціюючі промені нахилені до картинної площини.

У навчальній практиці, в основному, використовуються прямокутні аксонометричні проєкції.

Для всіх видів аксонометричних проєкцій при побудові зображень слід враховувати, що:

- аксонометричне зображення повинно будуватись на основі креслення предмета, виконаного в прямокутних проєкціях;
- вісь z проєкціюється завжди вертикально;
- всі вимірювання виконуються лише по осям, або паралельно до них;
- всі прямі лінії, паралельні між собою або паралельні осям симетрії на прямокутному кресленні, залишаються також паралельними в аксонометрії.

Прямокутні аксонометричні проєкції поділяються на *ізометричну проєкцію*, що має однаковий масштаб для всіх трьох осей (*ізо* грецькою “однаково”) та *диметричну проєкцію*, що має по двом осям однаковий масштаб, а по третій — у два рази менший (*ди* грецькою “два”).

Ізометрична проєкція

На рис. 3.6.3 показано положення аксонометричних осей у прямокутній ізометричній проєкції, а також розміщення штриховки в розрізах у різних координатних площинах аксонометричної проєкції. Осі розміщені

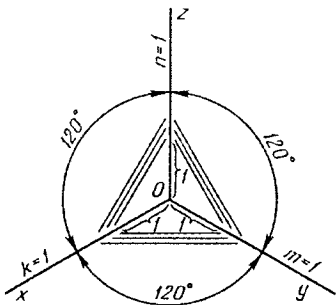


Рис. 3.6.3

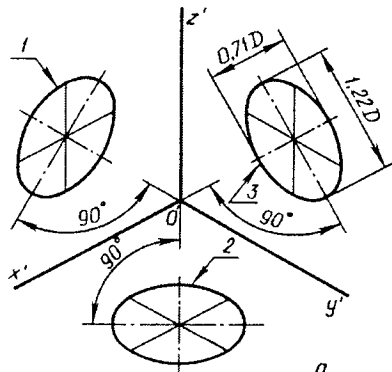
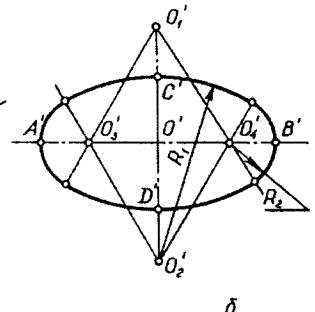


Рис. 3.6.4



δ

під кутом 120° одна до одної. Для визначення кута розміщення штриховки на кожній осі відкладають одиницю довжини і тоді кути між лініями штриховки в різних площинах становлять 60° .

В ізометричній проекції коефіцієнти скорочення по осям однакові і дорівнюють 0,82. У практиці креслення користуються збільшеною ізометричною проекцією, в якій коефіцієнти скорочення по всім осям дорівнюють 1,00, тобто збільшеною в 1,22 рази.

Ізометричними проекціями кіл, розміщених у площинах проекцій або в паралельних їм площинах, є еліпси з однаковими співвідношеннями осей (див. рис. 3.6.4, а). Великі осі еліпсів дорівнюють $1,22D$, а малі — $0,71D$ де D — діаметр зображуваного кола. Якщо ізометрична проекція виконується з коефіцієнтом спотворення 0,82, то велика вісь дорівнює діаметрові кола, а мала — 0,58 діаметра. Напрямок осей еліпсів залежить від положення кола і визначається за правилом: велика вісь еліпса завжди перпендикулярна до тієї аксонометричної осі, якої немає у площині заданого кола, а напрямок малої осі збігається з напрямком цієї осі.

У еліпса 1 (див. рис. 3.6.4, а) велика вісь розміщена під кутом 90° до осі y' , у еліпса 2 — під таким же кутом до осі z' , у еліпса 3 — до осі x' .

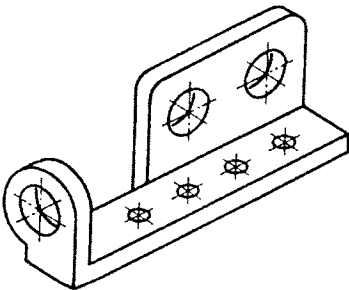
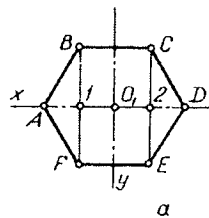
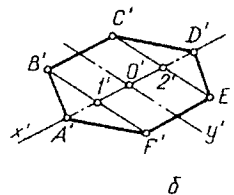


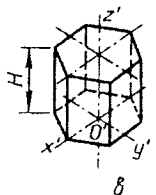
Рис. 3.6.5



а



б



в

На практиці прийнято замінити еліпси в ізометрії овалами, що значно спрощує побудову. Існує ряд способів побудови овалу за заданими осями. Найпростіший спосіб показано на рис. 3.6.4, б. Через точку O' — початок аксонометричних осей (центр еліпса) проведемо дві взаємно перпендикулярні прямі (осі еліпса). З точки O' як із центра на горизонтальній осі еліпса відкладемо в обидва боки по половині малої осі еліпса, тобто по $0,71D/2$, а в напрямку малої осі — аналогічно по половині великої, тобто по $1,22D/2$. На напрямку малої осі позначимо центри O'_1 і O'_2 , а на великій — O'_3 і O'_4 . Ці точки будуть центрами спряження дуг овалу. Проведемо прямі $O'_1O'_3$, $O'_1O'_4$, $O'_2O'_3$ та $O'_2O'_4$, на яких розміщені точки спряження дуг овалу. Дві дуги радіусом $R_1 = O'_2O'$ опишемо з центрів O'_1 та O'_2 , а дві інші радіусом $R_2 = O'_4B'$ — з центрів O'_3 і O'_4 .

На рис. 3.6.5 зображено деталь, у якій циліндричні отвори розміщені в трьох координатних площинах, що відповідним чином відображено в розміщенні овалів у ізометричній проекції.

Щоб побудувати аксонометричну проекцію багатокутника за двома заданими його проекціями, на комплексному кресленні спочатку визначають координати x , y , z вершин багатокутника, а потім будують їхні аксонометричні проекції. Одержані проекції вершин з'єднують відповідно прямими лініями

Рис. 3.6.6

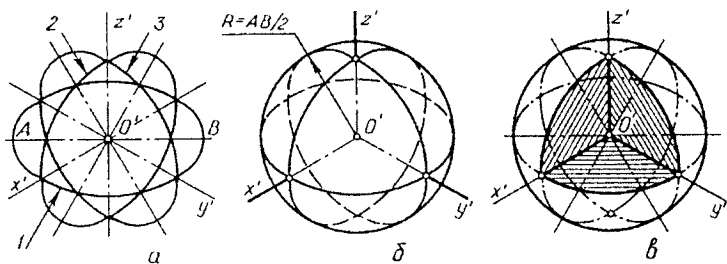


Рис. 3.6.7

й одержують аксонометричну проекцію багатокутника.

На рис. 3.6.6, а зображено правильний шестикутник $ABCDEF$. Треба побудувати його ізометричну проекцію, розміщену в горизонтальній площині проєкцій P' . Осі симетрії даного шестикутника приймемо за аксонометричні осі x' та y' . З'єднаємо прямими лініями точки B і F , C і E . Вони перетнуть горизонтальну вісь симетрії в точках 1 і 2. На ізометричній осі x' (див. рис. 3.6.6, б) від точки O' відкладемо відрізки $O'1' = O1$, $O'2' = O2$ та відрізки $O'A' = OA$ і $O'D' = OD$. Потім через точки $1'$ і $2'$ проведемо прямі, паралельні осі y' , і на них відкладемо відрізки $1'B' = 1B$, $1'F' = 1F$, $2'C' = 2C$, $2'E' = 2E$. Точки A' , B' , C' , D' , E' , F' — аксонометричні проєкції вершин шестикутника, які з'єднаємо прямими лініями.

Щоб на зображеній основі побудувати геометричне тіло (наприклад, пряму призму), паралельно осі z' (див. рис. 3.6.6, в) з вершин основи проведемо прямі і на одній з них відкладемо висоту H , а потім проведемо прямі, паралельні сторонам шестикутника. Після цього визначимо видимі й невидимі ребра призми й обведемо їх відповідними лініями.

Аналогічно будуть ізометричні проєкції й інших тіл або предметів з багатокутною чи криволінійною основою.

Певну специфіку має побудова сфери в ізометричній проєкції.

При цьому попередньо визначають розміри осей овала, щоб побудувати екватор і меридіани. Для підвищення наочності та визначення діаметра кола (обрису сфери) креслять ізометричну проєкцію екватора 1 (екваторну паралель), розміщену в горизонтальній площині (рис. 3.6.7, а). Потім креслять фронтальний 2 і профільний 3 меридіани.

Прийнявши за центр точку O' , радіусом $R = AB/2$ проводять коло — обрис ізометричної проєкції сфери (рис. 3.6.7, б).

На рис. 3.6.7, в сферу показано з вирізом $1/3$ її частини. Виріз зроблено січними площинами, розміщеними в трьох координатних площинах; лінії перерізу проведені по екватору на меридіанах сфери.

На рис. 3.6.8, а показано приклад побудови ізометричної проєкції деталі (з вирізом $1/4$ її частини) за заданими ортогональними проєкціями. Деталь складена з призматичних та циліндричних елементів. Нижня частина

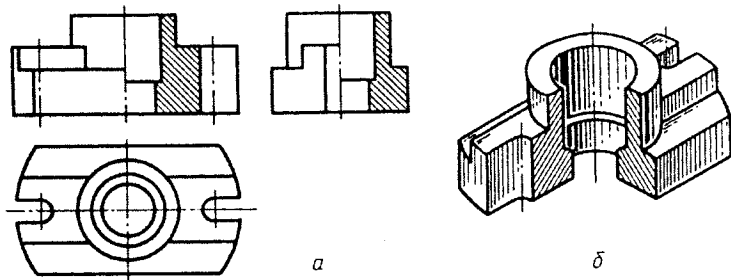


Рис. 3.6.8

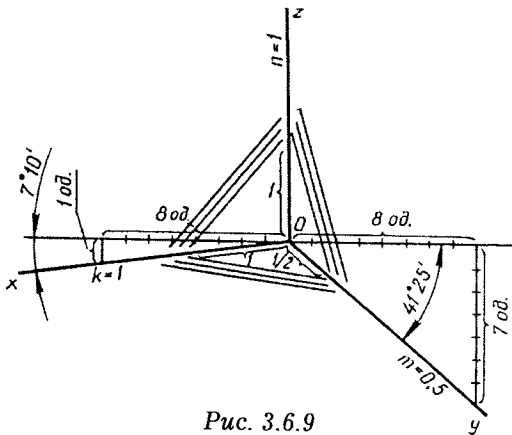


Рис. 3.6.9

деталі (плита) має закруглені торці. Щоб накреслити контур закруглених частин плити, потрібно попередньо накреслити еліпси на тих рівнях висоти, де розміщені ці закруглені частини, а також побудувати еліпси верхньої циліндричної частини деталі. Далі треба нанести контури поздовжнього й поперечного перерізів, щоб на їх основі побудувати розрізану частину. Аксонометричне зображення деталі набуває остаточного вигляду, показано на рис. 3.6.8, б.

Диметрична проекція. На рис. 3.6.9 показано розміщення осей у диметричній проекції. Для зручності побудови кути позначено не між аксонометричними осями, а між ними й горизонтальною лінією. Як видно з креслення, вертикальна вісь розміщена перпендикулярно до горизонтальної лінії, вісь x — під кутом $7^\circ 10'$, а вісь y — під кутом $41^\circ 25'$. Для зручності побудову цих кутів показано через значення їхнього тангенса, тобто виходячи з того, що $1/8 \approx \operatorname{tg} 7^\circ 10'$, а $7/8 \approx \operatorname{tg} 41^\circ 25'$. Коефіцієнти скорочення на осях x і z дорівнюють 1, а на осі y — 0,5. Для визначення напрямку штриховки в розрізах на осях x і z відкладають одну одиницю довжини, а на осі y — 0,5 одиниці довжини.

У диметричній проекції кола проєкціюють у вигляді еліпсів, малі осі яких, як і в ізометрії, паралельні осям, яких немає у площинах даних кіл. Наприклад, для еліпса 2 (рис. 3.6.10), що лежить у горизонтальній площині, мала вісь має напрямок $O'y'$, а велика — перпендикулярна до неї. Так само у еліпса 1, розміщеного у фронтальній площині проєкцій, мала вісь паралельна $O'y'$, а для еліпса 3, що лежить у профільній площині проєкцій, мала вісь паралельна $O'x'$. Великі осі цих еліпсів відповідно перпендикулярні до $O'y'$ та $O'x'$.

Довжина великої осі для всіх еліпсів однакова і дорівнює $1,06D$, де D — діаметр зображуваного кола. Але довжина малої осі різна: для еліпса 1 вона становить 0,9 довжини великої осі, або $0,95D$, а для еліпсів 2 і 3 — $1/3$ довжини великої осі, або $0,35D$. Якщо диметричну проєкцію виконують зі спотворенням 0,94 на осях x' і z' та 0,47 — на осі y' , то довжина великої осі еліпсів 1, 2 і 3 дорівнює діаметрові кола, довжина малої осі еліпса 1 становить 0,9, а еліпсів 2 і 3 — 0,33 діаметра кола.

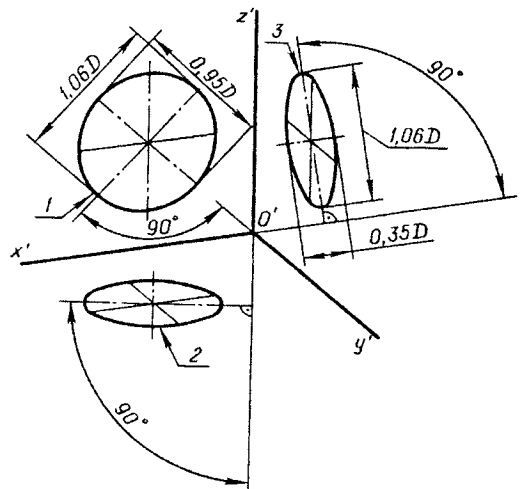


Рис. 3.6.10

На практиці еліпси замінюють чотирицентриними овалами. Для побудови овалів 2 і 3 (див. рис. 3.6.10), що лежать у горизонтальній і профільній площинах, проведемо дві взаємно перпендикулярні прямі й відкладемо на горизонтальній прямій довжину великої осі еліпса $A'B' = 1,06D$ а на вертикальній — довжину малої осі $C'D' = 0,35D$ (рис. 3.6.11, а).

Від точки O' перетину осей відкладемо по вертикалі відрізки $O'O_1$ і $O'O_2$, які дорівнюють довжині великої осі еліпса AB , тобто $1,06D$. Точки O_1 і O_2 є центрами великих дуг овалу. Щоб одержати ще два центри — O_3 та O_4 , відкладемо на горизонтальній прямій від точок A' і B' відрізки $A'O_3$ і $B'O_4$, що дорівнюють $1/4$ довжини малої осі $C'D'$. З точки O_1 радіусом, що дорівнює відрізку O_1D' опишемо дугу овалу до перетину в точках $1'$ і $2'$ з лініями центрів O_1O_3 та O_1O_4 . Точки $1'$ і $2'$ є точками спряження дуг овалу. Аналогічно проведемо дугу з центра O_2 . З точок O_3 та O_4 проведемо замикальні дуги овалу радіусами O_3A' та O_4B' .

На рис. 3.6.11, б показано побудову овалу, який замінює зображення в

диметрії кола, що лежить у фронтальній площині Π_2 . Для цього проведемо осі x' і z' і побудуємо на них ромб зі стороною D . На великій діагоналі ромба відкладемо розмір великої осі еліпса ($A'B' = 1,06D$), а на меншій — розмір малої осі ($C'D' = 0,95D$). З точок E' і F' — середин вертикальних сторін ромба — проведемо горизонтальні прямі до перетину з діагоналями ромба в точках O_1, O_2, O_3, O_4 , які будуть центрами овалу. З точок O_1 та O_2 , як із центрів, опишемо дуги радіусом $R_1 = O_1C'$, а з точок O_3 та O_4 — радіусом $R_2 = O_3B'$. Точками спряження цих дуг будуть середини сторін ромба (E', M', F', N').

На рис. 3.6.12 зображено у диметричній проекції деталь, отвори якої розміщені в трьох координатних площинах.

Побудову багатокутників у диметричній проекції виконують за тим же алгоритмом, що і в ізометричній проекції, по координатах вершин багатокутників, відкладених на відповідних аксонометричних осях.

На рис. 3.6.13, а зображено правильний шестикутник $ABCDEF$. Потрібно побудувати диметричну проекцію цього шестикутника, розміщеного в горизонтальній площині проєкцій Π_1 .

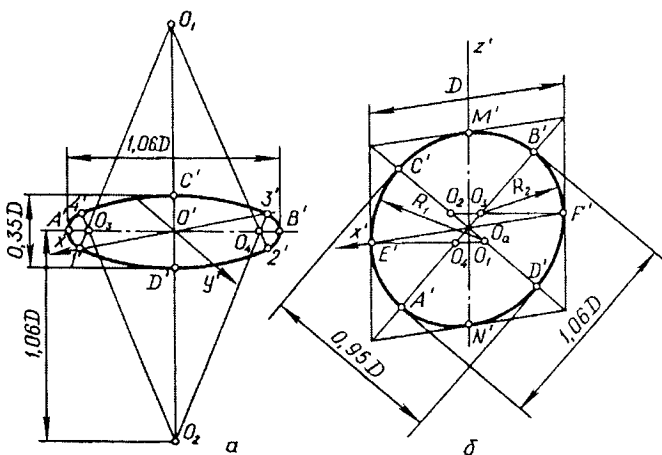


Рис. 3.6.11

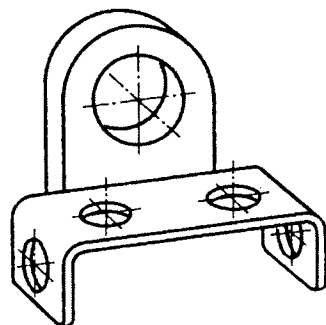


Рис. 3.6.12

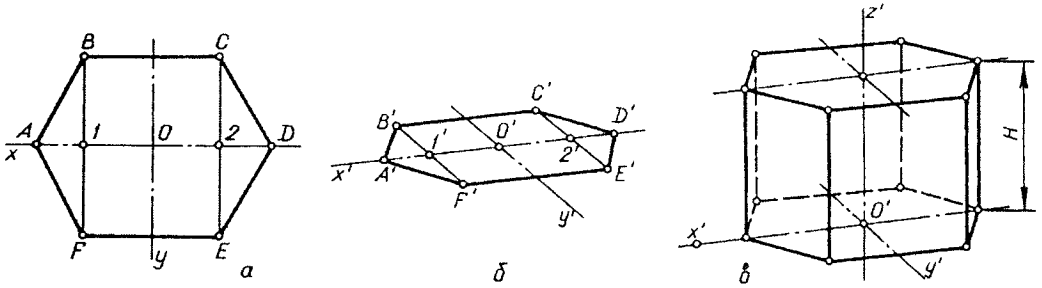


Рис. 3.6.13

Для побудови проведемо диметричні осі x' і y' (рис. 3.6.13, б).

Через точку O' , вибрану центром шестикутника на осі $O'A'$, відкладемо відстані по осі x' від центра O' до вершин шестикутника A' і D' ($O'A' = OA$ і $O'D' = OD$, а також $O'1' = O1$ і $O'2' = O2$). Через точки $1'$ і $2'$ проведемо промені, паралельні осі y' , і на них відкладемо відрізки $1'B'$ і $1'F'$, що дорівнюють відповідно $1B/2$ та $1F/2$. Одержимо вершини шестикутника B' і F' . Аналогічно побудовою отримаємо ще дві вершини шестикутника – C' і E' .

Щоб на одержаній диметричній проекції основи побудувати пряму призму (рис. 3.6.13, в), через кожну вершину проведемо напрямки ребер паралельно осі z' і відкладемо на них висоту призми H . Потім з'єднаємо одержані вершини прямими лініями, попередньо визначивши видимість ребер призми.

Диметричну проекцію сфери (її обрис) будують аналогічно ізометричній проекції на основі диметричних проекцій екватора, фронтального та профільного меридіанів. Обрис диметричної проекції сфери описують з її центра O' (рис. 3.6.14) радіусом, що дорівнює половині більшої осі еліпсів. На рис. 3.6.14 наведено диметричну проекцію сфери з вирізом $1/8$ її частини. Лінії перерізу проведені по контурах еліпсів, утворених екватором і меридіанами сфери, що лежать у кожній площині проекцій.

На рис. 3.6.15 зображено в диметричній проекції технічну деталь з вирізом $1/4$ частини і показано варіант послідовності її виконання за заданими ортогональними проекціями деталі.

Штрихування перерізів, що входять у розрізи, рекомендується виконувати так, щоб лінії штриховки були

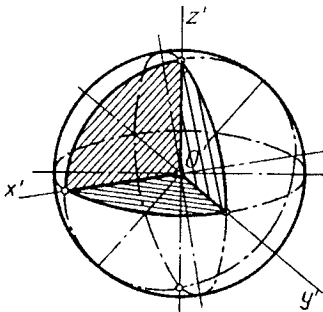


Рис. 3.6.14

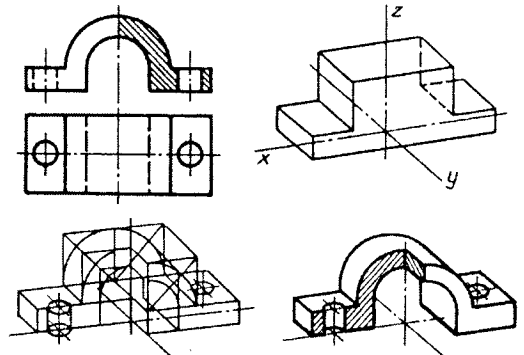


Рис. 3.6.15

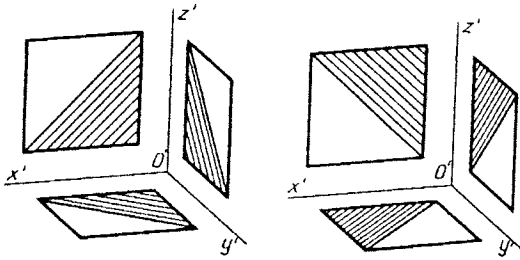


Рис. 3.6.16

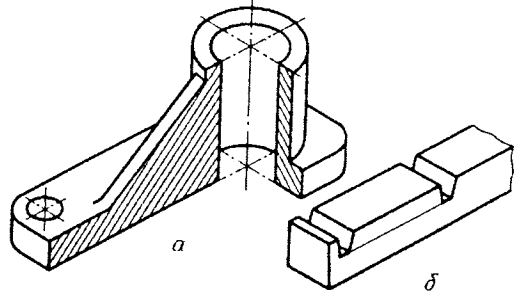


Рис. 3.6.18

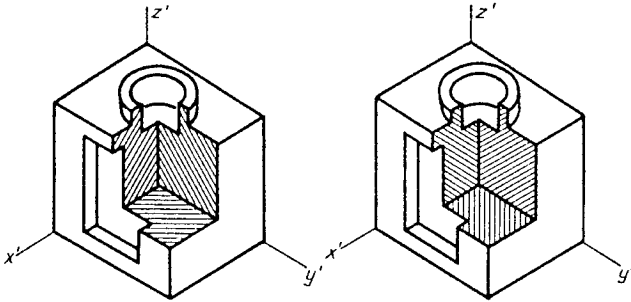


Рис. 3.6.17

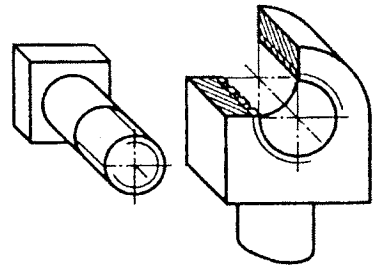


Рис. 3.6.19

нанесені паралельно одній із діагоналей аксонометричних проєкцій квадратів, які лежать у відповідних координатних площинах і сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 3.6.16). Лінії штриховки декількох перерізів одного і того ж предмета, розміщених у різних координатних площинах, повинні мати напромак, паралельний або тільки великим діагоналям проєкцій квадратів, або тільки малим (рис. 3.6.17).

Перерізи, що входять у повздовжні розрізи спиць, маховиків і шківів, ребер жорсткості і подібних елементів, зображених в аксонометричних проєкціях, заштриховуються без застосування умовностей, передбачених ДСТУ (рис. 3.6.18, а). При використанні в аксонометричних проєкціях зубчастих коліс, рейок, черв'яків і подібних елементів допускається застосування умовностей (рис. 3.6.18, б).

На аксонометричних проєкціях деталей різьбу зображують так, як у прямокутних проєкціях (рис. 3.6.19).

При нанесенні розмірів виносні лінії проводять паралельно аксонометричним осям, а розмірні — паралельно вимірювальним відрізкам. Розмірні цифри повинні показувати дійсну, а не спотворену скороченням по осям довжину відрізка (рис. 3.6.20).

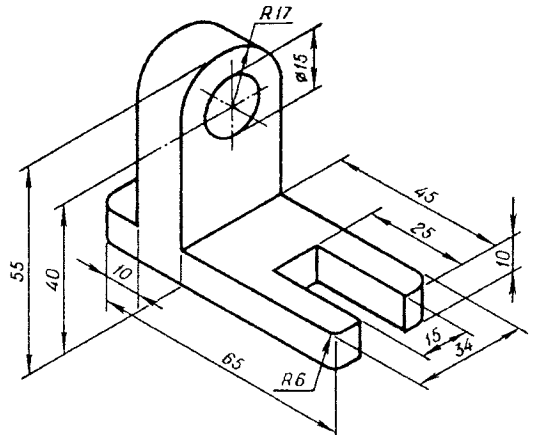
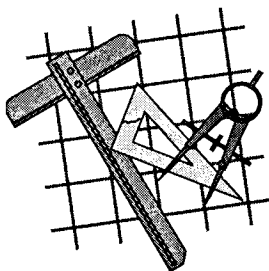


Рис. 3.6.20



Розділ 4

РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ

4.1. НАРІЗНІ З'ЄДНАННЯ

Загальні поняття. У машинобудуванні надзвичайно поширені нарізні з'єднання. Їх можна поділити на два типи:

- 1) з'єднання, які здійснюються без використання спеціальних з'єднувальних частин;
- 2) з'єднання за допомогою таких спеціальних деталей, як болти, гвинти, шпильки, гайки тощо.

Основним елементом усіх нарізних з'єднань є різьба. Розрізняють такі види різьб:

- залежно від форми профілю (трикутного, трапецеїдального, круглого, прямокутного та ін.);
- за видом поверхні, на якій нарізана різьба, — циліндричні та конічні; стосовно розташування на поверхні — зовнішні та внутрішні;
- за експлуатаційним призначенням — кріпильні (метрична), кріпильно-ущільнювальні (трубна), ходові (трапецеїдальна, упорна), спеціальні та ін.;
- залежно від напрямку гвинтової поверхні — права та ліва;
- за кількістю заходів різьби — одно та багатозахідні.

Основні терміни та визначення для різьб встановлює ДСТУ 2497-94. Цей стандарт не поширюється на конічну

різьбу вентилів і балонів для газу, а також на круглу різьбу у частині термінів і визначень, пов'язаних з особливостями профілів цих різьб.

Гвинтова лінія різьби — це лінія, утворена на бічній поверхні прямого колового циліндра чи конуса точкою, яка переміщується так, що відношення між її осьовим і відповідним кутовим переміщеннями є величиною сталою, але не дорівнює нулю чи нескінченності.

Гвинтова поверхня різьби утворюється кривою, яка лежить в одній площині з віссю і переміщується відносно осі так, що кожна точка кривої рухається по гвинтовій лінії різьби, а всі можливі гвинтові лінії від цих точок мають однакові параметри — осьове й відповідне йому кутове переміщення.

Виступом різьби називають виступаючу частину матеріалу деталі, обмежену гвинтовою поверхнею різьби.

Різьба являє собою один або кілька рівномірно розташованих виступів постійного перерізу, утворених на бічній поверхні прямого колового циліндра або конуса.

Циліндричну різьбу утворюють на бічній поверхні прямого колового циліндра, а конічну — на бічній поверхні прямого колового конуса.

Права різьба утворюється виступом, який обертається за годинниковою стрілкою і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача (рис. 4.1.1, *д*) а ліва — виступом, який обертається проти годинникової стрілки і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача (рис. 4.1.1, *е*).

Однозахідна різьба утворюється одним виступом (рис. 4.1.1, *д*), а багатозахідна — двома або більше виступами з рівномірно розміщеними заходами (рис. 4.1.1, *е*).

Основні елементи та параметри різьби. Будь-який вид різьби характеризується профілем, діаметрами, кроком, ходом та іншими параметрами.

Вісь різьби — це лінія, відносно якої утворено гвинтову поверхню різьби.

Профілем різьби є профіль виступу та канавки у площині, яка проходить крізь вісь.

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

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

Зовнішній діаметр циліндричної різьби (D, d) — це діаметр уявного прямого колового циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої або западин внутрішньої циліндричної різьби: D — зовнішній діаметр внутрішньої різьби (гайка); d — зовнішній діаметр зовнішньої різьби (болт).

Внутрішнім діаметром циліндричної різьби (D_1, d_1) є діаметр уявного прямого колового циліндра, вписаного в западини зовнішньої або вершини внутрішньої циліндричної різьби:

D_1 — внутрішній діаметр гайки;
 d_1 — внутрішній діаметр болта.

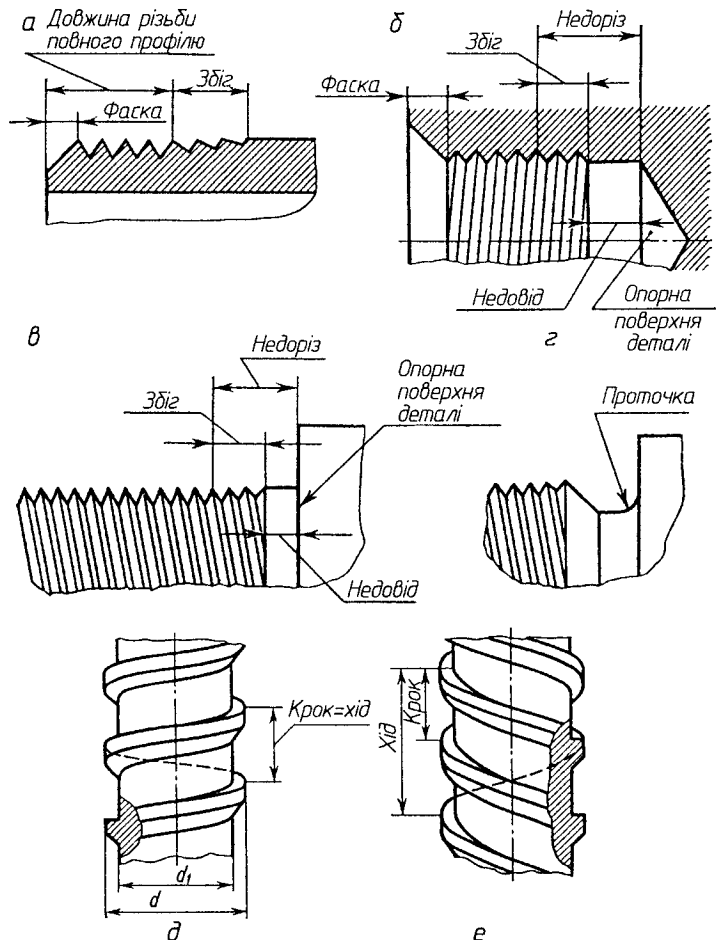


Рис. 4.1.1

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

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

Крок різьби P являє собою відстань по лінії, яка паралельна осі різьби, між двома відповідними точками двох сусідніх витків.

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

Кут підйому різьби Ψ утворюється дотичними до гвинтової лінії й опису-

ється середньою точкою бічної сторони різьби.

Вихідним трикутником різьби є трикутник, вершини якого утворюються точками перетину подовження бічних сторін основного профілю різьби.

Висота вихідного трикутника H — це відстань між його вершиною й основою в напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

Довжина різьби являє собою довжину частини деталі, на якій утворено різьби, включаючи збіг різьби та фаску (див. рис. 4.1.1).

Довжина різьби повного профілю — це довжина ділянки, на якій вершини й западини відповідають номінальному профілю різьби і розташовані в межах полів допусків зовнішнього та внутрішнього діаметрів різьби (див. рис. 4.1.1, а).

Збіг різьби — це ділянка переходу до гладкої частини деталі, де різьба має неповний профіль (див. рис. 4.1.1).

4.2. ТИПИ РІЗЬБ

Метрична різьба (див. рис. 4.2.1) характеризується кутом профілю $\alpha = 60^\circ$. Найбільш поширені метричні різьби з діаметрами 1...600 мм. Основною особливістю профілю метричної різьби є те, що його вершини зрізані по внутрішньому діаметру гайки на відстані $H/4$, а по зовнішньому діаметру болта — на відстані $H/8$ від вершини теоретичного профілю.

Для метричної різьби встановлено такі стандарти: ГОСТ 9150-81 — на профіль різьби з кроком 0,075...600 мм; ГОСТ 8724-81 — на діаметри та кроки.

В умовне позначення метричної різьби входять: літера M , номінальний діаметр, значення кроку (для різьби з

малим кроком), літери LH для лівої різьби. Наприклад, різьба номінального діаметра 24 мм з великим кроком позначається $M24$; різьба того ж діаметра з малим кроком 1,5 мм — $M24 \times 1,5$; того самого діаметра ліва різьба з великим і малим кроком — відповідно, $M24LH$ і $M24 \times 1,5LH$.

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

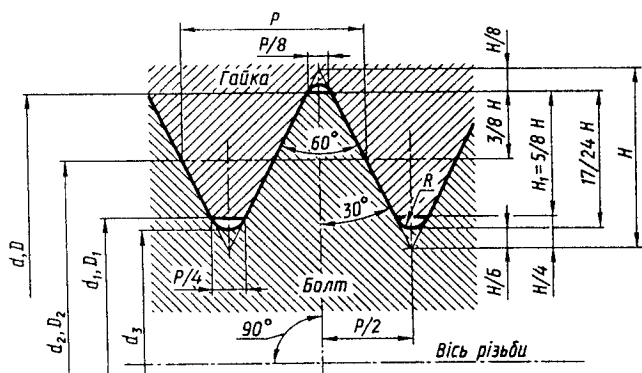


Рис. 4.2.1

Метричну різьбу для приладобудування регламентують ГОСТ 16967-81 (діаметри і кроки), ГОСТ 24706-81 (основні розміри) та ГОСТ 9150-81 (профіль). Цю різьбу використовують у тих випадках, коли діаметри і кроки різьб за ГОСТ 8724-81 не задовольняють функціональні та конструктивні вимоги. У разі обґрунтування її дозволяється використовувати і в інших галузях промисловості.

Умовне позначення цієї різьби аналогічне позначенню метричної різьби загального користування. Наприклад, метрична різьба номінального діаметра 27 мм з кроком 0,5 мм, ліва, тризхідна позначається $M27 \times 3 (P0,5)LH$.

Для з'єднання пластмасових деталей з пластмасовими або металевими деталями використовується метрична різьба діаметрів 1...180 мм. Профіль, основні розміри, допуски та посадки такої різьби встановлюються ГОСТ 11709-81.

Метрична конічна різьба виконується з конусністю 1 : 16 і номінальним діаметром 6...60 мм. Призначається вона для конічних з'єднань, а також для з'єднання зовнішньої конічної різьби з внутрішньою циліндричною, яка має номінальний профіль згідно з ГОСТ 9150-81.

Умовне позначення різьби складається з літер МК (для конічної різьби) або М (для внутрішньої циліндричної різьби), номінального діаметра, кроку та номера стандарту конічної різьби (тільки для внутрішньої циліндричної різьби): $MK16 \times 1,5$; $M16 \times 1,5$ ГОСТ 25229-82.

Умовне позначення конічного нарізного з'єднання відповідає прийнятому для конічної різьби, наприклад, $MK16 \times 1,5$. З'єднання внутрішньої циліндричної різьби з зовнішньою конічною різьбою позначається відношенням M/MK , номінальним діаметром, кроком і номером стандарту конічної різьби: $M/MK16 \times 1,5$ ГОСТ 25229-82 або, якщо різьба ліва, $M/MK16 \times 1,5LH$ ГОСТ 25229-82.

Труба циліндрична різьба використовується в циліндричних нарізних з'єднаннях, а також у з'єднаннях внутрішньої циліндричної різьби з зовнішньою конічною. Профіль та основні розміри різьби встановлені ГОСТ 6357-81, де прийнято такі позначення (рис. 4.2.2): d — зовнішній діаметр зовнішньої різьби (труби); d_1 — внутрішній діаметр зовнішньої різьби;

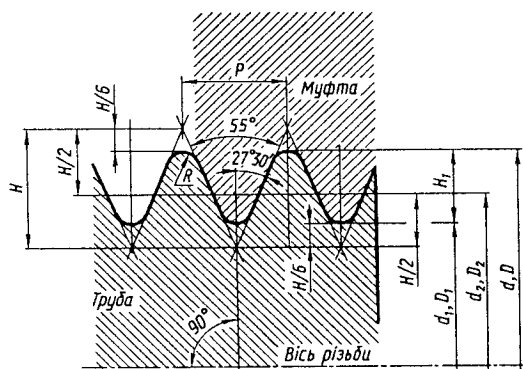


Рис. 4.2.2

d_2 – середній діаметр зовнішньої різьби; D – зовнішній діаметр внутрішньої різьби; D_1 – внутрішній діаметр внутрішньої різьби (муфти); D_2 – середній діаметр внутрішньої різьби (муфти); P – крок різьби; H – висота вихідного трикутника; H_1 – робоча висота профілю; R – радіус закруглення вершини й западини.

Умове позначення трубно-циліндричної різьби складається з літери G , розміру різьби в дюймах і класу точності середнього діаметра. Для лівої різьби, як завжди, позначення доповнюється літерами LH .

Приклади умовного позначення:

- трубно-циліндрична різьба $1\frac{3}{4}''$, класу точності A – $G\ 1\frac{3}{4} - A$;
- трубно-циліндрична різьба $1\frac{3}{4}''$ ліва, класу точності B – $G\ 1\frac{3}{4} LH - B$.

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

З'єднання внутрішньої трубно-циліндричної різьби класу точності A за ГОСТ 6357-81 з зовнішньою трубною конічною різьбою за ГОСТ 6211-81 починається так: $G/R\ 1\frac{3}{4} - A$.

Трубно-конічна різьба має конусність $1 : 16$ і використовується в конічних нарізних з'єднаннях, а також для з'єднання зовнішньої конічної різьби з внутрішньою-циліндричною. Профіль та основні розміри різьби відповідають ГОСТ 6211-81.

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

Приклади умовного позначення різьби: $R\ 1\frac{1}{4}$ – зовнішня-трубно-конічна різьба $1\frac{1}{4}''$; $R_c\ 1\frac{1}{4}$ – внутрішня-трубно-конічна різьба $1\frac{1}{4}''$; $R_p\ 1\frac{1}{4}$ – внутрішня-трубно-циліндрична різьба $1\frac{1}{4}''$; $R_p\ 1\frac{3}{4} LH$ – ліва зовнішня-трубно-конічна різьба $1\frac{1}{4}''$.

Нарізне з'єднання позначається відношенням позначення внутрішньої різьби (чисельник) до позначення зовнішньої (знаменник) і розміром різьби:

- трубно-конічна різьба (внутрішня і зовнішня) – $\frac{R_c}{R}\ 1\frac{1}{4}$ або $R_c/R\ 1\frac{1}{4}$;
- внутрішня-трубно-циліндрична різьба класу точності A (ГОСТ 6357-81) і зовнішня-трубно-конічна різьба $G/R\ 1\frac{3}{4} - A$, $G/R\ 1\frac{1}{4} LH - A$.

Трапецеїдальна різьба належить до ходових різьб. Головне її призначення – передавати переміщення у прямому і зворотному напрямках та передавання зусиль уздовж осі. Різьбу виконують одно- та багатозахідною. Основний профіль, спільний для зовнішньої і внутрішньої різьби, та розміри його елементів (рис. 4.2.3) встановлені ГОСТ 9484-81.

Прийнято такі позначення розмірів: d – зовнішній діаметр зовнішньої різьби (гвинта); D – зовнішній діаметр внутрішньої різьби (гайки); d_2 , D_2 –

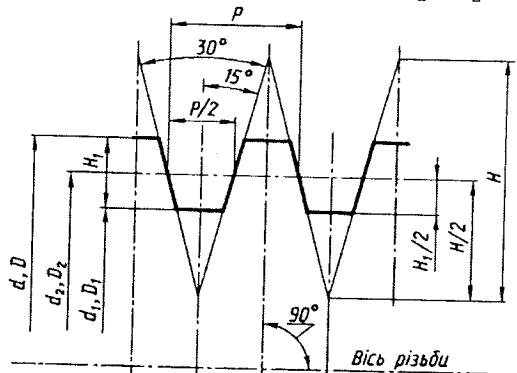


Рис. 4.2.3

середні діаметри відповідно зовнішньої та внутрішньої різьби; d_1 , D_1 — внутрішні діаметри відповідно зовнішньої та внутрішньої різьби; P — крок різьби; H — робоча висота вихідного трикутника; H_1 — робоча висота профілю.

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

Приклади умовного позначення:

- трапецеїдальна однозахідна зовнішня різьба діаметром 50 мм і кроком 8 мм — $Tr50 \times 8 - 7e$;
- різьба із тими самими параметрами, внутрішня — $Tr50 \times 8 - 7H$;
- різьба із тими самими параметрами нарізного з'єднання $Tr50 \times 8 - 7H/7e$.

Номінальні діаметри, кроки, ходи та допуски трапецеїдальної багатозахідної різьби встановлює ГОСТ 24739-81, а її профіль — ГОСТ 9484-81. Хід багатозахідної різьби обчислюють за формулою $P_h = Pn$, де P — крок різьби; n — кількість заходів.

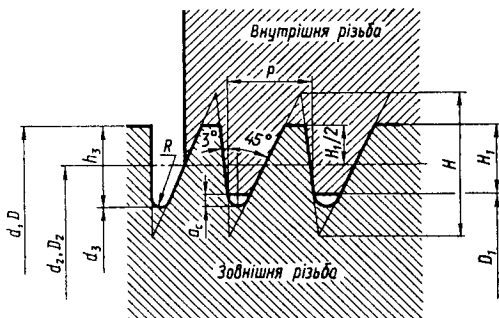


Рис. 4.2.4

До умовного позначення трапецеїдальної багатозахідної різьби входять: літери Tr , номінальний діаметр, значення ходу, в дужках літера P зі значенням кроку, літери LH — для лівої різьби. Наприклад, $Tr20 \times 8 (P4)$ — трапецеїдальна багатозахідна різьба номінального діаметра 20 мм з ходом 8 мм і кроком 4 мм. Ліва різьба із тими самими параметрами: $Tr20 \times 8 (P4)LH$.

Упорна різьба (рис. 4.2.4) та її параметри (профілі, діаметри, кроки та основні розміри) регламентуються ГОСТ 10177-82.

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

Умовне позначення упорної різьби складається з літери S , номінального діаметра і значення кроку: $S50 \times 8$. Для лівої різьби після умовного позначення розміру ставлять літери LH : $S50 \times 8LH$. До умовного позначення багатозахідної упорної різьби додаються значення ходу і в дужках літера P та значення кроку. Наприклад, $S50 \times 16 (P8)$ — двозахідна різьба із кроком 8 мм і ходом 16 мм. Ліва різьба із тими самими параметрами позначається $S50 \times 16 (P8)LH$.

Упорна посилена різьба за ГОСТ 13535-87 має кути нахилу бічних сторін профілю 45° і 3° . Це однозахідна

різьба із діаметрами 80...2000 мм. До умовного позначення цієї різьби входять літера *S*, кут нахилу 45°, номінальний діаметр і значення кроку: $S45^{\circ}200 \times 12$.

Кругла різьба для санітарно-технічної арматури характеризується профілем, основними розмірами та допусками, які встановлюються

ГОСТ 13536-68. Різьба призначена для шпindelів, вентилів, змішувачів і туалетних кранів (ГОСТ 19681-83), а також водопровідних кранів (ГОСТ 20275-74). Умовне позначення круглої різьби складається з літер *Kp*, номінального діаметра, значення кроку і позначення стандарту: $Kp12 \times 2,54$ ГОСТ 13536-68.

4.3. ЗОБРАЖЕННЯ РІЗЬБИ НА КРЕСЛЕННЯХ

Правила зображення різьби та нанесення її позначень на кресленнях встановлює ГОСТ 2.311-68.

Різьбу на стрижні зображують суцільними товстими (основними) лініями по її зовнішньому діаметру і суцільними тонкими лініями — по внутрішньому (рис. 4.3.1, *a*). Різьбу в отворі показують основними лініями по її внутрішньому діаметру і суцільними тонкими — по зовнішньому (рис. 4.3.1, *б*).

На зображеннях, одержаних проєкціюванням на площину, паралельну осі стрижня чи отвору суцільну тонку лінію проводять на всю довжину різьби без збігу, а на зображеннях, одержаних

проєкціюванням на площину, перпендикулярну до осі стрижня (отвору), по внутрішньому (зовнішньому) діаметру суцільною тонкою лінією проводять розімкнену в будь-якому місці дугу, яка приблизно дорівнює $\frac{3}{4}$ кола (рис. 4.3.1). Тонку лінію при зображенні різьби наносять на відстані від основної лінії не менше 0,8 мм і не більше за розмір кроку різьби.

Невидиму різьбу на кресленні зображують штриховою лінією однакової товщини по зовнішньому і внутрішньому діаметрах (див. рис. 4.3.2, *a*).

Лінію, яка визначає межу різьби, проводять на стрижні і в отворі в кінці

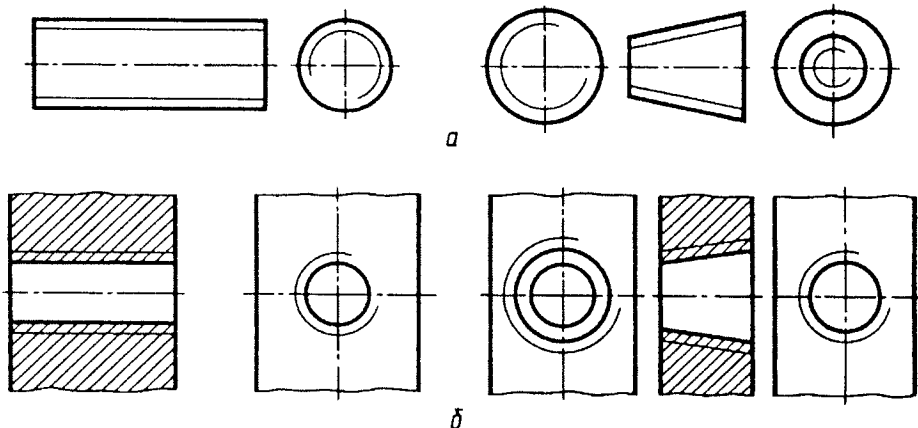
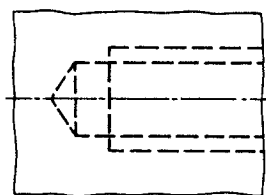
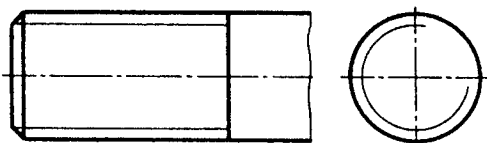


Рис. 4.3.1



a

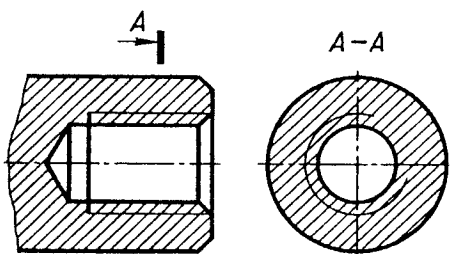


б

Рис. 4.3.2

повного профілю різьби (до початку збігу). Межу різьби показують по лінії зовнішнього діаметра і зображують основною (суцільною товстою) або штриховою лінією, якщо різьба зображена як невидима (рис. 4.3.2, 4.3.3).

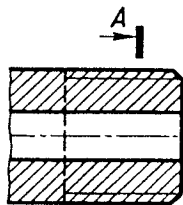
Штриховку в розрізах і перерізах проводять до суцільної основної лінії, тобто до лінії зовнішнього діаметра різьби на стрижні і внутрішнього ді-



A-A

A

a

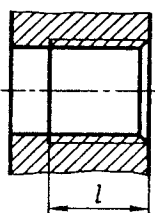


A

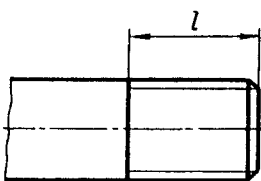
б

Рис. 4.3.3

метра в отворі (рис. 4.3.3). Довжину різьби на стрижні і в отворі показують, як правило, без збігу різьби (рис. 4.3.4, *a*). У разі потреби довжину



a



б

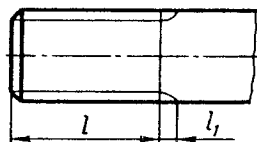
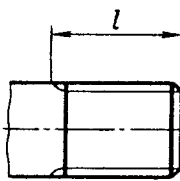
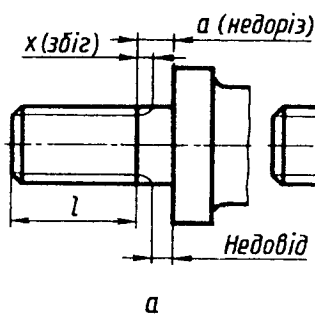
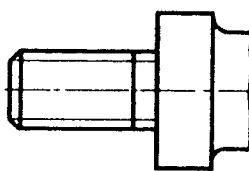


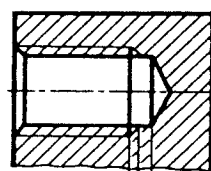
Рис. 4.3.4



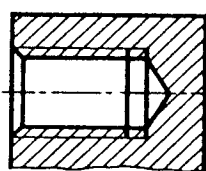
a



б



в



г

Рис. 4.3.5

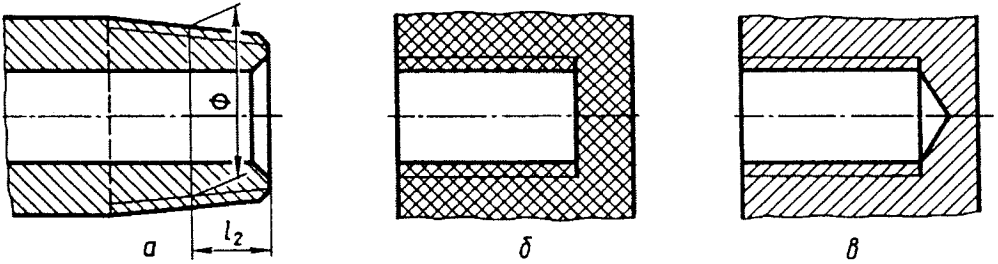


Рис. 4.3.6

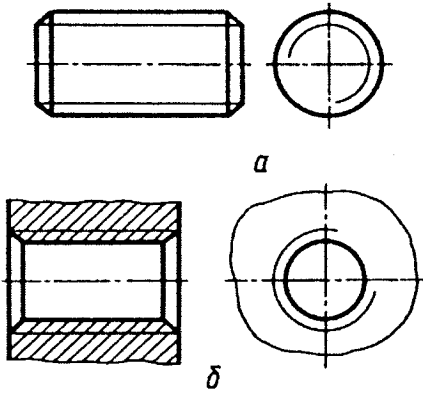


Рис. 4.3.7

різьби показують зі збігом, а розміри наносять так, як показано на рис. 4.3.4, б. Збіг різьби зображують суцільною тонкою прямою лінією (див. рис. 4.3.4, б, 4.3.5, а, в). Зображення недорізу різьби показано на рис. 4.3.5, а, в. Недоріз допускається зображувати так, як показано на рис. 4.3.5, б, г.

Основну площину конічної різьби на стрижні в разі потреби показують

суцільною тонкою лінією (рис. 4.3.6, а). На кресленнях, за якими різьби не виконують, кінець глухого нарізного отвору допускається зображувати так, як показано на рис. 4.3.6, б, в, навіть за наявності різниці між глибиною отвору і довжиною різьби. Фаски, які на стрижні і в отворі з різьбою не мають спеціального конструктивного призначення, в проекції на площину, перпендикулярну до осі стрижня чи отвору, не показують (рис. 4.3.7). Суцільна тонка лінія зображення різьби на стрижні повинна перетинати лінію межі фаски (рис. 4.3.7, а).

Різьбу із нестандартним профілем (рис. 4.3.8) зображують із зазначенням усіх розмірів, потрібних для її виготовлення, — кроку, ширини западини, зовнішнього і внутрішнього діаметрів, граничних відхилень тощо.

Крім цих параметрів, на кресленні показують додаткові дані про кількість заходів і напрямок (для лівої різьби).

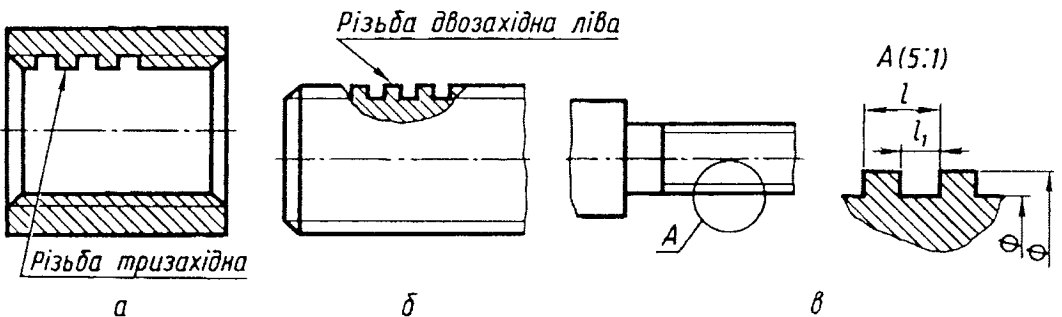


Рис. 4.3.8

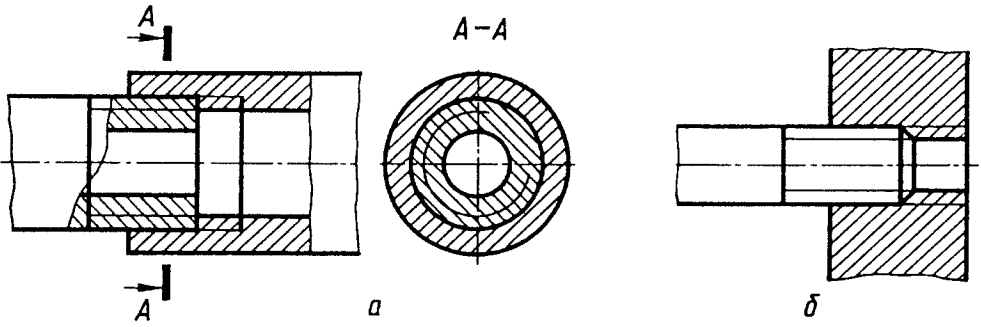


Рис. 4.3.9

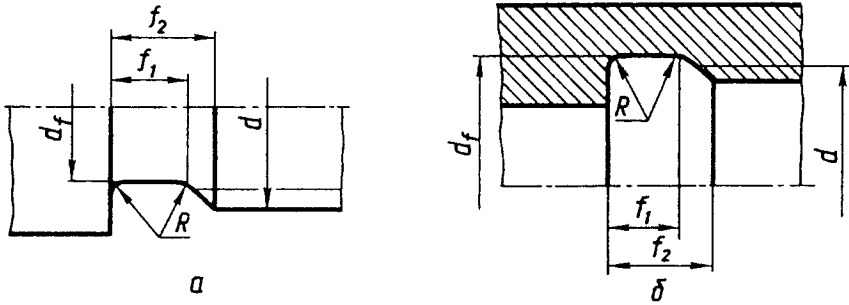


Рис. 4.3.10

На розрізах нарізного з'єднання в зображенні на площині, паралельній його осі, в отворі показують тільки частину різьби, яка не закрита різьбою стрижня (рис. 4.3.9).

Коли нарізують різьбу, на стрижні і в отворі виконують спеціальний

технологічний елемент, потрібний для виходу різьбонарізного інструмента, — проточку (кільцеву канавку на стрижні або кільцеву виточку в отворі).

Форму проточок для зовнішньої і внутрішньої метричної різьби показано на рис. 4.3.10. Розміри збігів, недорізів

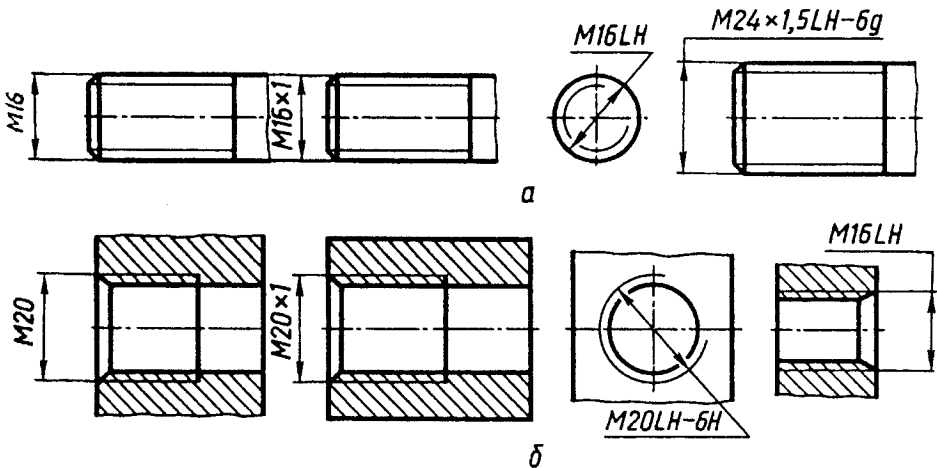


Рис. 4.3.11

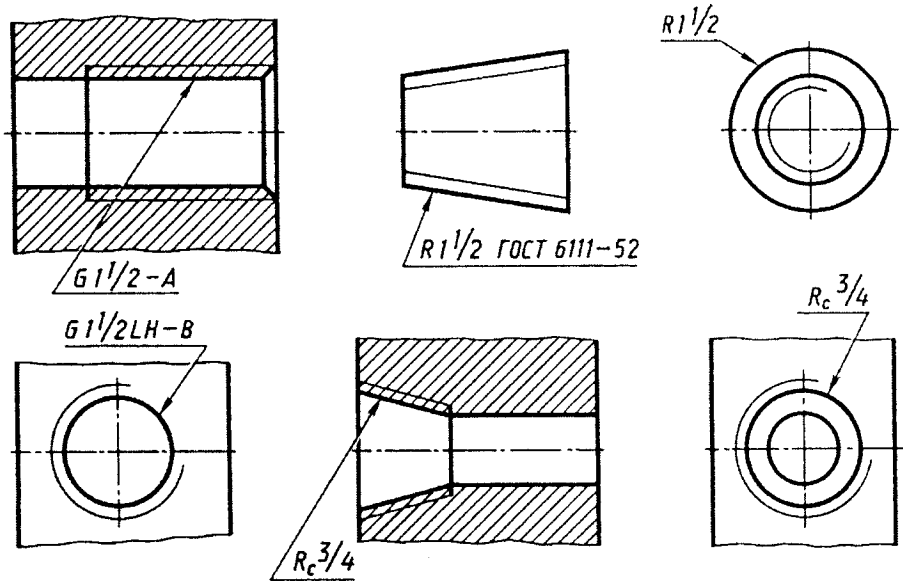


Рис. 4.3.12

і проточок для зовнішньої і внутрішньої метричної різьби повинні відповідати ГОСТ 27148-86.

Позначення різьби на кресленнях показують за відповідними стандар-

тами на розміри та граничні відхилення і відносять їх для всіх різьб, крім конічних і трубної циліндричної, до зовнішнього діаметра (див. рис. 4.3.11, 4.3.12).

4.4. КРІПІЛЬНІ НАРІЗНІ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги до кріпильних деталей. ГОСТ 1759.0-87 встановлює вимоги до механічних властивостей кріпильних виробів, види й умовні позначення покриттів для них, маркування, пакування виробів та їх умовні позначення. Крім того, механічні властивості кріпильних виробів з вуглецевих нелегованих і легованих сталей регламентуються ГОСТ 1759.4-87 (болти, гайки, крім установлювальних, шпильки) та ГОСТ 1759.5-87 (гайки).

Допуски, методи контролю за розмірами та відхиленнями, форми й розташування поверхонь встановлює ГОСТ 1759.1-82.

Дефекти поверхонь і методи їхнього контролю для болтів, гвинтів і шпильок регламентує ГОСТ 1759.2-82, для гайок ГОСТ 1759.3-82.

ГОСТ 27148-86 встановлює розміри збігів нарізної або накатаної різьби, розміри недорізів при виконанні різьби до упору, форму і розміри проточок для кріпильних виробів з метричною різьбою (ГОСТ 8724-81 на діаметри і кроки та ГОСТ 24705-81 на основні розміри).

Механічні властивості болтів, гвинтів і шпильок з вуглецевих нелегованих і легованих сталей відповідно до ГОСТ 1759.4-87 за нормальної температури

характеризуються 10-ма класами міцності, а саме: 3.6; 4.6; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 8.8; 9.8; 10.9; 12.9.

Клас міцності позначено двома числами, розділеними крапкою. Перше число, помножене на 100, є мінімальним тимчасовим опором, Н/мм², а друге число, помножене на 10, — відношенням межі текучості до тимчасового опору, %. Добуток обох чисел, помножений на 10, визначає межу текучості, Н/мм². Наприклад, для класу міцності 5.8 мінімальний тимчасовий опір становить 500 Н/мм², межа текучості — 400 Н/мм², а відношення межі текучості до тимчасового опору — 80%.

Для гайок з вуглецевих нелегованих і легуваних сталей за нормальної температури передбачаються такі класи міцності: 4; 5; 6; 8; 9; 10; 12 — для номінальної висоти гайок $h \geq 0,8d$, а також 04 та 05 для $0,5d \leq h < 0,8d$.

Точність кріпильних виробів може бути грубою (клас С), нормальною (клас В) і підвищеною (клас А). Випускають кріпильні вироби без покриття або з покриттям (табл. 4.4.1). Товщину покриття для певного виду матеріалу вибирають за ГОСТ 9.303-84.

Умовні позначення кріпильних деталей. Згідно з ГОСТ 1759.0-87, повні умовні позначення болтів, гвинтів і шпильок з вуглецевих сталей класів міцності 3.6...6.8, гайок з вуглецевих сталей класів міцності 4...8 і 04 та кріпильних виробів з кольорових металів даються за схемою:

болт А2М20×1,5-ЛН6g×60.58.С029

ГОСТ ...,

де А — клас точності; 2 — виконання; М20 — діаметр різьби, мм; 1,5 — малий крок різьби, мм; ЛН — напрямок різьби; 6g — поле допуску різьби; 60 — дов-

жина болта, мм; 58 — клас міцності (крапку між цифрами не ставлять) або група; С — вказівка про застосування спокійної сталі; 02 — цифрове позначення виду покриття; 9 — товщина покриття, мкм; ГОСТ... номер стандарту на конструкцію та розміри деталі.

Таблиця 4.4.1
Умовні позначення видів покриття кріпильних деталей

Вид покриття	Умовне позначення	
	за ГОСТ 9.306-85	цифрове
Цинкове хромотоване	Ц. хр.	01
Кадмієве хромотоване	Кд. хр.	02
Багатошарове:		
мідь-нікель	М.Н.	03
мідь-нікель-хром	М.Н.Х	04
Окисне, просочене мастилом	Хім. Окс. прм	05
Фосфатне, просочене мастилом	Хім. Фос. прм	06
Олов'яне	0	07
Мідне	М	08
Цинкове	Ц	09
Цинкове гаряче	Гар-Ц	09
Окисне, наповнене хроматами	Ан. Окс. нхр	10
Окисне, з кислих розчинів	Хім. пас.	11
Срібне	Ср	12
Нікелеве	Н	13

В умовному позначенні не зазначають виконання 1, великий крок різьби, праву різьбу, відсутність покриття, параметри, які однозначно визначаються стандартами на конкретні кріпильні

вироби, а також клас точності В, якщо стандартом на конкретні кріпильні вироби передбачені два класи точності (А і В). Позначаючи виріб, виготовлений з автоматної сталі, після цифри, яка означає клас міцності, ставлять літеру А.

Умовні позначення болтів, гвинтів і шпильок класів міцності 8.8 і вище, гайок класів міцності 05, 8 і вище, виробів з корозіє-, жаро-, теплостійких і жароміцних сталей, а також виробів, матеріал чи покриття яких не передбачені ГОСТ 1759.0-87, зберігають ті самі показники, але замість вказівки про використання спокійної сталі в позначеннях цих деталей зазначають марку сталі чи сплаву.

В умовному позначенні багатошарового покриття зазначають загальну (сумарну) для всіх компонентів товщину. Наприклад, якщо товщина покриття МЗНЗХ1 (умовне позначення 04) — 7 мкм, то загальне позначення покриття — 047.

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

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

конструкцію; розміри деталі. Вироби можуть бути без покриття або мати такі види покриттів: цинкове з хромуванням (01), кадмієве з хромуванням (02), окисне (05), фосфатне, просочене мастилом (06).

Позначаючи кріпильний виріб, виготовлений з автоматної сталі, після цифри, що означає групу матеріалу, ставлять літеру А. Для виробів, виготовлених з матеріалу груп 21, 23, 25, а також виробів, матеріал чи покриття яких не передбачені ГОСТ 18126-94, в умовному позначенні замість групи матеріалу і вказівки про застосування спокійної сталі записують марку матеріалу. У цьому разі вид покриття позначають відповідно до ГОСТ 9306-85.

КОНСТРУКЦІЯ ТА РОЗМІРИ ЕЛЕМЕНТІВ КРІПІЛЬНИХ НАРІЗНИХ ВИРОБІВ

Основні розміри шестигранних головок болтів, гвинтів і шурупів, а також шестигранних гайок встановлює ГОСТ 24671-84. Кінці болтів, гвинтів і шпильок можуть бути десяти різних форм.

Болти. Болт являє собою циліндричний стрижень з головкою на одному кінці і з різьбою — на другому. На нарізну частину болта нагвинчується гайка. Болти розрізняють за формою та розміром головки, за формою стрижня, за кроком різьби, за характером виконання (див. рис. 4.4.1...4.4.3), за точністю виготовлення.

Залежно від умов роботи та призначення головки болтів можуть мати шестигранну (див. рис. 4.4.1, 4.4.2), напівкруглу (див. рис. 4.4.3, а, в, е) та потайну (див. рис. 4.4.3, б, г, в, е) форми. Болти з шестигранною і шестигранною зменшеною головками та шестигранною зменшеною головкою і напівкруглим підголовком виготовляють

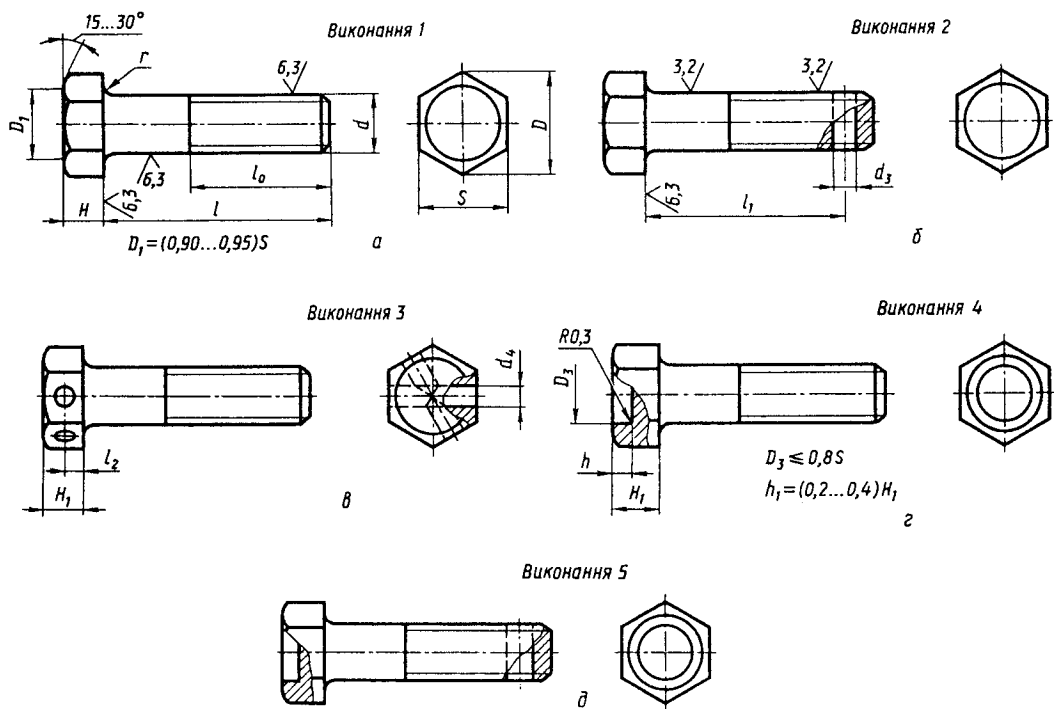


Рис. 4.4.1

нормальної, підвищеної та грубої точності (класи точності відповідно В, А, С). Вони різняться класами чистоти нарізної поверхні, циліндричного стрижня та опорної поверхні головки. На рис. 4.4.1, б показано чистоту поверхні болтів класу точності А (підвищена точність), на рис. 4.4.1, а і 4.4.2, а — болтів класу точності В (нормальна точність) і на рис. 4.4.2, б — болтів класу точності С (груба точність).

Залежно від варіанту виконання болти можуть бути з отвором для

шпінта у стрижні (рис. 4.4.1, б, д) або з двома отворами в головці (див. рис. 4.4.3, в). Для забезпечення точного взаємного положення деталей передбачено болти з шестигранною зменшеною головкою для отворів з під розвертки. Болти з напівкруглою головкою виготовляють з вусом (див. рис. 4.4.3, а), а болти зі збільшеною напівкруглою головкою — з вусом (див. рис. 4.4.3, в) або з квадратним підголовком (див. рис. 4.4.3, е), а зі збільшеною потайною головкою — з

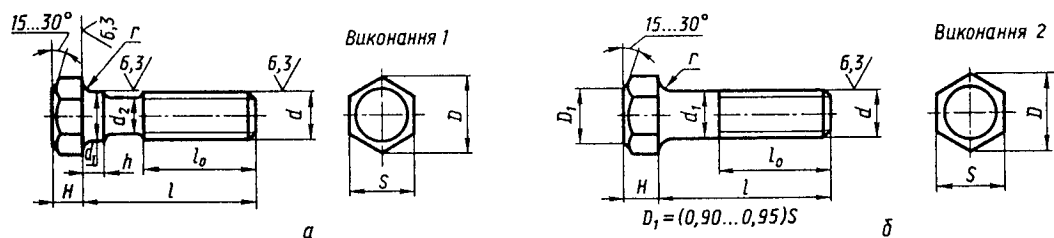


Рис. 4.4.2

квадратним підголовком (рис. 4.4.3, б, є). Болти з напівкруглою та збільшеною напівкруглою, а також з потайною та збільшеною потайною головками виготовляють класу точності С. Шинні болти (рис. 4.4.3, д) виготовляють з різьбою діаметром М10 класу точності С.

Конструкція і розміри болтів визначаються державними стандартами:

Болти з шестигранною головкою:

класу точності В (виконання 1...4) ГОСТ 7798-70
 класу точності А (виконання 1...4) ГОСТ 7805-70
 класу точності С (виконання 1) ГОСТ 15589-70

Болти з шестигранною зменшеною головкою:

класу точності В (виконання 1...5) ГОСТ 7796-70
 класу точності А (виконання 1...5) ГОСТ 7808-70
 класу точності С (виконання 1,2) ГОСТ 15591-70

Болти з шестигранною зменшеною головкою і напрямним підголовком:

класу точності В (виконання 1...5) ГОСТ 7795-70
 класу точності А (виконання 1...5) ГОСТ 7811-70
 класу точності С (виконання 1,2) ГОСТ 15590-70

Болти з шестигранною зменшеною головкою для отворів з-під розвертки

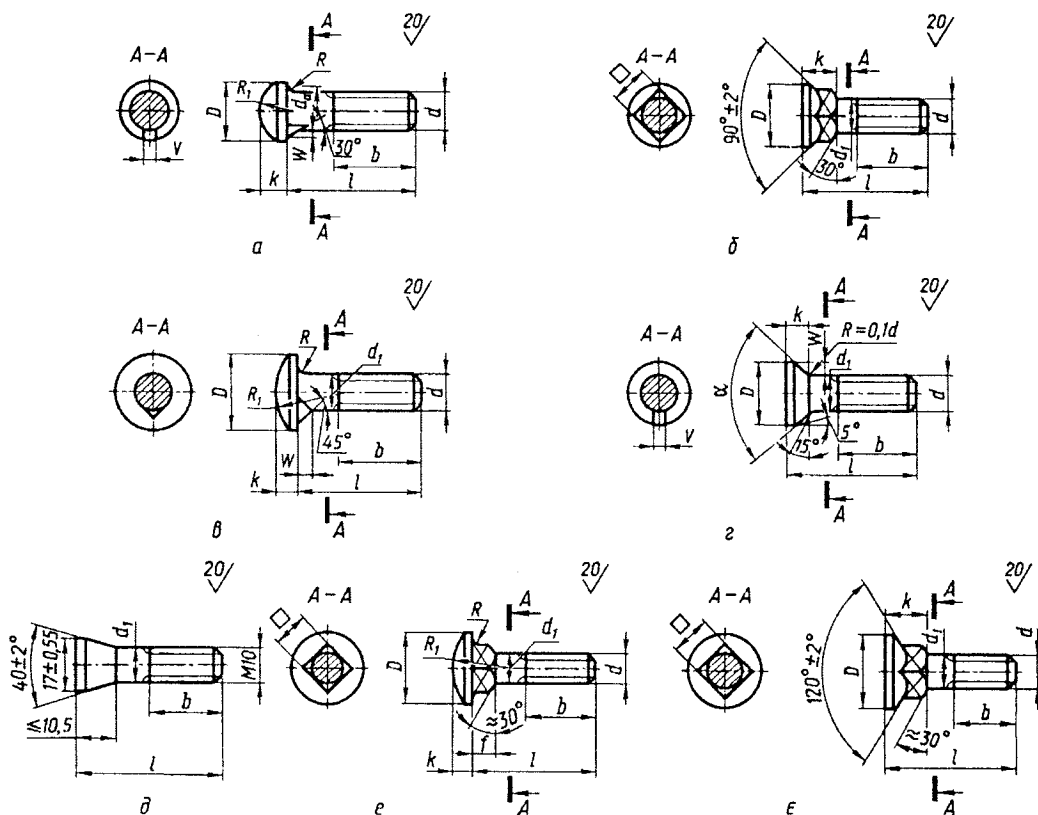


Рис. 4.4.3

(клас точності А) ГОСТ 7817-80

Болти з шестигранною головкою

і діаметром різьби понад 48 мм

(клас точності В) ГОСТ 10602-94

Болти з шестигранною зменшеною го-

ловкою і діаметром різьби понад 48 мм

(класи точності В і А) ГОСТ 18125-72

Болти з напівкруглою головкою з вусом

(клас точності С) ГОСТ 7783-81

Болти зі збільшеною напівкруглою

головкою (клас точності С):

з вусом ГОСТ 7801-81

з квадратним

підголовком. ГОСТ 7802-81

Болти з потайною головкою

(клас точності С):

з вусом ГОСТ 7785-81

з квадратним

підголовком. ГОСТ 7786-81

Болти зі збільшеною потайною

головкою і квадратним підголовком

(клас точності С) ГОСТ 17673-81

Болти шинні

(клас точності С) ГОСТ 7787-81

Болти відкидні

(виконання 1,2,3) ГОСТ 3033-79

Рим-болти ГОСТ 4751-73

Болти фундаментні ГОСТ 24379.1-80

Болти високоміцні

(клас точності В) ГОСТ 22353-77

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

Болти з шестигранними головками (див. табл. 4.4.2) можуть мати різьбу із великим або малим кроком; при цьому для кожного діаметра стандарт передбачає лише один крок. Різьба болтів з напівкруглими або потайними головками — лише з великим кроком. Розміри різьби вибирають за ГОСТ 24705-81, недоріз за ГОСТ 27148-80, радіус закруглення під головкою — за ГОСТ 24670-81.

Приклади умовних позначень шестигранних болтів:

болт виконання 1, діаметр різьби $d = 20$ мм, довжина $L = 90$ мм, з великим кроком різьби, з полем допуску 6g, клас міцності 5.8, без покриття:

болт М20-6g×90.58 ГОСТ 7798-70;

болт виконання 3, діаметр різьби $d = 20$ мм, довжина $L = 90$ мм, з малим кроком різьби, з полем допуску 6g, клас міцності 10.9, зі сталі 40Х, з покриттям 01 завтовшки 9 мкм: *болт 3М20×1,5-6g×90.109.40×019 ГОСТ 7798-78.*

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

Відкидні болти виготовляють класів точності В і С. Їх використовують для швидкого затискання та звільнення деталей. Вони бувають трьох виконань (див. рис. 4.4.4):

1 — болти з круглою головкою (див. табл. 4.4.3);

2 — болти з круглою головкою та отвором під шплінт (див. табл. 4.4.3);

3 — болти з вилкою.

Гайки відкидного болта виконання 2 стопорять штифтом, який вставляють в отвір болта і розклепують з двох боків.

Приклад умовного позначення відкидного болта класу точності В, виконання 1, з діаметром різьби $d = 6$ мм і полем допуску 6g, завдовжки $L = 32$ мм, класу міцності 3.6, зі спокійної сталі, покриття 01, товщина якого 6 мкм:

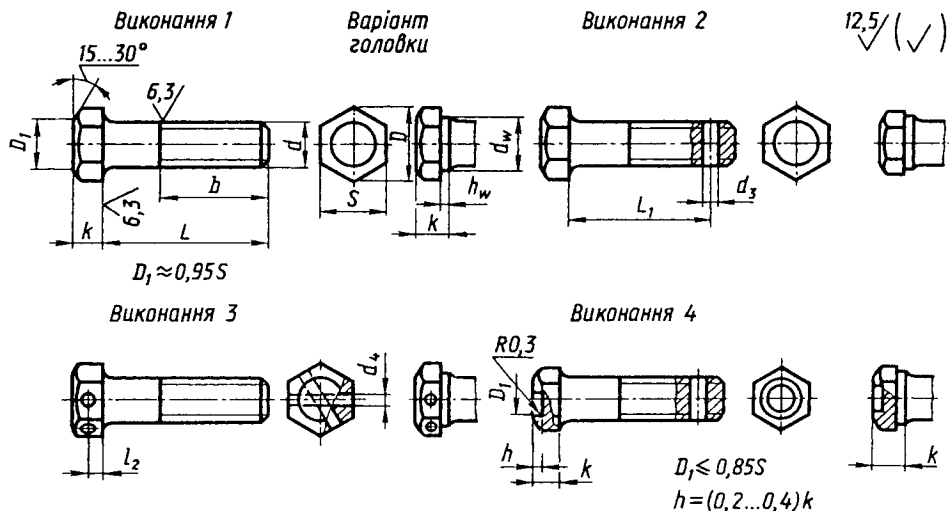
болт В.М6-6g×32.36.С.016

ГОСТ 3033-79.

Рим-болти (див. табл. 4.4.4, рис. 4.4.5) призначені для піднімання та опускання під час транспортування та монтажу деталей і виробів великої маси. Їх виготовляють штампуванням зі сталі марки 20 або 25 за ГОСТ 1050-74. Допускається також виготовлення куванням.

Таблиця 4.4.2

Розміри, мм, шестиграних болтів, класу точності В



Номинальний діаметр різьби d	Крок різьби P		d_2	s	k	h_w	d_{wmin}	c_{max}	d_3	d_4	l_2
	великий	малий									
6	1	—	6	10	4	0,15...0,6	8,7	10,9	1,6	2	2
8	1,25	1	8	13	5,3		11,5	14,2	2	2,5	2,8
10	1,5	1,25	10	17	6,7		15,5	18,7	2,5	3,2	3,5
12	1,75	1,25	12	19	7,5		17,2	20,9	3,2	3,2	4
(14)	2	1,5	14	22	8,8		20,1	24	3,2	3,2	4,5
16	2	1,5	16	24	10,	0,2...0,8	22	26,7	4	4	5
(18)	2,5	1,5	18	27	12		24,8	29,6	4	4	6
20	2,5	1,5	20	30	12,5		27,7	33	4	4	6,5
(22)	2,5	1,5	22	32	14		29,5	35	5	4	7
24	3	2	24	36	15		33,2	39,6	5	4	7,5
(27)	3	2	27	41	17		38	45,2	5	4	8,5
30	3,5	2	30	46	18,7		42,7	50,9	6,3	4	9,5
36	4	3	36	55	22,5		51,1	60,8	6,3	5	11,5
42	4,5	3	42	65	26	$\geq 0,25$	59,9	71,3	8	5	13
48	5	3	48	75	30		69,4	82,6	8	5	15

Примітки: 1. Ряд довжин болтів L : 8; 10; 12; 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; 32; 35; (38); 40; 45; 50; 60; 65; 70; 75; 80; (85); 90; (95); 100; (105); 110; (115); 120; (125); 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 220; 240; 260; 280.

2. Болти з номінальними діаметрами різьби та довжинами, наведеними в дужках, використовувати не рекомендується.

Таблиця 4.4.3

Розміри, мм (див. рис. 4.4.4), відкидних болтів виконання 1 і 2 (ГОСТ 3033-79)

Номинальний діаметр різьби d	L	l_0	D	d_1	d_2	b	l	R
5	25...60	16...30	10	4	1,6	6	2,5	4
6	32...70	16...35	12	5	1,6	8	2,5	5
8	36...80	20...45	14	6	2	10	3,5	6
10	40...100	18...65	18	8	2	12	3,5	6
12	45...125	30...75	20	10	2	14	3,5	8
(14)	50...140	30...90	24	12	3	16	4,5	10
16	60...160	40...110	28	14	5	18	4,5	10
20	80...200	55...110	34	18	4	22	5,5	12
24	100...250	70...125	42	20	4	26	5,5	16
30	125...280	90...125	52	25	4	34	5,5	20
36	140...320	95...140	64	30	4	40	7	22

Примітка. Болти з різьбою $d = 14$ мм використовувати не рекомендується.

Таблиця 4.4.4

Конструкція і розміри, мм, рим-болтів (див. рис. 4.4.5)

Діаметр різьби d	d_1	d_2	d_3	d_4	b	h	h_1	l	l_1	r_{\min}	r_1
M8	36	20	8	20	10	12	6	18	12	2	4
M10	45	25	10	25	12	16	8	21	15	2	4
M12	51	30	12	30	14	18	10	25	19	2	4
M16	63	35	14	36	16	20	12	32	25	2	6
M20	72	40	16	40	19	24	14	38	29	2	8
M24	90	50	20	50	24	29	16	45	35	3	12
M30	108	60	24	63	28	37	18	56	44	3	15
M36	126	70	28	75	32	43	22	63	51	4	18
M42	144	80	32	85	38	50	25	72	58	4	20
M48	152	90	36	95	42	52	30	82	68	4	22
M56	180	100	40	105	48	60	34	95	78	5	25
M64	198	110	44	115	52	65	40	110	93	5	2,5
M72×6	234	130	52	135	62	75	45	115	98	5	35
M80×6	270	150	60	160	70	88	50	125	108	5	35
M100×6	324	180	72	190	86	105	60	150	133	5	40

Примітка. Розміри фасок і збігів різьби — за ГОСТ 10549-63

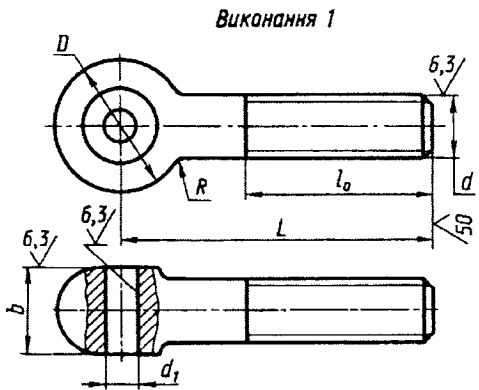
Фундаментні болти (ГОСТ 24379.1-80) використовують для закріплення

будівельних конструкцій і обладнання. Їх виготовляють з діаметром різьби 12...140 мм. Фундаментні болти класифікують за конструкцією, способом встановлення у фундаменті, способом закріплення в бетоні фундаменту та за умовами експлуатації.

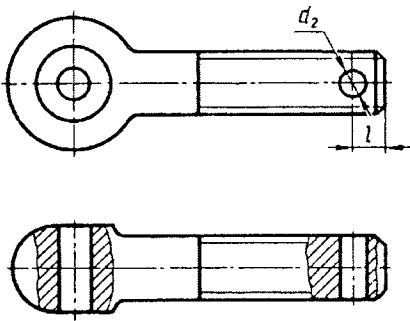
Гайки. Гайка являє собою виріб, який має отвір з різьбою для нагвинчування на болт або шпильку. Гайки класифікують за формою поверхні, характером виконання, кроком різьби та за точністю виготовлення.

За формою поверхні розрізняють гайки шестигранні (див. рис. 4.4.6, а, б), круглі (див. рис. 4.4.7, г), ковпачкові та гайки-баранці (див. рис. 4.4.7, в). Найширше використовуються шестигранні гайки, які виготовляються класів точності А, В і С (підвищеної, нормальної та грубої точності). Клас точності визначає чистоту окремих поверхонь гайки. На рис. 4.4.6, б та 4.4.7, а показано чистоту поверхні гайок класу точності В, на рис. 4.4.6, а — класу точності А, а на рис. 4.4.6, в — класу точності С. У гайок класів точності А і В метрична різьба з великим або малим кроком, а у гайок класу точності С — лише з великим кроком.

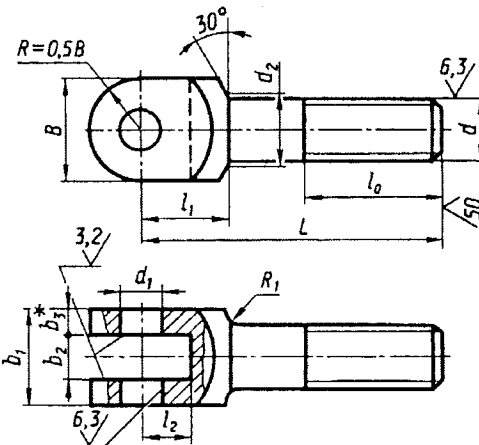
Шестигранні гайки (див. табл. 4.4.5) за конструкцією поділяються на звичайні (див. рис. 4.4.6, а...в), прорізні та



Виконання 2



Виконання 3



* Розміри для довідок

Рис. 4.4.4

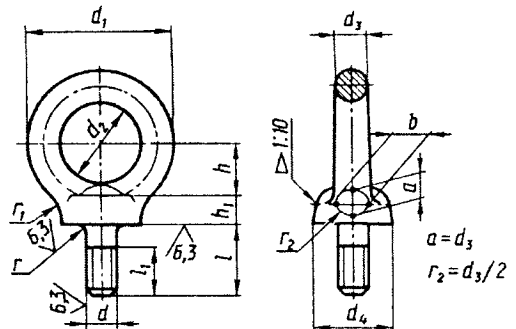


Рис. 4.4.5

корончасті (див. рис. 4.4.7, а, б), нормальні (див. рис. 4.4.6, а...в), низькі (див. рис. 4.4.6, г), високі та особливо високі (див. рис. 4.4.6, д). Висота низьких гайок $m = 0,5d$, нормальних — $0,8d$, високих — $1,2d$ і особливо високих — $1,5d$.

Конструкція і розміри гайок визначаються стандартами:

Гайки шестигранні:

класу точності В. ГОСТ 5915-70
те саме, А. ГОСТ 5927-70
те саме, С. ГОСТ 15526-70
низькі
класу точності В. ГОСТ 5916-70
те саме, А. ГОСТ 5929-70
високі
класу точності В. ГОСТ 15523-70
те саме, А. ГОСТ 15524-70
особливо високі
класу точності В. ГОСТ 15525-70
те саме, А. ГОСТ 5931-70
проріжні й корончасті
класу точності В. ГОСТ 5918-73
те саме, А. ГОСТ 5932-73
проріжні й корончасті низькі
класу точності В. ГОСТ 5919-73
те саме, А. ГОСТ 5933-73
з діаметром різьби понад 48 мм
класу точності В. ГОСТ 10605-94
корончасті
з діаметром різьби понад 48 мм
класу точності В. ГОСТ 10606-72
низькі
з діаметром різьби понад 48 мм
класу точності В. ГОСТ 10607-94
гайки шестигранні
зі зменшеним розміром для ключа
класу точності В. ГОСТ 15521-70
те саме, А. ГОСТ 2524-70
низькі
класу точності В. ГОСТ 15522-70
те саме, А. ГОСТ 2526-70

проріжні
класу точності А ГОСТ 2528-73
те саме, низькі ГОСТ 5935-73
з діаметром різьби понад 48 мм
класу точності А ГОСТ 10608-72
те саме, низькі ГОСТ 10610-72
корончасті
з діаметром різьби понад 48 мм
класу точності А ГОСТ 10609-72
Гайки круглі:
з отворами у торці
для ключа ГОСТ 6393-73
з радіально розташованими
отворами ГОСТ 8381-73
зі шліцом на торці
класу точності В. ГОСТ 10657-80
шліцьові
класів точності А і В. ГОСТ 11871-80
Гайки ковпачкові. ГОСТ 11860-73
Гайки-баранці. ГОСТ 3032-76
Гайки високоміцні
нормальної точності . ГОСТ 22354-77

За характером виконання гайки можуть бути трьох видів: виконання 1 з двома зовнішніми конічними фасками (див. рис. 4.4.6, а), виконання 2 з однією зовнішньою конічною фаскою (див. рис. 4.4.6, б), виконання з циліндричним або конічним виступом на одному торці і без зовнішніх фасок (див. рис. 4.4.6, в). Гайки виконання 3 виготовляють тільки класів точності С і В.

Тип гайки вибирають залежно від її призначення та умов роботи. Високі й особливо високі гайки використовують у тих випадках, коли в процесі експлуатації потрібно часто розбирати нарізне з'єднання, а також тоді, коли на з'єднання діє значне осьове зусилля. У разі незначних осьових зусиль використовують низькі гайки. Для завинчування вручну (без ключа) застосовують гайки-баранці.

У з'єднаннях, що працюють в умовах вібрації, використовують прорізні й корончасті гайки зі шплінтом або звичайні гайки зі стопорними при-

строями різної конструкції. Шестигранні гайки виготовляють також зі зменшеними розмірами "для ключа".

Приклади умовних позначень гайок:

гайка виконання 1, з діаметром різьби $d = 16$ мм, з великим кроком різьби і полем допуску 6Н, класу міцності 5, без покриття:

гайка М16-6Н.5 ГОСТ 5915-70;

Те саме, виконання 2, з малим кроком різьби і полем допуску 6Н,

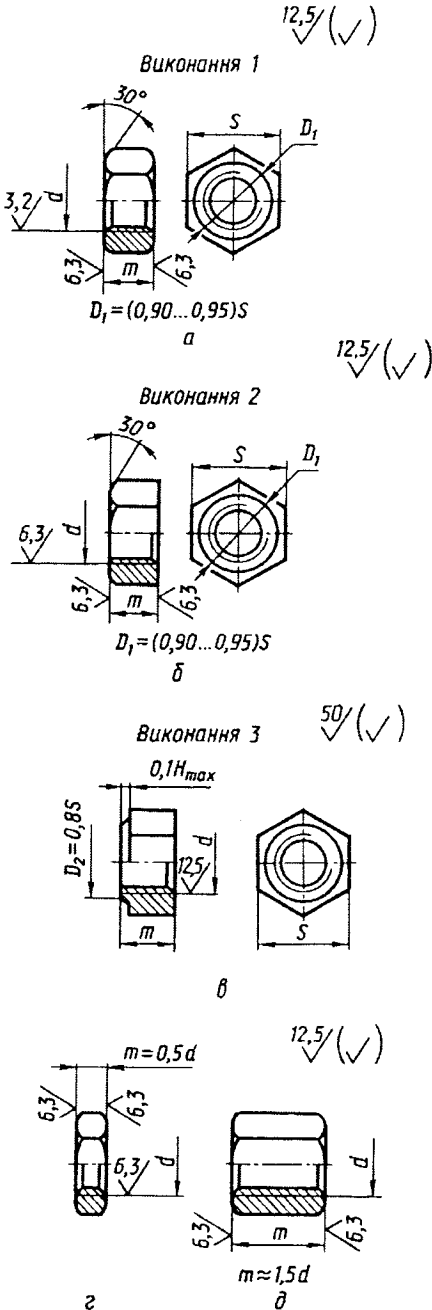


Рис. 4.4.6

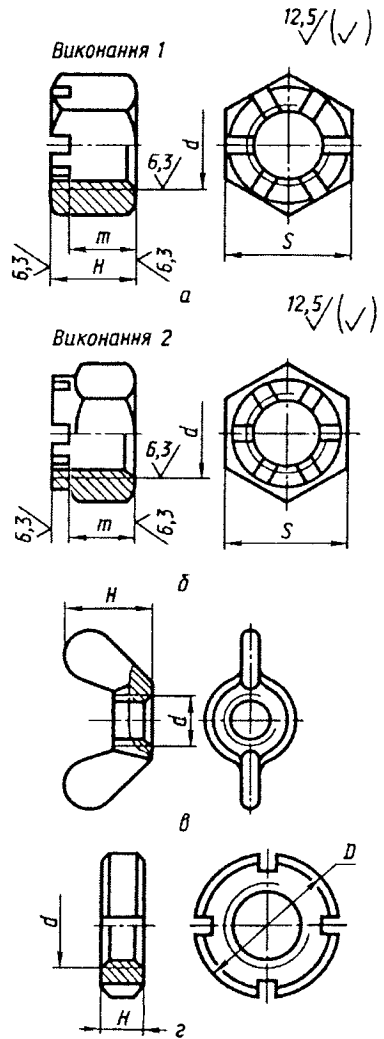
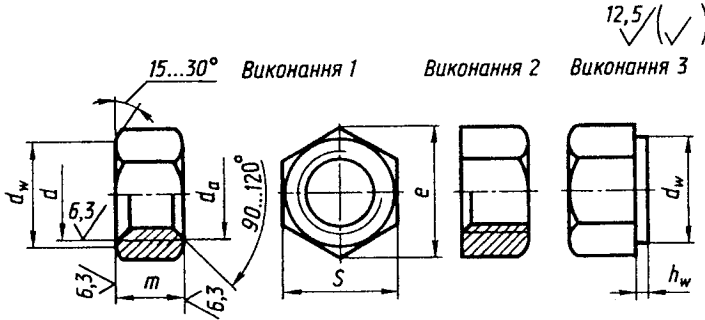


Рис. 4.4.7

класу міцності 12, зі сталі марки 40X, гайка 2М 16×1,5–6Н.12.40Х.019 ГОСТ з покриттям 0,1 завтовшки 9 мкм — 5915-70.

Таблиця 4.4.5
Розміри, мм, шестиграних гайок класу точності В (ГОСТ 5915-70)



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

Гвинти. Гвинт — це циліндричний стрижень з головкою на одному кінці і з різьбою для загвинчування в одну зі з'єднаних деталей — на другому. За призначенням гвинти поділяються на кріпильні та встановлювальні. Кріпильні гвинти використовують для рознімного з'єднання деталей, а встановлювальні — для їх взаємного фіксування. Для кріплення використовують також гвинти невідповідні, у яких діаметр гладкої частини стрижня становить приблизно 0,7 діаметра різьби. У машинобудуванні широко використовуються також самонарізні гвинти для металу і пластмас, також гвинти з накатаною головкою.

В умовному позначенні гвинтів нормальну довжину різьби не зазначають. Якщо ж різьба подовжена, то після позначення довжини гвинта через дефіс записують довжину різьби.

Приклади умовних позначень гвинтів:

гвинт з напівкруглою головкою (ГОСТ 17473-80) класу точності А, виконання 1, з діаметром різьби $d = 16$ мм, з великим кроком різьби і полем допуску 6g, довжиною $L = 80$ мм, з нормальною довжиною різьби $b = 38$ мм, класу міцності 4.8, без покриття,
гвинт А.М16-6g×80.48 ГОСТ 17473-80;

те саме, класу точності В, виконання 2, з малим кроком, збільшеною довжиною різьби $b = 58$ мм, з цинковим покриттям, завтовшки 9 мкм, хроматованим:

*гвинт В2.М16×1,5-6g×80-58.48.019
 ГОСТ 17473-80.*

Конструкція і розміри гвинтів (див. табл. 4.4.6) регламентуються державними стандартами:

Гвинти кріпильні:

з циліндричною головкою класів точності А і В з діаметром різьби 1...20 мм. ГОСТ 1491-80

з циліндричною закругленою головкою класів точності А і В з діаметром різьби 2...10 мм. ГОСТ 11644-75
 з циліндричною головкою і шестигранним заглибленням для ключа класу точності А ГОСТ 11738-84
 з напівпотайною головкою класів точності А і В з діаметром різьби 1...20 мм. ГОСТ 17474-80
 з потайною головкою класів точності А і В з діаметром різьби 1...20 мм. ГОСТ 17475-80
 напівкруглою головкою класу точності А з діаметром різьби 1...20 мм і класу точності В з діаметром різьби 2,5...20 мм ГОСТ 17473-80

Гвинти встановлювальні класів точності А і В:

з конічним кінцем і прямим шліцом ГОСТ 1476-93
 з плоским кінцем ГОСТ 1477-93
 з циліндричним кінцем. ГОСТ 1478-93
 з засвердленим кінцем. ГОСТ 1479-93
 з шестигранною головкою і циліндричним кінцем ГОСТ 1481-84
 з квадратною головкою і циліндричним кінцем ГОСТ 1482-84
 з шестигранною головкою і ступінчастим кінцем ГОСТ 1483-84
 з квадратною головкою і засвердленим кінцем. ГОСТ 1485-84
 з квадратною головкою і закругленим кінцем. ГОСТ 1486-84
 з квадратною головкою і буртиком ГОСТ 1488-84
 з конічним кінцем і шестигранним заглибленням для ключа ГОСТ 8878-93
 з плоским кінцем і шестигранним заглибленням для ключа ГОСТ 11074-93

з циліндричним кінцем
і шестигранним заглибленням
для ключа ГОСТ 11075-93

Гвинти не випадні:

з циліндричною
головкою ГОСТ 10336-80

з циліндричною головкою
і сферою. ГОСТ 10337-80

з шестигранною
головкою ГОСТ 10338-80

з потайною
головкою ГОСТ 10339-80

з напівпотайною
головкою ГОСТ 10340-80

з напівкруглою
головкою ГОСТ 10341-80

з циліндричною головкою
і шестигранним заглибленням
для ключа ГОСТ 10342-80

з лискою для ключа ГОСТ 10343-80

з накатаною
головкою ГОСТ 10344-80

**Гвинти самонарізні для металу
і пластмас класу точності В:**

з потайною головкою ГОСТ 10619-80

з напівпотайною
головкою ГОСТ 1620-80

з напівкруглою
головкою ГОСТ 10621-80

з напівкруглою головкою
і загостреним кінцем. ГОСТ 11650-80

з напівпотайною головкою
і загостреним кінцем. ГОСТ 11651-80

з потайною
головкою ГОСТ 11652-80

**Гвинти з накатаною головкою класів
точності А і В:**

з високою головкою. ГОСТ 21331-75

з низькою головкою
і конічним кінцем ГОСТ 21332-75

те саме, і ступінчастим
кінцем. ГОСТ 21334-75

те саме, і насвердленим
кінцем. ГОСТ 21335-75

те саме, і закругленим
кінцем. ГОСТ 21336-75

те саме, і циліндричним
кінцем. ГОСТ 21337-75

Загальні технічні умови на гвинти самонарізні для металу та пластмас встановлює ГОСТ 10618-80, а на гвинти накатаною головкою ГОСТ 21338-75.

Шурупи. Для з'єднання деталей з дерева чи м'яких пластмас використовують спеціальні гвинти з різьбою великого кроку та конічним гострим кінцем. Такі гвинти називають шурупами.

Шурупи виготовляють з вуглецевої сталі марок 08КП і 10КП (ГОСТ 10702-78, ГОСТ 1050-74 і ГОСТ 5663-79), з корозієстійкої сталі (ГОСТ 5632-72) та латуні (ГОСТ 12920-67 і ГОСТ 15527-70).

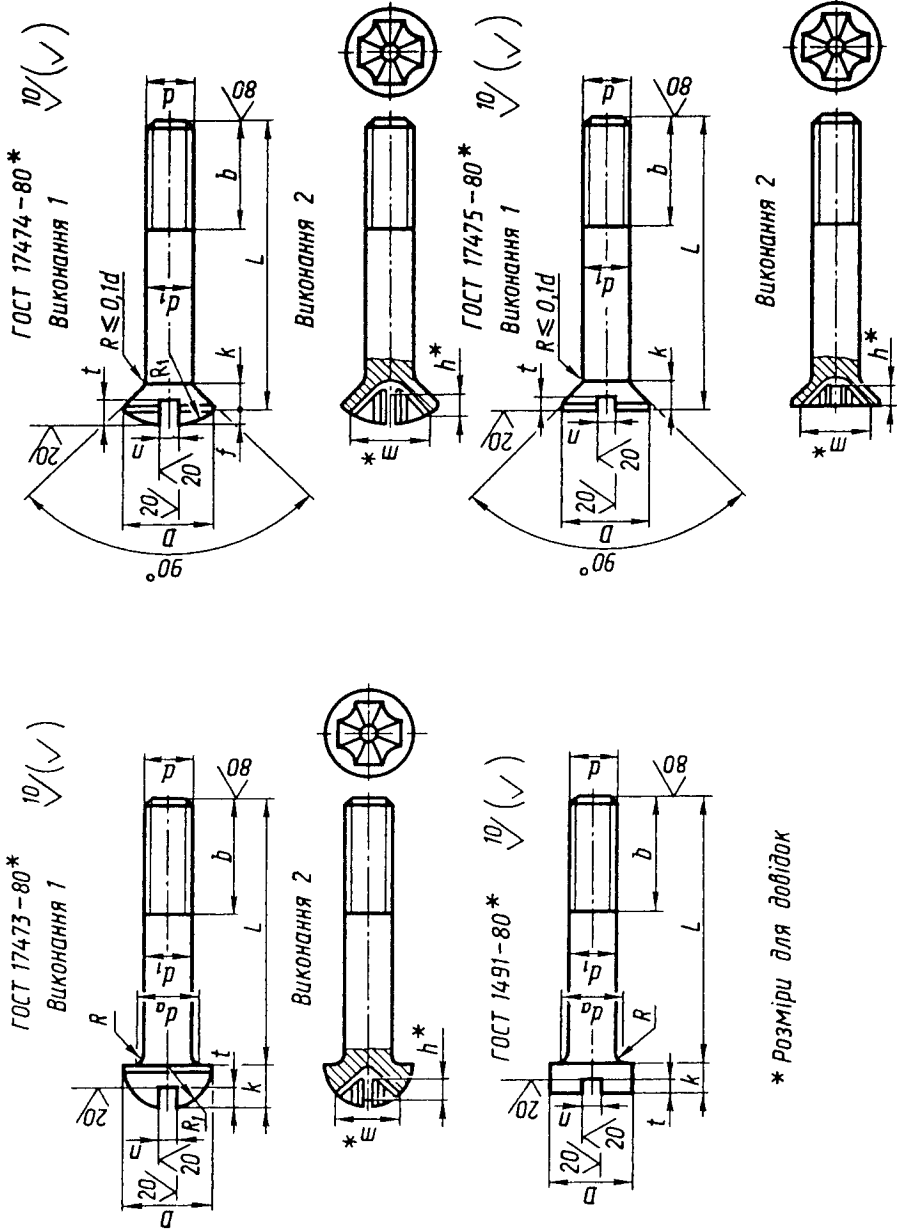
ГОСТ 1147-80 встановлює такі умовні позначення матеріалів: вуглецеві сталі — 0; корозієстійкі сталі — 2; латунь — 3.

Шурупи виготовляють з цинковим покриттям (умовне позначення 01) або без покриття. Товщину цинкового покриття вибирають залежно від умов експлуатації: для легких умов — не менше 6 мкм; для середніх і жорстких — не менше 9 мкм; для дуже жорстких — не менше 15 мкм.

До умовного позначення шурупів входять: найменування, виконання, діаметр виробу, його довжина, умовні позначення матеріалу та покриття, товщина покриття, позначення стандарту. В умовному позначенні не вказують матеріал для шурупів з вуглецевих сталей і відсутність покриття. Для шурупів, що виготовляються з матеріалу, не зазначеного в ГОСТ 1147-80, в умовному позначенні наводять марку матеріалу.

Таблиця 4.4.6

Розміри, мм, гвинтів класів точності А і В з циліндричною (ГОСТ 1491-80), напівкруглою (ГОСТ 17473-80), напівпотайною (ГОСТ 17474-80) та потайною (ГОСТ 17475-80) головками



Продовження таблиці 4.4.6

Параметри	Розміри при номінальному діаметрі різьби d , мм																			
	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20		
d_{max}	1,4	1,6	1,8	2,0	2,6	3,1	3,6	4,1	4,7	5,7	6,8	9,2	11,2	14,2	16,2	18,2	20,2	22,4		
Номер хрестоподібного шліца	-	-	-	-	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	-	-	-	-		
Діаметр хрестоподібного шліца m :																				
напівкруглої головки	-	-	-	-	2	2,6	3	4,1	4,6	5,2	7	8,2	10,6	11,8	-	-	-	-		
напівпотайної головки	-	-	-	-	2,3	3	3,3	4,4	4,8	5,4	7,3	8,7	11,2	12,6	-	-	-	-		
потайної головки	-	-	-	-	2	2,7	2,8	4	4,3	4,6	6,5	7,5	9,7	10,7	-	-	-	-		
Максимальна глибина хрестоподібного шліца h :																				
напівкруглої головки	-	-	-	-	1,2	1,3	1,7	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6	5,6	6,8	-	-	-	-		
напівпотайної головки	-	-	-	-	1,5	1,6	2	2,2	2,5	3,1	3,5	5	6,1	7,5	-	-	-	-		
потайної головки	-	-	-	-	1,1	1,4	1,5	1,7	2	2,3	2,7	3,7	4,6	5,6	-	-	-	-		

Примітки:

1. Ряд довжин гвинтів L : 2; (2,5); 3; (3,5); 4; 5; 6; (7); 8; 9; 10; 11; 12; (13); 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; (85); 90; (95); 100; 110; 120. Довжини, наведені в дужках, використовувати не рекомендується.

2. Діаметр гладкої частини d_1 повинен дорівнювати зовнішньому діаметрові різьби або діаметрові стрижня для накачування метричної різьби за ГОСТ 19256-73.

Приклади умовних позначень шурупів:

шуруп з шестигранною головкою (діаметр — 12 мм, довжина — 50 мм) з низьковуглецевої сталі, без покриття:

шуруп 12×50 ГОСТ 11473-75;

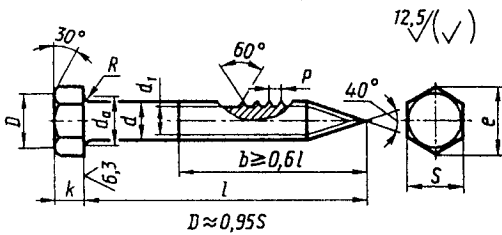
те саме, корозістійкої сталі, з цинковим покриттям, завтовшки 9 мкм. хроматований:

шуруп 12×50.2.019 ГОСТ 11473-75.

Конструкція та розміри шурупів (табл. 4.4.7) визначаються стандартами:

Таблиця 4.4.7

Розміри, мм, шурупів з шестигранною головкою (ГОСТ 11473-75)



d	d_{1max}	p	S	k	e	R_{min}	d_{amax}
6	4,2	2,5	10	4	10,7	0,25	7,2
8	5,6	3,5	13	5,5	13,95	0,4	10,2
10	7	4,5	17	7	18,39	0,4	12,2
12	9	5	19	8	20,51	0,6	15,2
16	12	6	24	10	25,7	0,6	19,2
20	15	7	30	13	32,37	0,8	24,2

шуруп 12×50.2.019 ГОСТ 11473-75:
 з шестигранною
 головкою ГОСТ 11473-75
 з напівкруглою
 головкою ГОСТ 1144-80
 з потайною головкою ГОСТ 1145-80
 з напівпотайною
 головкою ГОСТ 1146-80

Шпильки. Нарізну деталь, яка являє собою циліндричний стрижень з

різьбою на обох кінцях, називають шпилькою. Шпильки випускають класів точності А і В у двох виконаннях. Діаметр стрижня шпильок виконання 2 приблизно дорівнює середньому діаметрові різьби.

Умовні позначення елементів шпильок (див. рис. 4.4.8, табл. 4.4.8):
 d — номінальний діаметр різьби; P — крок різьби; d_1 — діаметр стрижня; l — довжина шпильки; l_1 — довжина загвинчуваного нарізного кінця; l_0 — довжина різьби гайкового кінця. Довжина l_1 залежить від матеріалу тієї деталі, в яку загвинчують шпильку. Для твердих матеріалів l_1 дорівнює d і $1,25d$, для м'яких — $1,6d$, $2d$ і $2,5d$.

Конструкція і розміри шпильок визначаються стандартами:

з загвинчуванним кінцем завдовжки d :
 класу точності В. ГОСТ 22032-76
 те саме, А. ГОСТ 22033-76
 з загвинчуванним кінцем завдовжки $1,25d$:
 класу точності В. ГОСТ 22034-76
 те саме, А. ГОСТ 22035-76
 з загвинчуванним кінцем завдовжки $1,6d$:
 класу точності В. ГОСТ 22036-76
 те саме, А. ГОСТ 22037-76
 з загвинчуванним кінцем
 завдовжки $2d$:
 класу точності В. ГОСТ 22038-76
 те саме, А. ГОСТ 22039-76
 з загвинчуванним кінцем завдовжки $2,5d$:
 класу точності В. ГОСТ 22040-76
 те саме, А. ГОСТ 22041-76
 Для деталей з гладкими отворами:
 класу точності В. ГОСТ 22042-76
 те саме, А. ГОСТ 22043-76

Шпильки за ГОСТ 22032-76... ГОСТ 22041-76 виготовляють з номінальним діаметром різьби 2...48 мм: з великим

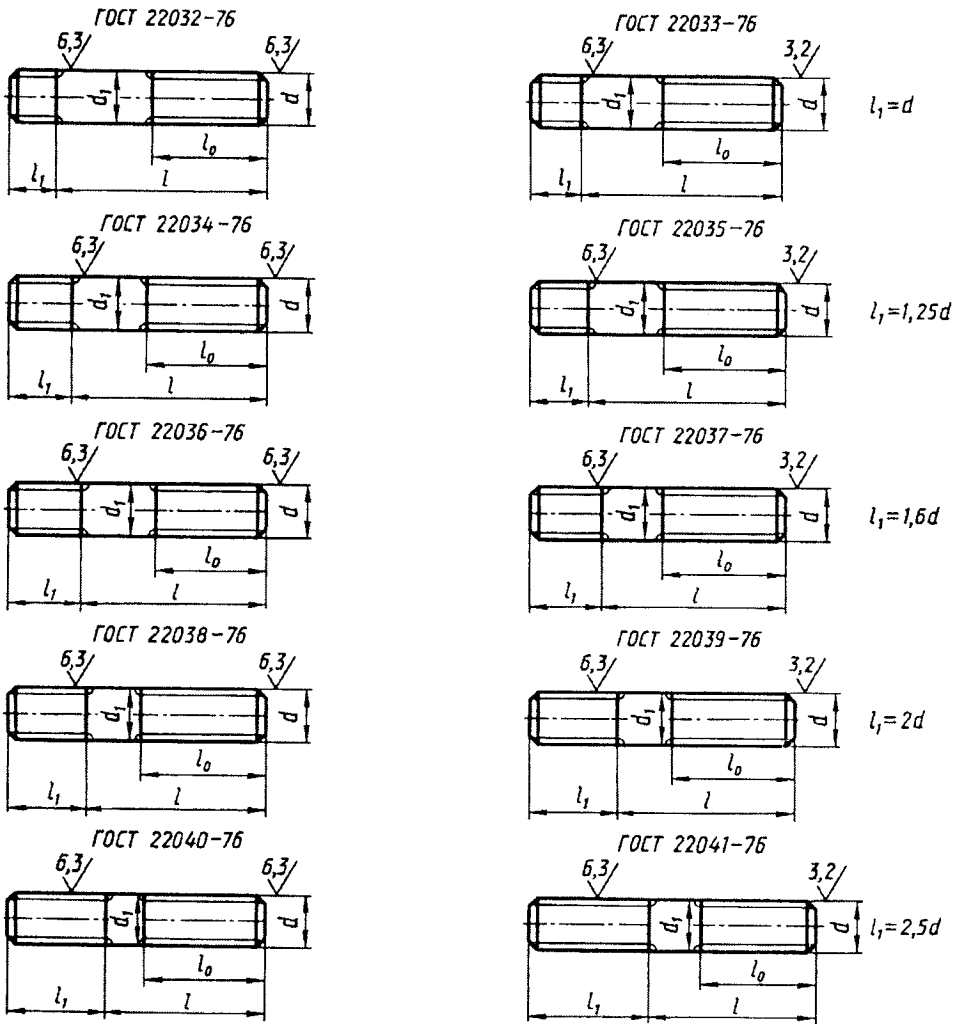


Рис. 4.4.8

кроком різьби на гайковому та загвинчуваному кінцях; з малим кроком різьби на обох кінцях; з малим кроком різьби на загвинчуваному кінці і великим на гайковому; з великим кроком різьби на загвинчуваному кінці і малим на гайковому.

В умовному позначенні шпильок зазначають: найменування виробу (слово "шпилька"); цифру 2 для шпильок виконання 2; діаметр різьби; крок різьби (лише для різьби з малим кро-

ком); поле допуску різьби; довжину шпильки; клас міцності; марку сталі або сплаву (лише для шпильок класу міцності понад 8.8 та для виробів з корозіє-, жаро-, теплостійких і жароміцних сталей); вид покриття і його товщину; позначення стандарту на шпильки.

Приклади умовних позначень шпильок:

шпилька з загвинчуваним кінцем завдовжки d , класу точності В (ГОСТ 22032-76), виконання 1, з діаметром

різьби $d = 20$ мм і великим кроком $P = 2,5$ мм, полем допуску 6g, довжиною $l = 150$ мм, класу міцності 5.8, без покриття:

шпилька $M20-6g \times 150.58$ ГОСТ 22032-76;

шпилька з загвинчуванним кінцем завдовжки $2,5d$, класу точності В, виконання 1, з діаметром різьби

$d = 20$ мм, з малим кроком $P = 1,5$ мм на загвинчуваному кінці і з великим кроком $P = 2,5$ мм на гайковому кінці, з полем допуску різьби 6g, довжиною $l = 160$ мм, класу міцності 6.6 з покриттям 0,5:

шпилька $M20 \times l_{1,5/2,5} - 6g \times 160.66.05$
ГОСТ 22040-76.

Таблиця 4.4.8

Основні розміри, мм (див. рис. 4.4.8), шпильок (ГОСТ 22032-76...ГОСТ 22041-76)

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

Примітки:

1. Довжину шпильок l вибирають із такого ряду: 10; 12; 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; (95); 100; (105); 110; (115); 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 240; 260; 280; 300 мм. Розміри в дужках використовувати не рекомендується.

2. Різьба — за ГОСТ 24705-81, поле допуску різьби 6g — за ГОСТ 16093-81, збіги різьби за ГОСТ 27148-86. Технічні вимоги — за ГОСТ 1759.0-87.

Шайби. Ці деталі встановлюють під гайку або головку болта для запобігання утворенню на матеріалі деталі задирів та змінань при затягуванні гайки, а також для уникнення можливості самовикручування кріпильної деталі. Шайби поділяють на круглі, стопорні та ін.

Конструкція і розміри шайб визначаються стандартами:

Шайби круглі:

класів точності С і А . ГОСТ 11371-78
збільшені,
класу точності С ГОСТ 6958-78
зменшені,
класу точності С ГОСТ 10450-78
косі, класу
точності С ГОСТ 10906-78
пружні ГОСТ 6402-70
для пальців ГОСТ 9649-78
упорні,
швидкознімні ГОСТ 11648-75
для високоміцних болтів,
класу точності В ГОСТ 22355-77

Шайби стопорні:

з зубцями
(технічні умови) ГОСТ 10462-81
з внутрішніми
зубцями ГОСТ 10462-81
з зовнішніми зубцями ГОСТ 10463-81
з зубцями для гвинтів
з потайною та напівпотайною
головками
з кутом 90° ГОСТ 10464-81
багатолапчасті ГОСТ 11872-80
з лапкою,
класу точності А ГОСТ 13463-77
з лапкою зменшені,
класу точності А ГОСТ 13464-77
з носком,
класу точності А ГОСТ 13465-77
з носком зменшені,
класу точності А ГОСТ 13466-77

В умовному позначенні круглих шайб (див. табл. 4.4.9) зазначають: найменування виробу; виконання (крім виконання 1); діаметр різьби кріпильної деталі; товщину, не передбачену стандартами на конкретні види шайб; умовне позначення марки (групи) матеріалу; марку матеріалу для груп 01,02, 11, 32 і для матеріалу, не передбаченого ГОСТ 18123-82; умовне позначення виду покриття (відсутність покриття не вказують); товщину покриття; позначення стандарту на конкретний вид шайби.

Приклад умовного позначення круглих шайб:

шайба виконання 1 (ГОСТ 11371-78) для кріпильної деталі діаметром 14 мм, товщиною, встановленою в стандарті, зі сталі марки 08КП, з цинковим покриттям завтовшки 6 мкм, хроматованим:
шайба 14.01.08КП 0.16 ГОСТ 11371-78.

Косі шайби підкладають під гайки або головки болтів для вирівнювання 10%-них похилів полицок двотаврових балок. Щоб запобігти самовідкручуванню гайок у з'єднаннях, які працюють в умовах вібрації та поштовхів, використовують пружні шайби. Шайби для пальців застосовують у шарнірних з'єднаннях механізмів загального призначення. Шестигранні гайки та болти з шестигранною головкою фіксують стопорними шайбами з лапкою та з носком. Ці шайби класу точності А виготовляють для кріпильних деталей з діаметром різьби 3...48 мм.

Штифти. Циліндричні, конічні або фасонні стрижні круглого перерізу називають штифтами. Штифтові з'єднання поширені в промисловості; вони використовуються для нерухомого з'єднання і точної фіксації двох деталей.

Таблиця 4.4.9

Розміри, мм, круглих шайб класів точності С і А (ГОСТ 11371-78), збільшених класу точності С (ГОСТ 6958-78) та зменшених класу точності С (ГОСТ 10450-78) (рис. 4.4.9)

Діаметр різьби крі- пильної деталі	d_1	d_2			S			e	x_{\min}
		ГОСТ 11371-78	ГОСТ 6958-78	ГОСТ 10450-78	ГОСТ 11371-78	ГОСТ 6958-78	ГОСТ 10450-78		
1	1,1	3,5	4	3	0,3	0,5	0,3	0,08...0,15	0,15
1,2	1,3	4	4	3,5	0,3	0,5	0,3	0,08...0,15	0,15
1,4	1,5	4	5	3,5	0,3	0,5	0,3	0,08...0,15	0,15
1,6	1,7	4	5	4	0,3	0,8	0,3	0,08...0,15	0,15
2	2,2	5	6	4,5	0,3	0,8	0,3	0,08...0,15	0,15
2,5	2,7	6,5	8	5	0,5	0,8	0,5	0,13...0,25	0,25
4	4,3	9	12	8	0,8	1	0,8	0,2...0,4	0,4
3	3,2	7	10	6	0,5	0,8	0,5	0,13...0,25	0,25
5	5,3	10	16	10	1	1,6	0,8	0,25...0,5	0,5
6	6,4	12,5	18	12	1,6	1,6	1	0,4...0,8	0,8
8	8,4	17	24	15,5	1,6	2	1,6	0,4...0,8	0,8
10	10,5	21	30	18	2	2,5	1,6	0,5...1	1
12	13	24	36	21	2,5	3	2	0,6...1,25	1,25
14	15	28	42	24	2,5	3	2	0,6...1,25	1,25
16	17	30	48	28	3	4	2	0,75...1,5	1,5
18	19	34	55	30	3	4	2,5	0,75...1,5	1,5
20	23	37	60	34	3	5	2,5	0,75...1,5	1,5
22	23	39	65	37	3	5	2,5	0,75...1,5	1,5
24	25	44	70	39	4	6	2,5	1...2	2
27	28	50	80	44	4	6	2,5	1...2	2
30	31	56	90	50	4	6	3	1...2	2
36	37	66	100	60	5	8	3	1,25...2,5	2
42	43	78	120	72	7	8	4	1,75...3,5	2,1
48	50	92	140	84	8	8	6	2...4	2,4

У деяких випадках штифти відіграють також запобіжну роль: зрізуючись при значному навантаженні на з'єднанні деталі, вони запобігають їх руйнуванню.

В отворах штифти утримуються силою тертя, яка створюється при з'єднанні деталей з натягом, або внаслідок розклепування кінців штифта.

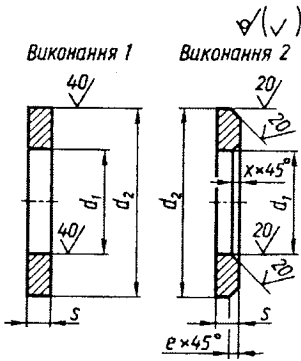


Рис. 4.4.9

Технічні умови виготовлення, конструкція та розміри штифтів обумовлюються стандартами:

Штифти циліндричні:

прості ГОСТ 3128-70
насічні ГОСТ 12850-93
насічні, з конічною
насічкою ГОСТ 10773-93
з насічкою по всій довжині
і напрямним кінцем ГОСТ 12850.1-93
з насічкою по всій довжині
і фаскою ГОСТ 12850.2-93
заклепкові ГОСТ 10774-80
з внутрішньою

різьбою ГОСТ 12207-79
загартовані ГОСТ 24296-93

Штифти конічні:

прості ГОСТ 3129-70
з внутрішньою
різьбою ГОСТ 9464-79
з нарізною цапфою ГОСТ 9465-79
розвідні ГОСТ 19119-80

Штифти пружні ГОСТ 14229-94

Діаметр циліндричних та конічних штифтів (див. табл. 4.4.10) — 0,6...50 мм. Їх виготовляють зі сталі марки 45 (ГОСТ 1050-74), без покриття. Діаметр циліндричних штифтів з конічною насічкою — 1,6...16 мм. Їх виготовляють зі сталі марки 45 (ГОСТ 1050-74), сталі

марки А12 (ГОСТ 1414-75Е), каліброваної сталі марки 45 (ГОСТ 1051-73) та сталі марок 10КП і 20КП (ГОСТ 10702-78). Вони призначені для з'єднання деталей, яким не потрібне точне фіксування взаємного положення.

Приклади умовних позначень штифтів:

штифт циліндричний виконання 1,
 $d = 12$ мм, $l = 80$ мм, без покриття
штифт 12×80 ГОСТ 3128-70;
те саме, виконання 2, $l = 70$ мм
штифт 2.12×70 ГОСТ 3128-70.

Шплінти. Складений удвоє сталевий дріт, який пропускають крізь радіальний отвір гайки, болта, вала тощо, називають шплінтом.

Призначаються шплінти для взаємного фіксування деталей, а шплінт за ГОСТ 397-79 — для фіксування болта відносно прорізних і корончастих гайок. Після встановлення в отвір кінці шплінта розводять.

Шплінти виготовляють з маловуглецевих сталей із вмістом вуглецю не більше 0,2%, з корозієстійкої сталі 12Х18Н10Т та з кольорових металів і сплавів. Якщо потрібно, то шплінти виготовляють з покриттям завтовшки 6...12 мкм.

В умовному позначенні шплінта (див. табл. 4.4.11) вказують найменування виробу, умовний діаметр d_0 , довжину l , марку матеріалу, вид і товщину покриття та позначення стандарту.

Приклади умовного позначення:

шплінт умовним діаметром 8 мм, завдовжки 32 мм, з низьковуглецевої сталі, без покриття:

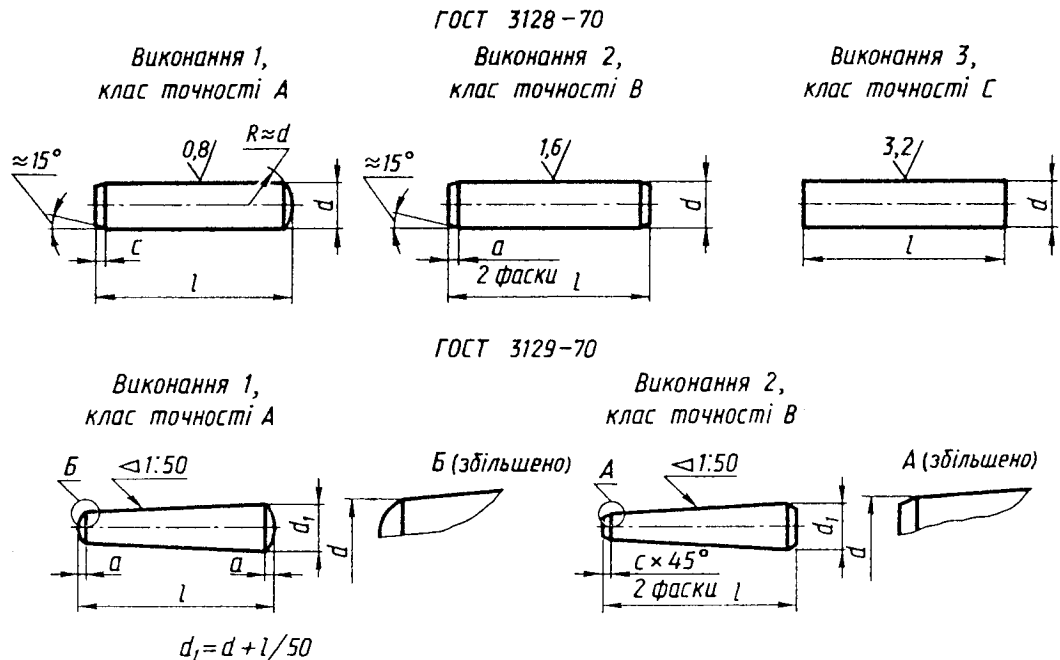
шплінт 8×32 ГОСТ 397-79;

те саме, з латуні Л63, з нікелевим покриттям завтовшки 9 мкм:

шплінт 8×32.3.039 ГОСТ 397-79.

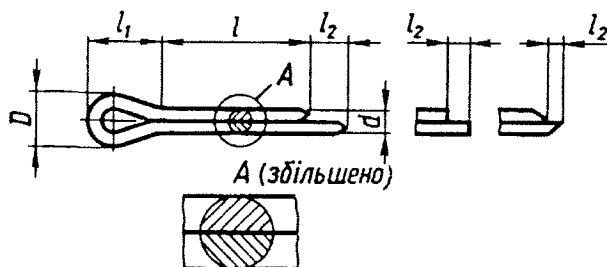
Таблиця 4.4.10

Розміри, мм, штифтів циліндричних (ГОСТ 3128-70) та конічних (ГОСТ 3129-70)



d	a	c		d	a	c	
		ГОСТ 3128-70	ГОСТ 3129-70			ГОСТ 3128-70	ГОСТ 3129-70
0,6	0,08	0,12	0,1	6	0,8	1,2	1,0
0,8	0,10	0,16	0,1	8	1,0	1,6	1,2
1	0,12	0,20	0,2	10	1,2	2,0	1,6
1,2	0,16	0,25	0,2	12	1,6	2,5	1,6
1,5	0,20	0,30	0,3	16	2,0	3,0	2,0
(1,6)	0,20	0,30	0,3	20	2,5	3,5	2,5
2	0,25	0,35	0,3	25	3,0	4,0	3,0
2,5	0,30	0,40	0,5	30	4,0	5,0	4,0
3	0,40	0,50	0,5	(32)	4,0	5,0	4,0
4	0,50	0,63	0,6	40	5,0	6,3	5,0
5	0,63	0,80	0,8	50	6,3	8,0	6,3

Примітки: 1. Довжину штифтів l слід вибирати з ряду 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 36; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 80; 90; 100; 110; 120; 140; 160; 180; 200; 250; 280 мм. Згідно з ГОСТ 3128-70 передбачено також довжину 2,5 і 3 мм.
2. Штифти мають задовольняти всім вимогам ГОСТ 26862-86.

Таблиця 4.4.11
Розміри, мм, шпінтів

d_0	d	l_1	l_2	D	Рекомендовані діаметри з'єднувальних деталей	
					болтів	штифтів
0,6	0,4...0,5	2	0,8...1,6	0,9...1	До 2,5	До 2
0,8	0,6...0,7	2,4	0,8...1,6	1,2...1,4	2,5...3,5	2...3
1	0,8...0,9	3	0,8...1,6	1,6...1,8	3,5...4,5	3...4
1,2	0,9...1	3	1,3...2,5	1,7...2	4,5...5,5	4...5
1,6	1,3...1,4	3,2	1,3...2,5	2,4...2,8	5,5...7	5...6
2	1,7...1,8	4	1,3...2,5	3,2...3,6	7...9	6...8
2,5	2,1...2,3	5	1,3...2,5	4...4,6	9...11	8...9
3,2	2,7...2,9	6,4	1,6...3,2	5,1...5,8	11...14	9...12
4	3,5...3,7	8	2...4	6,5...7,4	14...20	12...17
5	4,4...4,6	10	2...4	8...9,2	20...27	17...23
6,3	5,7...5,9	12,6	2...4	10,3...11,8	27...39	23...29
8	7,3...7,5	16	2...4	13,1...15	39...56	29...44
10	9,3...9,5	20	3,2...6,3	16,6...19	56...80	44...69
13	12,1...12,4	26	3,2...6,3	21,7...24	80...120	69...110
16	15,1...15,4	32	3,2...6,3	27...30,8	120...170	110...160
20	19...19,3	40	3,2...6,3	33,8...38,6	≥ 170	≥ 160

Примітки: 1. Умовний діаметр шпінта d_0 дорівнює діаметрові отвору для нього.
2. Ряд довжин шпінтів l : 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280 мм.

4.5. ЗОБРАЖЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ І З'ЄДНАНЬ НА СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕННЯХ


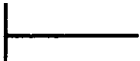

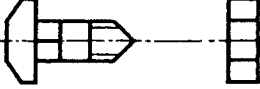



Види зображень. Розрізняють конструктивне, спрощене та умовне зображення кріпильних деталей і їхніх з'єднань.

При конструктивному зображенні розміри кріпильних деталей та елементів вибирають і креслять за відповідними стандартами. У разі спрощеного зображення використовують коефіцієнти, які встановлюють залежність розмірів елементів кріпильних деталей від діаметра різьби. Умовне зображення використовують тоді, коли діаметр стрижня кріпильної деталі



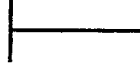
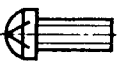





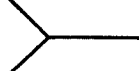



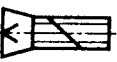

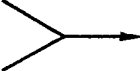
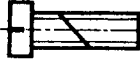


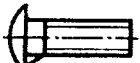

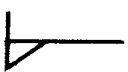





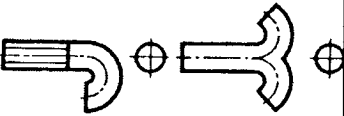

на кресленні $d \leq 2$ мм. На складальних кресленнях і кресленнях загальних виглядів спрощені та умовні зображення кріпильних деталей (табл. 4.5.1) мають відповідати ГОСТ 2.315-68.

Болтові з'єднання. У багатьох механізмах, машинах і спорудах зустрічаються болтові з'єднання, які складаються з болта, гайки, шайби і скріплюваних деталей. На рис. 4.5.1, а показано конструктивне, на рис. 4.5.1, б — спрощене, а на рис. 4.5.1, в, г — умовні зображення болтового з'єднання відповідно в розрізі та на вигляді.

Таблиця 4.5.1
Зображення кріпильних деталей

Деталі	Зображення	
	спрощені	умовні
Болти та гвинти з шестигранною головкою		
з квадратною головкою		
з молоткоподібною головкою		
Гвинти: з напівкруглою головкою		
з циліндричною головкою		
з циліндричною головкою і сферою		

Продовження таблиці 4.5.1

Деталі	Зображення		умовні
	спрощені		
з напівкруглою головою і хрестоподібним шліцом			
з напівкруглою головою, сферою і хрестоподібним шліцом			
з циліндричною головою і шестигранним заглибленням для ключа			
з напівпотайною головою			
з потайною головою			
з потайною головою й хрестоподібним шліцом			
те саме, самонарізні			
з циліндричною головою, самонарізні			
Болти: з напівкруглою головою і вусом			
відкидні з круглою головою			
відкидні з вилкою			
фундаментні			

Продовження таблиці 4.5.1

Деталі	Зображення		умовні
	спрошені		
Гайки: круглі			
шестигранні			
шестигранні прорізнi й корончасті			
Гайки-баранці			
Шурупи: з напівкруглою головкою			
з потайною головкою			
з напівпотайною головкою			
Шпильки			
Шайби: прості, стопорні та ін.			
стопорні з язичком			
пружні			
Штифти: циліндричні			
конічні			
Цвяхи			
Шплінти			

Розміри деталей (болта, гайки, шайби) нарізного з'єднання при спрощеному зображенні визначають за умовно прийнятим відношенням залежно від номінального діаметра різьби (рис. 4.5.1, *д, е, е*).

Відмінність спрощеного зображення від конструктивного полягає в тому, що на ньому різьбу показують на всій довжині стрижня; на кінці стрижня болта, на його головці, гайці та шайбі не показують фаски, а між стрижнем болта і отворами скріплюваних деталей не показують проміжку.

Довжину болта визначають за формулою (рис. 4.5.1, *а*):

$$l = H_1 + H_2 + 1,3d,$$

де H_1 і H_2 — товщини скріплюваних деталей; d — номінальний діаметр різьби болта; $1,3d$ — сума висоти гайки, товщини шайби та запасу довжини болтового стрижня.

Розрахункове значення l зіставляють з рядом довжин болтів, передбачених відповідними стандартами, і беруть найближче стандартне значення.

Шпилькові з'єднання. Таке з'єднання складається зі шпильки, гайки, шайби та скріплюваних деталей. На рис. 4.5.2, *а* показано конструктивне зображення шпилькового з'єднання, на рис. 4.5.2, *б* — спрощене, а на рис. 4.5.2, *в, г* — умовні зображення відповідно в розрізі та на вигляді. Для спрощеного креслення розміри шпилькового з'єднання визначають залежно від номінального діаметра шпилькової різьби (за співвідношеннями, які наведені для шпильки на рис. 4.5.2, *д*, а для гайки — на рис. 4.5.1, *е*).

Спрощене зображення шпилькового з'єднання відрізняється від конструктивного: різьбу показують на всій довжині шпилькового стрижня; на кінцях шпилькового стрижня та гайки не зображують фаски; між шпильковим стрижнем та отвором прикріпленої деталі не показують проміжку; межу різьби зображують лише на загвинчуваному кінці шпильки; в деталі нижче кінця не показують гнізда з різьбою і без різьби.

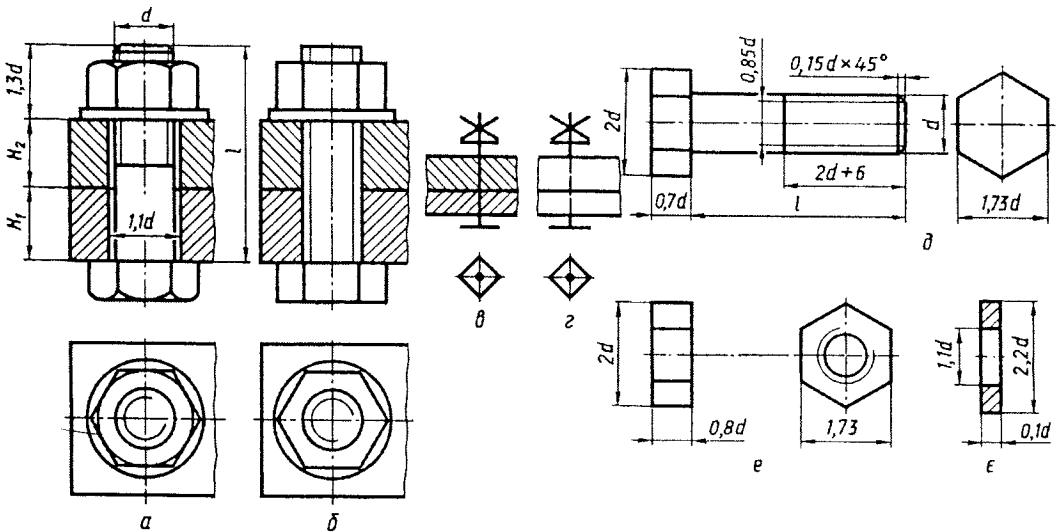


Рис. 4.5.1

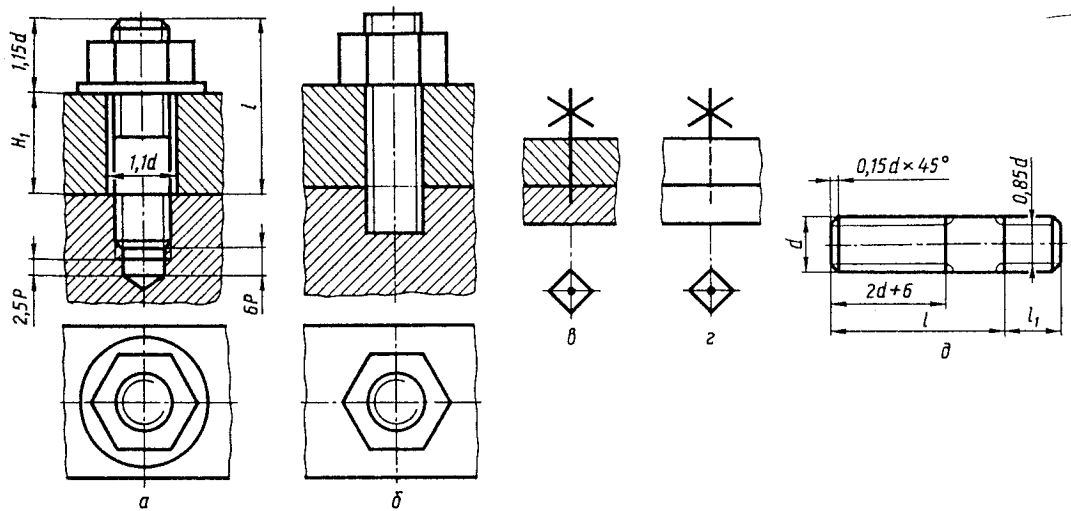


Рис. 4.5.2

Довжину шпильки визначають за формулою (рис. 4.5.2, а):

$$l = H_1 + 1,15d,$$

де H_1 — товщина прикріплюваної деталі; d — номінальний діаметр різьби; $1,15d$ — сума висоти гайки і запасу довжини шпилькового стрижня.

Довжину нарізного кінця, який загвинчується в нарізний отвір однієї зі з'єднуваних деталей, беруть d , $1,25d$, $1,6d$, $2d$ та $2,5d$, залежно від матеріалу деталі, в яку загвинчується шпилька.

Гвинтові з'єднання. Гвинти, як і інші кріпильні деталі, можна креслити зі стандартними розмірами або з розмірами, визначеними за умовним співвідношенням залежно від діаметра різьби.

На рис. 4.5.3, а показано конструктивне зображення нарізного з'єднання деталей кріпильним гвинтом з циліндричною головкою (ГОСТ 1491-80), на рис. 4.5.3, б спрощене зображення відповідно до ГОСТ 2.315-68, а на рис. 4.5.3, в, г умовні зображення відповідно в розрізі та на вигляді. При спрощеному зображенні шліц на гвинтовій головці зображують однією потовщеною лінією.

Довжину гвинта визначають за формулою (див. рис. 4.5.3, а):

$$l = (2d + 6) + H_1 - (2...3)P,$$

де d — номінальний діаметр гвинтової різьби; P — крок різьби; H_1 — товщина скріплюваної деталі.

Шліці головок кріпильних деталей на складальних кресленнях показують під кутом 45° відносно рамки креслення.

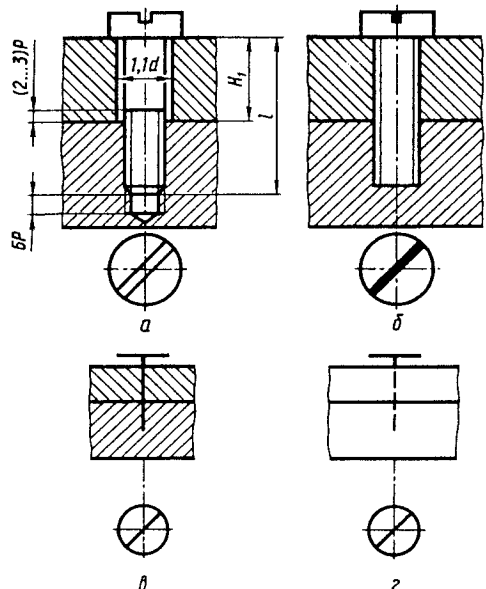


Рис. 4.5.3

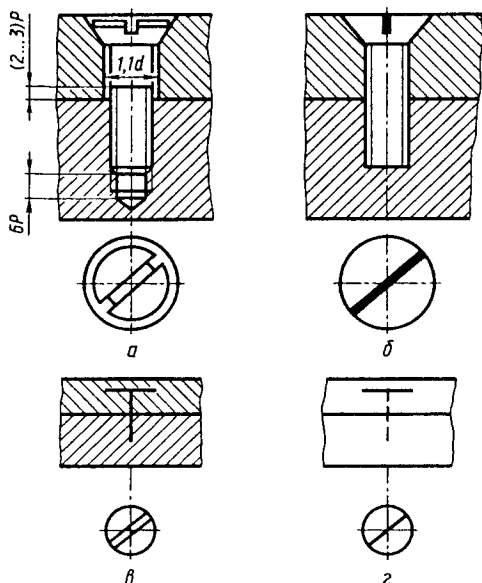


Рис. 4.5.4

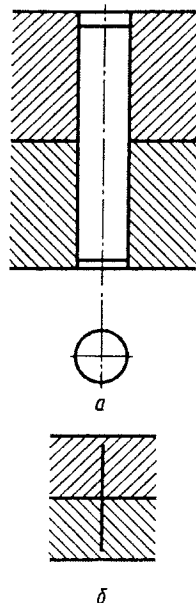


Рис. 4.5.5

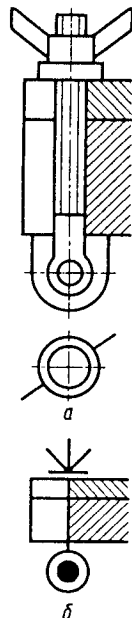


Рис. 4.5.6

На рис. 4.5.4, а...г показані відповідно конструктивне, спрощене та умовні (в розрізі і на вигляді) зображення з'єднання, виконаного кріпильним гвинтом з потайною головкою (ГОСТ 17475-80). У цьому разі до розрахункової довжини гвинта входить висота його головки.

На рис. 4.5.5 показано з'єднання штифтом (а — спрощене зображення; б — умовне), на рис. 4.5.6 — болтове з'єднання за допомогою відкидного болта і гайки-баранця (а — спрощене зображення; б — умовне), на рис. 4.5.7

з'єднання дерев'яних деталей шурупами (а — конструктивне зображення; б — спрощене; в, г — умовні в розрізі і на вигляді), на рис. 4.5.8 з'єднання дерев'яних деталей цвяхами (а — спрощене зображення; б — умовне).

Нарізні з'єднання труб. Будь-який трубопровід складається з труб і з'єднувальних частин, які називаються фітингами. Для з'єднання труб в опалювальних, водопровідних, газопровідних та інших системах з неагресивними середовищами (водою, горючим газом, насиченою водяною парою

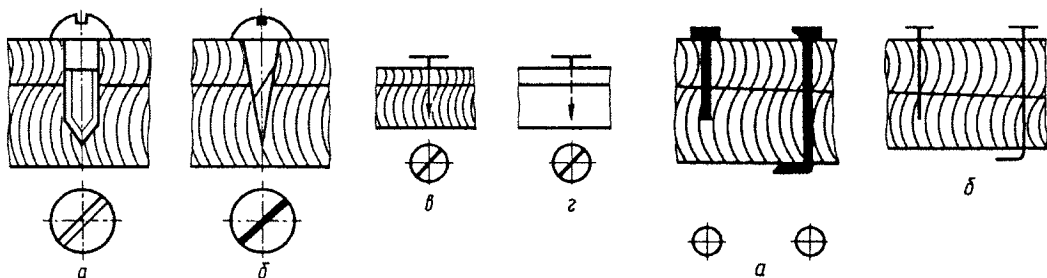


Рис. 4.5.7

Рис. 4.5.8

тощо) температурою не вище 175°С використовують з'єднувальні частини з ковкого чавуну з цинковим покриттям і без нього. У деталей з'єднань циліндрична труба різьба.

Основним параметром труби і з'єднувальних частин є діаметр умовного проходу D_u , який приблизно дорівнює внутрішньому номінальному діаметрові труби. Діаметри умовних проходів стандартизовані.

Сталеві зварні труби для водо- і газопроводів (табл. 4.5.2) і систем опалення, а також деталі конструкцій виготовляють нецинкованими та

оцинкованими, звичайної точності виготовлення і збільшеної (ГОСТ 3262-75). Труби поставляють мірної або кратної мірній довжини (4...12 м) з припуском на кожен різ по 5 мм і найбільшим відхиленням на всю довжину + 10 мм та немірної довжини.

Залежно від товщини стінки труби поділяють на легкі, звичайні та посилені (табл. 4.5.2). Їх виготовляють зі сталей (ДСТУ 2651-94 і ГОСТ 1050-88) без нормування механічних властивостей і хімічного складу. На вимогу користувачів їх комплектують муфтами за ГОСТ 8944-75, ГОСТ 8954-75,

Таблиця 4.5.2
Параметри, мм, сталевих водогазопровідних труб

Умовного проходу	Зовнішній діаметр	Товщина стінки труби			Довжина різьби до збігу			Кількість ниток різьби
		легкої	звичайної	посиленої	конічної	циліндричної		
						довгої	короткої	
6	10,2	1,8	2	2,5	–	–	–	–
8	13,5	2	2,2	2,8	–	–	–	–
10	17	2	2,2	2,8	–	–	–	–
15	21,3	2,35	–	–	15	14	9	14
15	21,3	2,5	2,8	3,2	15	14	9	14
20	26,8	2,35	–	–	17	16	10,5	14
20	26,8	2,5	2,8	3,2	17	16	10,5	14
25	33,5	2,8	3,2	4	19	18	11	11
32	42,3	2,8	3,2	4	22	20	13	11
40	48	3	3,5	4	23	22	15	11
50	60	3	3,5	4,5	26	24	17	11
70	75,5	3,2	4	4,5	30	27	19,5	11
80	88,5	3,5	4	4,5	32	30	22	11
90	101,3	3,5	4	4,5	35	33	26	11
100	114	4	4,5	5	38	36	30	11
125	140	4	4,5	5,5	41	38	33	11
150	165	4	4,5	5,5	45	42	36	11

ГОСТ 8965-75 і ГОСТ 8966-75 (одна муфта на кожну трубу).

В умовних позначеннях труб після слова "труба" показують наявність муфти та покриття, діаметру, умовного проходу, мірну довжину і позначення стандарту. У позначенні посилених труб після слова "труба" наводять літеру У, легких літеру Л. У позначенні труб збільшеної точності виготовлення після діаметра умовного проходу ставлять літеру П.

Приклади умовних позначень: труба звичайна, неоцинкована, звичайної точності виготовлення, з діаметром умовного проходу 40 мм, немірної довжини, без різьби і без муфт:

труба 40 ГОСТ 3262-75;

те саме, мірної довжини 8 м, з різьбою:

труба 40-8000 ГОСТ 3262-75.

За зовнішнім діаметром, товщиною стінки та довжиною гарячеде-

формовані безшовні сталеві труби загального призначення виготовляють відповідно до ГОСТ 8732-78. Зовнішній діаметр цих труб — 25...820 мм; випускають їх звичайної або збільшеної точності виготовлення. Труби поставляють немірної та мірної довжини (4...12,5 м).

Приклад умовного позначення: труба зовнішнім діаметром 60 мм, товщиною стінки 3,5 мм та довжиною, кратною 1250 мм, зі сталі марки 10, виготовляється в групі Б за ГОСТ 8731-87:

труба $\frac{60 \times 3,5 \times 1250 \text{кр} \text{ГОСТ} 8732-78}{\text{Б10ГОСТ} 8731-87}$

Фасонні з'єднувальні частини виготовляють зі сталі або ковкого чавуну. Конструктивні розміри з'єднувальних частин з ковкого чавуну з циліндричною внутрішньою різьбою наведено на рис. 4.5.9, а і в табл. 4.5.3,

Таблиця 4.5.3

Форми та конструктивні розміри, мм, з'єднувальних частин згідно з рис. 4.5.9

D_y	Різьба					d_1	d_2	S	S_1	S_2	S_3	b	b_1	b_2	h
	Позначення	d	l_{\min}	l_{\min}	$l_{2\max}$										
8	G1/4-B	13,158	9	9	7	13,5	12,5	2,5	3	3,5	3,5	3	2	3,5	2
10	G3/8-B	16,663	10	II	8	17	16	2,5	3	3,5	3,5	3	2	3,5	2
15	G1/2-B	20,956	12	14	9	21,5	20	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2	4	2
20	G3/4-B	26,442	13,5	16	10,5	27	25,5	3	3,5	4,4	4,2	4	2	4	2,5
25	G1-B	33,250	15	19	11	34	32	3,3	4	5,2	4,8	4	2,5	4,5	2,5
32	G11/4-B	41,912	17	21	13	42,5	40,5	3,6	4	5,4	4,8	4	2,5	5	3
40	G11/2-B	47,805	19	21	15	48,5	46,5	4	4	5,8	4,8	4	3	5	3
50	G2-B	59,616	21	24	17	60,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5	3	6	3,5
(65)	G21/2-B	75,187	23,5	27	19,5	76	74	4,5	4,5	6,4	5,4	5	3,5	6,5	3,5
(80)	G3-B	87,887	26	30	22	89	87	4,5	4,5	6,5	6	6	4	7	4
(100)	G4-B	113,034	39,5	39,5	30	115	112	5,5	5,5	8	7	7	5	8,5	4,5

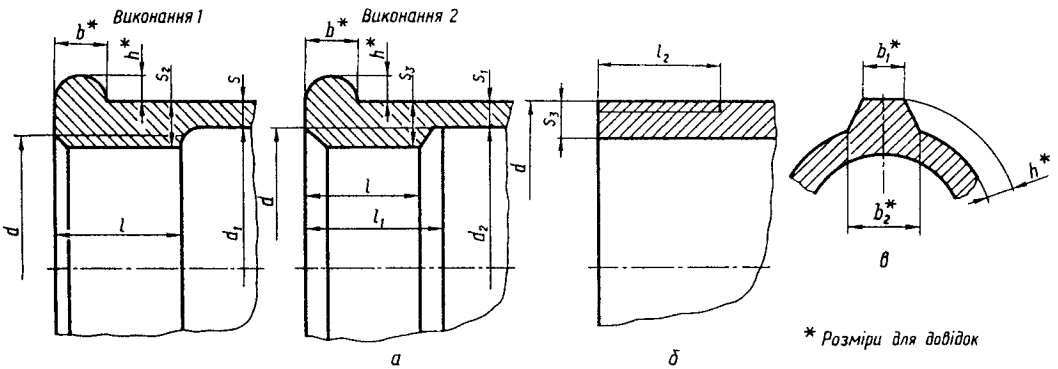


Рис. 4.5.9

а з зовнішньою різьбою — на рис. 4.5.9, б і в табл. 4.5.3. Різьба з'єднувальних частин виконується згідно з ГОСТ 6357-81, а збіги, проточки та фаски різьби — за ГОСТ 1054-80.

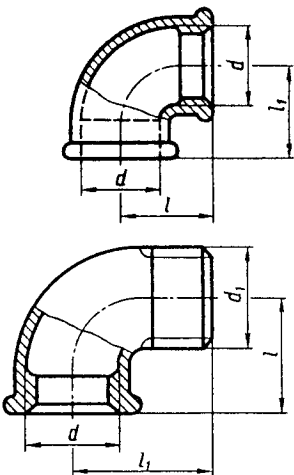
Зменшення висоти профілю різьби за рахунок вершини не повинно перевищувати 15%. Форма та конструктивні розміри ребер з'єднувальних частин мають відповідати рис. 4.5.9 і табл. 4.5.3.

Для з'єднання труб використовуються такі фасонні деталі, як кутники, трійники, хрестовини, муфти та ін. (табл. 4.5.4).

Приклади умовних позначень кутників:

прохідний кутник з кутом 90° , виконання 1, без покриття, $P_y = 20$ мм
 кутник 90° -1-20 ГОСТ 8946-75;
 те саме, з цинковим покриттям:
 кутник 90° -1-Ц-20 ГОСТ 8946-75.

Таблиця 4.5.4
 Розміри, мм, прохідних кутників з кутом 90° (ГОСТ 8946-75)



D_y	Різьба	l	l_1
8	G1/4-B	21	28
10	G3/8-B	25	32
15	G 1/2-B	28	37
20	G3/4-B	33	43
25	G1-B	38	52
32	G1 1/4-B	45	60
40	G1 1/2-B	50	65
50	G2-B	58	74
(65)	G2 1/2-B	69	88
(80)	G 3-B	78	98
(100)	G4-B	96	—

Крім зазначених у табл. 4.5.4, існують прохідні кутики з кутом 45° (ГОСТ 8946-75) та перехідні (ГОСТ 8947-75), прямі трійники (ГОСТ 8948-75) та з двома переходами (ГОСТ 8950-75), хрестовини прямі (ГОСТ 8951...,75), перехідні (ГОСТ 8952-75) та з двома переходами (ГОСТ 8953-75).

Приклади умовних позначень муфт:

пряма коротка муфта з $D_y = 40$ мм
муфта коротка 40 ГОСТ 8954-75;
те саме, з цинковим покриттям
муфта коротка Ц-40 ГОСТ 8954-75.

Стандартизовано також муфти довгі (ГОСТ 8955-75), компенсаційні.

Приклади умовних позначень контргайок:

контргайка з $D_y = 40$ мм, без покриття:

контргайка 40 ГОСТ 8961-75;
те саме, з цинковим покриттям:
контргайка Ц-40 ГОСТ 8961-75.

У разі потреби підібрати розмір з'єднувальної частини використовують дві таблиці: одну – з ГОСТ 8944-75 (див. табл. 4.5.3), другу – зі стандарту на з'єднувальну частину.

На рис. 4.5.10 наведено приклади креслення трубних з'єднань, здійснених: а – трійником (ГОСТ 8948-75); б – прямою короткою муфтою (ГОСТ 8954-75); в – перехідною муфтою (ГОСТ 8957-75); г – прямим кутником (ГОСТ 8946-75).

Для перекриття труб використовують ковпаки (ГОСТ 8962-75) та пробки (ГОСТ 8963-75). Перекриття труби ковпаком наведено на рис. 4.5.10, д.

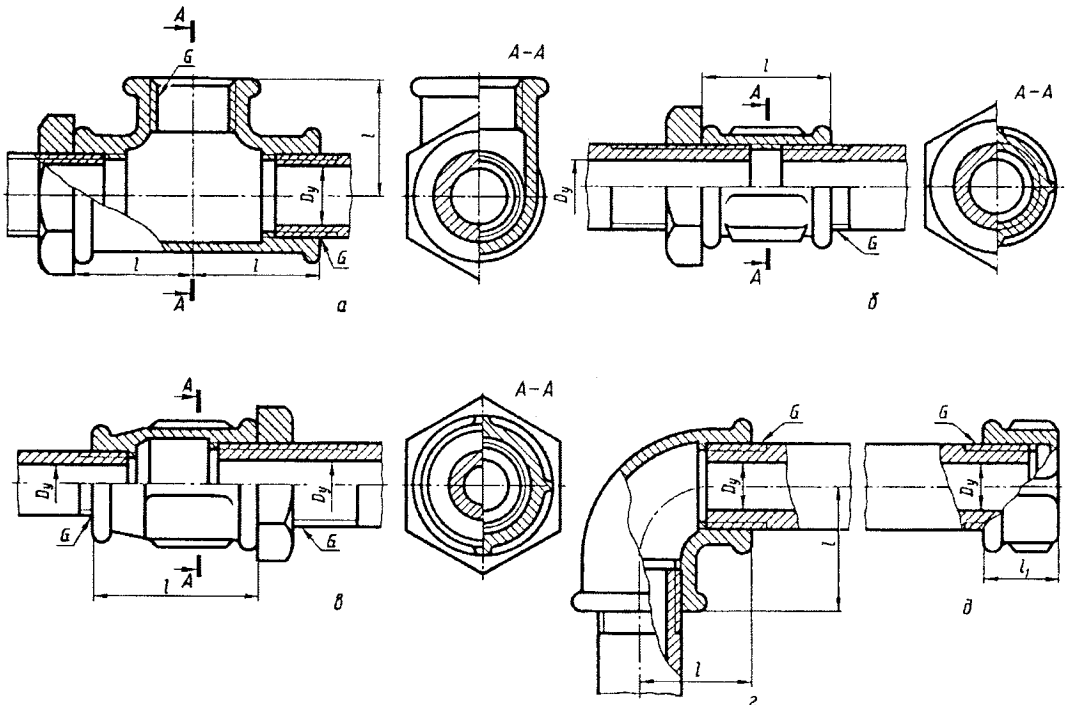


Рис. 4.5.10

4.6 ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ

Шпонкове з'єднання призначене для передавання обертального руху від вала розташованим на ньому деталям — шківам, зубчастим колесам, маховикам, кулачкам, напівмуфтам, важелям тощо.

За призначенням шпонкові з'єднання можуть бути нерухомі або рухомі вздовж осі вала. За формою шпонки поділяються на призматичні, клинові, сегментні та тангенціальні.

Форма і розміри перерізів шпонок та пазів стандартизовані і залежать від діаметра вала; вид шпонкового з'єднання визначається умовами роботи з'єднуваних деталей. На поздовжніх розрізах шпонкових з'єднань усі типи шпонок умовно зображують неперерізними.

З'єднання з призматичними шпонками. За призначенням і конструкцією призматичні шпонки поділяються на два типи:

- звичайні і високі без кріпильних отворів (ГОСТ 23360-78* і ГОСТ 10748-79*), призначені для рухомого з'єднання втулок з валами;
- напрямні з кріпленням на валу (ГОСТ 8790-79*), які використовуються для направлення деталі, що переміщується вздовж осі вала;

Призматичні шпонки без кріпильних отворів (див. табл. 4.6.1) бувають таких виконань: 1 — з закругленими торцями; 2 — з плоскими торцями, 3 — з одним закругленим торцем, а другим — плоским.

Довжина шпонкових пазів на валу дорівнює довжині шпонки.

Умовне позначення призматичних шпонок складається зі слова "шпонка", позначення виконання (виконання 1

не вказують), розмірів перерізу $b \times h$ і довжини l шпонки та позначення стандарту.

Приклади умовних позначень:

призматична шпонка виконання 1 з розмірами $b = 14$ мм, $h = 9$ мм, $l = 80$ мм:

шпонка 14×9×80 ГОСТ 23360-78;

те саме, виконання 2:

шпонка 2-14×9×80 ГОСТ 23360-78.

З'єднання з клиновими шпонками.

Клинову шпонку встановлюють у пази вала і втулки з бічними проміжками. При цьому верхня грань паза втулки повинна мати такий же похил, як і грань шпонки.

ГОСТ 24068-80* встановлює чотири виконання клинових шпонок (див. рис. 4.6.1): 1 — з головкою; 2 — без головки з закругленими торцями; 3 — без головки з плоскими торцями; 4 — без головки з одним закругленим торцем, а другим — плоским.

Розміри перерізів клинових шпонок і шпонкових пазів, а також довжину шпонок залежно від діаметра d наведено в табл. 4.6.2.

Умовні позначення клинових шпонок мають ті самі елементи, що й умовні позначення призматичних шпонок.

Приклади умовних позначень:

клинова шпонка виконання 1 з розмірами $b = 10$ мм, $h = 8$ мм, $l = 60$ мм:

шпонка 2-10×8×60 ГОСТ 24068-80;

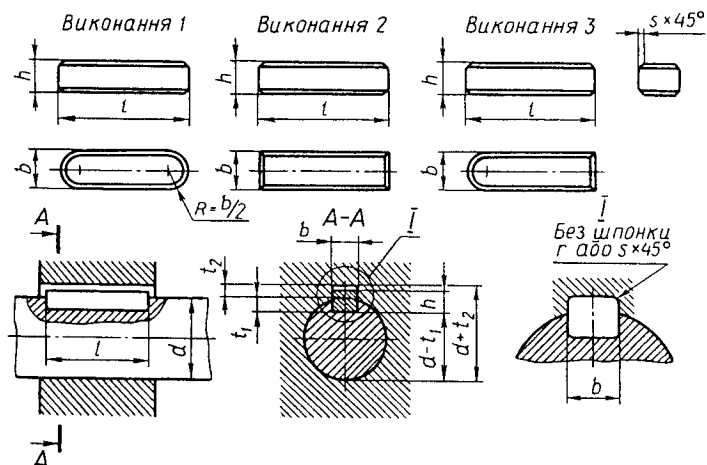
те саме, виконання 2:

шпонка 2×10×60 ГОСТ 24068-80.

З'єднання з сегментними шпонками. За призначенням сегментні шпонки аналогічні призматичним і використовуються при коротких втулках коліс ГОСТ 24071-80* регламентує два виконання сегментних шпонок (див. рис. 4.6.2)

Таблиця 4.6.1

Розміри, мм, призматичних шпонок і шпонкових пазів (ГОСТ 23360-78*)



d	b	h	t_1	t_2	l	s	s_1
6...8	2	2	1,2	1,0	6...20	0,16...0,25	0,08...0,16
8...10	3	3	1,8	1,4	6...36		
10...12	4	4	2,5	1,8	8...45		
12...17	5	5	3	2,3	10...56	0,25...0,4	0,16...0,25
17...22	6	6	3,5	2,8	14...70		
22...30	8	7	4	3,3	18...90		
30...38	10	8	5	3,3	22...110	0,4...0,6	0,25...0,4
38...44	12	8	5	3,3	28...140		
44...50	14	9	5,5	3,8	36...160		
50...58	16	10	6	4,3	45...180		
58...65	18	11	7	4,4	50...200		

Примітка. Довжину шпонок вибирають з ряду 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500 мм

Розміри перерізів сегментних шпонок і пазів, а також їх діаметри D залежно від діаметра вала наведені в табл. 4.6.3.

Умове позначення сегментних шпонок складається з тих самих елементів, що й умове позначення призматичних.

Приклади умовних позначень: сегментна шпонка виконання 1 з розмірами $b = 6$ мм, $h = 11$ мм:

шпонка 6×11 ГОСТ 24071-80.

те саме, виконання 2, ($h_1 = 8,8$ мм):

шпонка 2-6×8,8 ГОСТ 24071-80.

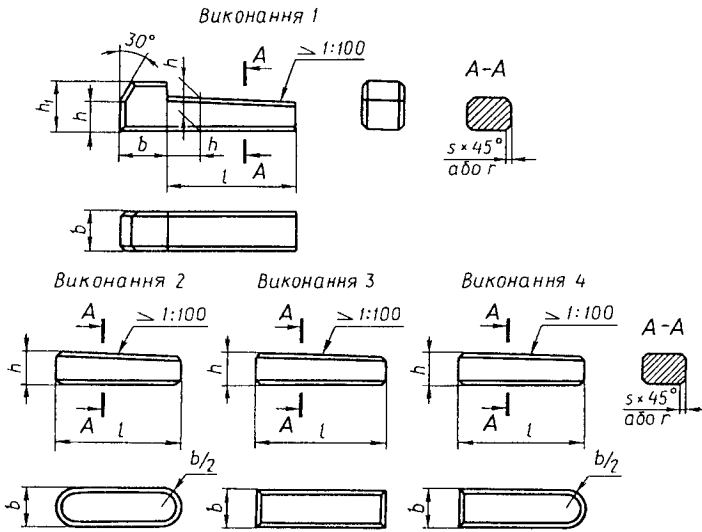
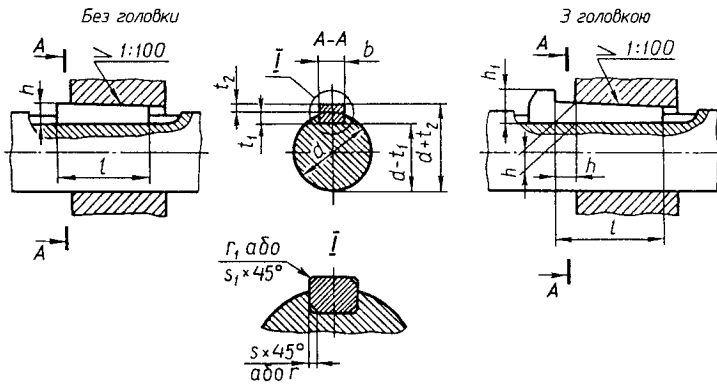


Рис. 4.6.1

Таблиця 4.6.2

Розміри, мм, клинових шпонок і шпонкових пазів (ГОСТ24068-80*)



d	b	h	t_1	t_2	L	s або r	r_1 або s_1	h_1
6...8	2	2	1,2	0,5	6...20	0,16...0,25	0,08...0,16	—
8...10	3	3	1,8	0,9	6...36			—
10...12	4	4	2,5	1,2	8...45	0,25...0,4	0,16...0,25	7
12...17	5	5	3	1,7	10...56			8
17...22	6	6	3,5	2,2	14...70			10
22...30	8	7	4	2,4	18...90	0,4...0,6	0,25...0,4	11
30...38	10	8	5	2,4	22...110			12
38...44	12	8	5	2,4	28...140			12
44...50	14	9	5,5	2,9	36...160			14
50...58	16	10	6	3,4	45...180			16
58...65	18	11	7	3,4	50...200	18		

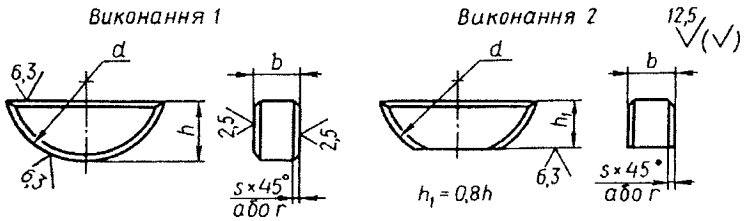
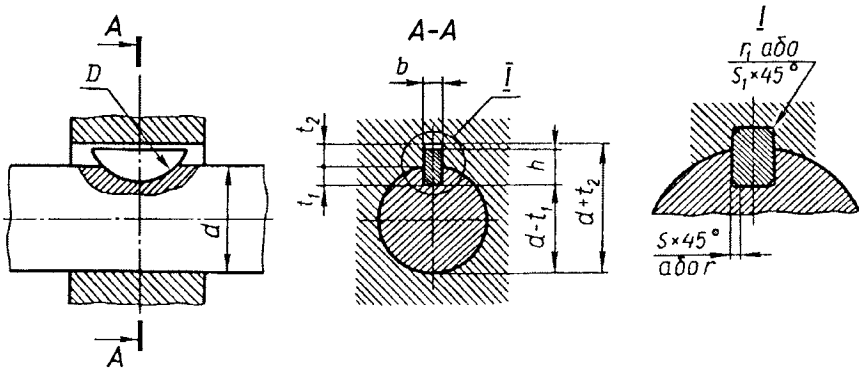


Рис. 4.6.2

Таблиця 4.6.3
Розміри, мм, сегментних шпонок і шпонкових пазів (ГОСТ 24071-80*)



d				b×h×D	t ₁	t ₂				
при передаванні обертаючого моменту	при фіксації елементів						s або r шпонки	r ₁ або s ₁ паза		
3	4	3	4	1×1,4×4	1	0,6	0,16	0,25	0,08	0,16
4	5	4	6	1,5×2,6×7	2	0,8				
5	6	6	8	2×2,6×7	1,8	1				
6	7	8	10	2×3,7×10	2,9	1				
7	8	10	12	2,5×3,7×10	2,7	1,2				
8	10	12	15	3×5×13	3,8	1,4				
10	12	15	18	3×6,5×16	5,3	1,4	0,25	0,4	0,16	0,25
12	14	18	20	4×6,5×16	5	1,8				
14	16	20	22	4×7,5×19	6	1,8				
16	18	22	25	5×6,5×16	4,5	2,3				
18	20	25	28	5×7,5×19	5,5	2,3				
20	22	28	32	5×9×22	7	2,3				
22	25	32	36	6×9×22	6,5	2,8				

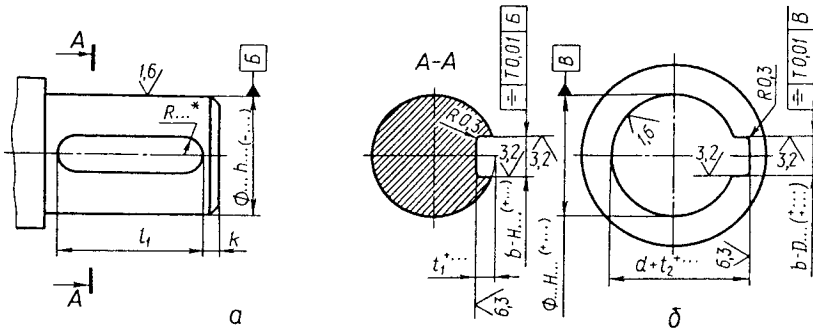


Рис. 4.6.3

Нанесення розмірів і граничних відхилень на кресленнях шпонкових з'єднань. На кресленнях деталей шпонкових з'єднань з призматичними шпонками (див. рис. 4.6.3) наносять такі розміри: довжину l_1 , шпонкового паза, яку беруть на 0,5...1,0 мм більшою від довжини шпонки (див. рис. 4.6.3, а); ширину b шпонкового паза на валу і втулці; глибину пазів: на валу — розмір t_1 (найкращий варіант) та у втулці — розмір $d + t_2$ (див. рис. 4.6.3, б); діаметри вала і отвору втулки.

Радіус закруглення паза допускається показувати як довідковий розмір, а радіус спряження дна паза з бічними гранями вказують тільки для відповідальних шпонкових з'єднань.

Пази не доводять до торця вала (рис. 4.6.3, а) на відстань $k = 3...5$ мм при $d \leq 30$ мм і $k = 5...7$ мм при $d \geq 30$ мм. Якщо на ступінчастому валу є кілька шпонкових пазів, то їх рекомендується розташовувати в різних площинах.

4.7. ЗУБЧАСТІ (ШЛІЦЬОВІ) З'ЄДНАННЯ

Зубчастим (шліцьовим) є з'єднання вала і втулки, яке здійснюється за допомогою зубців (шліців) і западин (пазів), виконаних на валу і в отворі втулки. Порівняно зі шпонковим, зубчасте з'єднання міцніше, передає більші обертаючі моменти.

Найбільш поширені в машинобудуванні зубчасті з'єднання з прямокутними профілями зубців.

Зубчасті прямокутні з'єднання (ГОСТ 1139-80*).

Стандарт поділяє зубчасті з'єднання залежно від навантаження, що передається, на легку, середню та важку серії, які різняться висотою і кількістю зубців (див. табл. 4.7.1).

В умовному позначенні на кресленнях шліцьового прямокутного з'єднання, вала і втулки мають бути (ГОСТ 1139-80*): кількість зубців і номінальні розміри d , D і b з'єднання, вала і втулки.

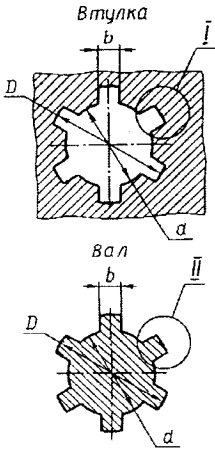
Приклад умовного позначення шліцьового прямокутного з'єднання з кількістю зубців $z = 8$, внутрішнім діаметром $d = 36$ мм, зовнішнім діаметром $D = 40$ мм, шириною зубця $b = 7$ мм:

$$8 \times 36 \times 40 \times 7.$$

Кола і твірні поверхонь виступів на зображеннях зубчастого вала й отвору показують по всій довжині суцільними товстими (основними) лініями, а кола і твірні поверхонь западин — суцільни-

Таблиця 4.7.1

Основні розміри, мм, зубчастих прямобічних з'єднань (ГОСТ 1139-80*)



Кількість зубців z	d	D	b	d_1 min	a_{min}	с		r_{max}
						номінальний	граничний відхилення	
<i>Легка серія</i>								
6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6	26	30	6	24,6	3,85			
6	28	32	7	26,7	4,03			
8	32	36	6	30,4	2,71	0,4		0,3
8	36	40	7	34,5	3,46			
8	42	46	8	40,4	5,03			

ми тонкими лініями (рис. 4.7.1, 4.7.2). Суцільна тонка лінія поверхні западин на проекції вала на площину, паралельну його осі, повинна перетинати лінію межі фаски. Кола западин у розрізах і перерізах, що перпендикулярні до осі валів і отворів, показують суцільними тонкими лініями.

На зображеннях, одержаних проекціюванням на площину, перпенди-

кулярну до осі зубчастого вала й отвору, зображують профіль одного зубця (виступу) і двох западин без фасок, канавок і закруглень. При цьому фаски на кінці вала і в отворі не показують.

Якщо січна площина проходить через вісь зубчастого з'єднання, то при його зображенні на розрізі показують тільки ту частину поверхні виступів

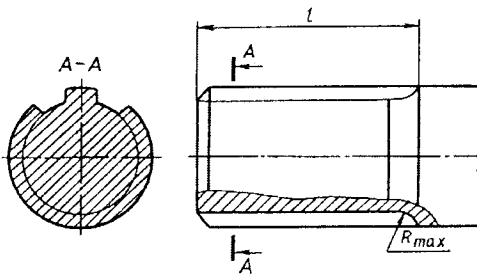


Рис. 4.7.1

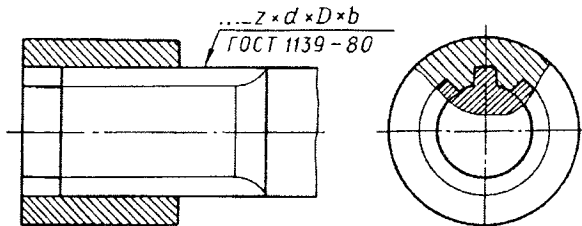
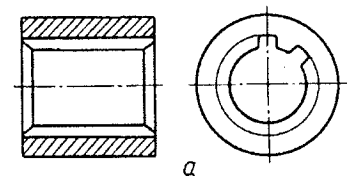
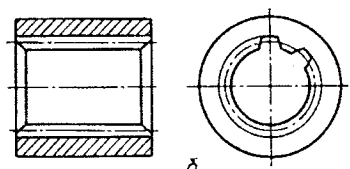


Рис. 4.7.3



а



б

Рис. 4.7.2

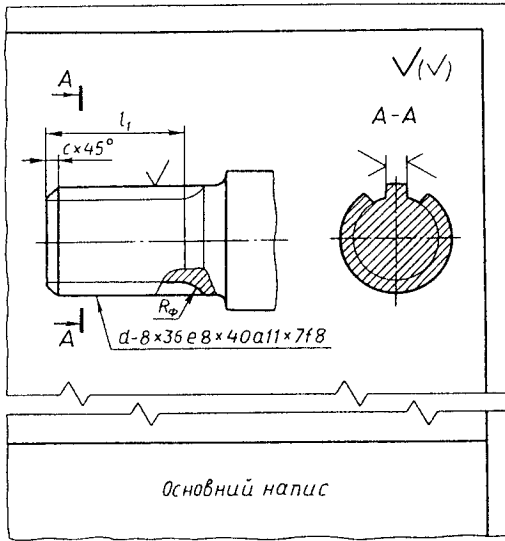


Рис. 4.7.4

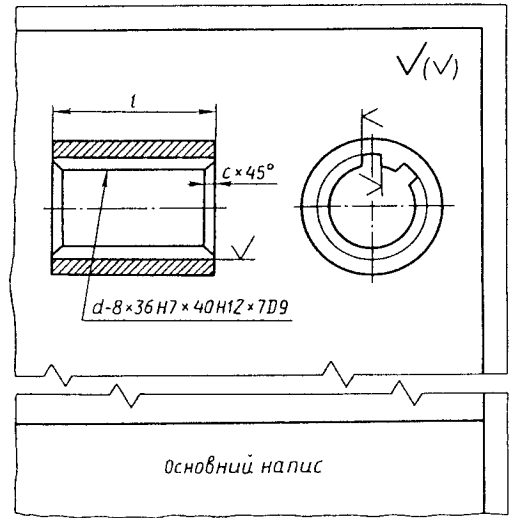


Рис. 4.7.5

отвору, яка не закрита валом (див. рис. 4.7.3).

На складальних кресленнях з'єднання умовне позначення проставляється на полиці лінії-виноски, про-

веденої від зовнішнього діаметра вала (див. рис. 4.7.3).

Виконання креслень зубчастих валів і отворів (ГОСТ 2.409 – 74*) наведено на рис. 4.7.4, 4.7.5.

4.8. НЕРОЗНІЖНІ З'ЄДНАННЯ

Зварні з'єднання. На сьогодні існує багато видів зварювання та способів їх здійснення: ручне дугове (ГОСТ 5264-80), автоматичне та напівавтоматичне під флюсом (ГОСТ 11533-75), контактне (ГОСТ 15878-79) та ін.

Дугове зварювання виконують електричною дугою, яка виникає між електродом та зварюваними деталями.

Газове зварювання здійснюють полум'ям горючого газу (ацетилену, водню, метану, пропан-бутану тощо), спалюваного в струмені кисню. До зони нагрівання металу полум'ям пальника подають присадний матеріал (електроди або зварювальний дріт). Газове зварювання застосовують для кольорових металів і чавуну.

Контактне зварювання здійснюють теплом, яке виділяється внаслідок протікання електричного струму великої сили через зварювані деталі і виникнення між ними контактного тиску.

Шви зварних з'єднань класифікують за видом з'єднань, формою поперечного перерізу крайків зварюваних деталей та характером виконання.

За взаємним розташуванням зварюваних деталей розрізняють такі види з'єднання: стикове (див. рис. 4.8.1, а), внапуск (див. рис. 4.8.1, б), кутове (див. рис. 4.8.1, в) і таврове (див. рис. 4.8.1, г). Їх позначають відповідно літерами С, Н, К, Т.

Незалежно від способу зварювання шви зварних з'єднань умовно

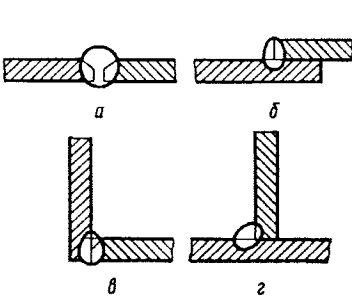


Рис. 4.8.1

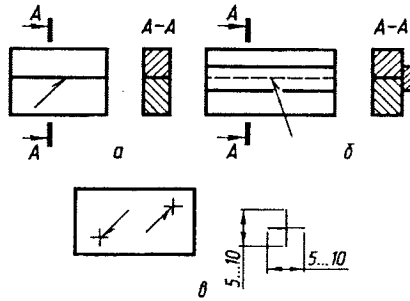


Рис. 4.8.2

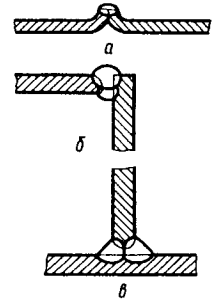


Рис. 4.8.3

зображують: видимі — суцільною основною лінією (рис. 4.8.2, а); невидимі — штриховою лінією (рис. 4.8.2, б). Видиму одиночну зварну точку незалежно від способу зварювання позначають умовно знаком “+” (рис. 4.8.2, в). Невидимі одиночні точки зварювання не позначають.

Окрайки зварюваних деталей можуть бути підготовлені різними способами: без скосів (рис. 4.8.1, б, г), зі скосом одного окрайка (рис. 4.8.1, в), зі скосом двох окрайків (рис. 4.8.1, а), з двома симетричними скосами одного окрайка (рис. 4.8.3, в), з відбортовуванням окрайка (рис. 4.8.3, а) та ін. Для їх розрізнення до відповідного літерного символу додається ще цифрове позначення підготовлених окрайків: С1, С2, С3, ...; Н1, Н2, Н3, ...; К1, К2, К3, ...; Т1, Т2, Т3, ...

Шов може бути однобічним (рис. 4.8.3, а) і двобічним (рис. 4.8.3, б, в), суцільним або переривчастим з

ланцюговим (рис. 4.8.3, а) чи шаховим (рис. 4.8.4, б) розташуванням зварюваних ділянок.

Лінію-виноску з однобічною стрілкою, яка скріплюється горизонтальною полочкою, краще проводити відображення видимого шва. Розрізняють лицьовий і зворотний боки швів (рис. 4.8.5, а). Якщо стрілка лінії-виноски спрямована на лицьовий бік шва, то умовне позначення наносять над полочкою, якщо на зворотний — під полочкою (рис. 4.8.5, б).

За лицьовий бік однобічного шва приймають той бік, з якого проводять зварювання (рис. 4.8.5, а), а двобічного шва з несиметричними скосами — бік, з якого проводять зварювання основного шва. За лицьовий бік двобічного шва з симетричними скосами може бути прийнятий будь-який бік.

Конструктивні елементи зварних швів наводяться в стандартах

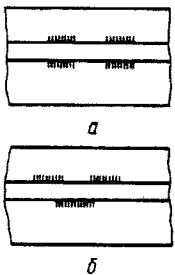


Рис. 4.8.4

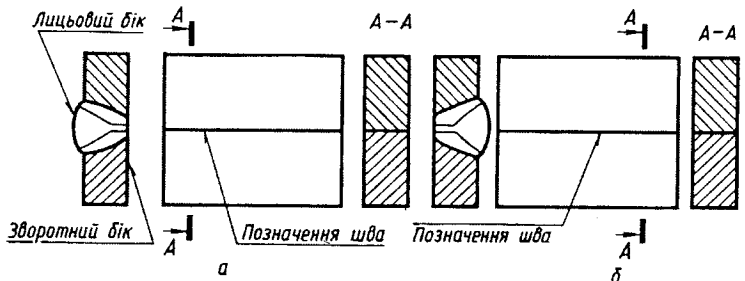


Рис. 4.8.5

для окремих видів зварювання. На кресленнях конструктивні елементи зображують лише для нестандартних швів (рис. 4.8.6, а). Межі шва показують суцільними основними лініями, а конструктивні елементи країв у цих межах — тонкими.

Умовне позначення швів зварних з'єднань виконують за ГОСТ 2.312-72. Структуру умовного позначення стандартного шва або зварної точки наведено на рис. 4.8.6, б.

В умовному позначенні зварного шва (рис. 4.8.6, б) цифри означають: 1 — додаткові знаки шва по замкненій лінії і монтажного; 2 — позначення стандарту на типи та конструктивні елементи швів; 3 — літерно-цифрове позначення швів; 4 — умовне позначення способу зварювання; 5 — знак "х" і розмір катета; 6 — характеристика шва або одиначної зварної точки; 7 — допоміжні знаки, які вибирають з табл. 4.8.1. Проте всі шви, незалежно від способу зварювання, зображують однаково.

В умовному позначенні шва допоміжні знаки (див. табл. 4.8.1) виконують суцільними тонкими лініями. Висота цих знаків повинна дорівнювати висоті цифр, які входять у позначення

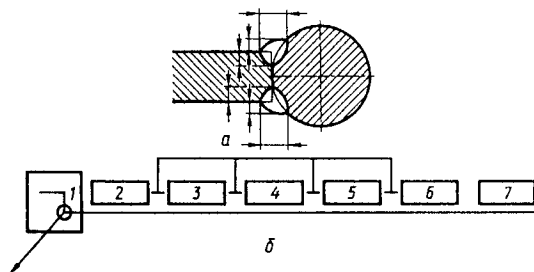


Рис. 4.8.6

шва. Знак катета шва (рівнобічний прямокутний трикутник) виконують суцільними тонкими лініями. Висота знака і цифр, які входять до позначення шва, має бути однаковою.

У позначенні зварних швів допускаються деякі спрощення:

1) якщо на кресленні показано кілька однакових швів, то їм присвоюють один і той самий номер, який є на полиці лінії-виноски, замість умовного позначення; повне умовне позначення записують лише для одного з цих швів, вказуючи кількість швів і їхній порядковий номер (рис. 4.8.7, а); якщо всі шви однакові, то порядковий номер не присвоюється, а лінії-виноски виконують без полицок, за винятком шва, на якому записується умовне позначення (рис. 4.8.7, б);

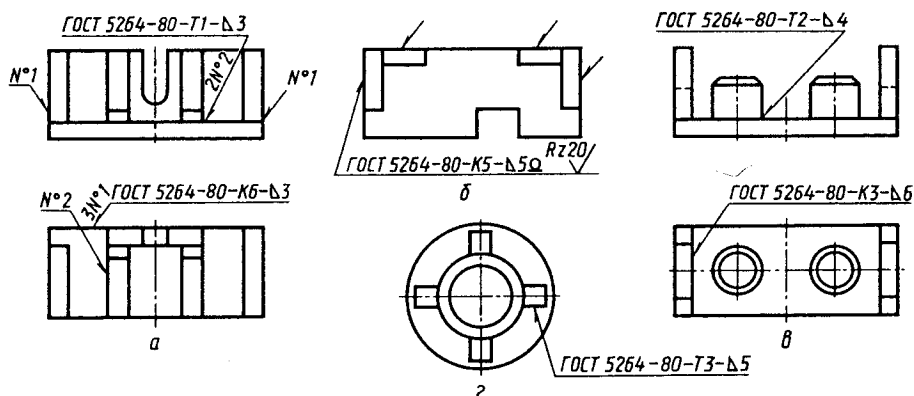

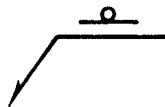
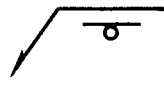

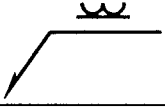


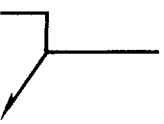

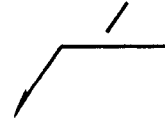
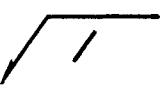

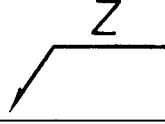
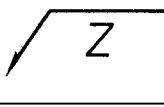

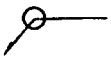





Рис. 4.8.7

Таблиця 4.8.1

Допоміжні знаки в умовному позначенні зварних швів

Допоміжний знак	Значення допоміжного знака	Розташування допоміжного знака відносно полочки лінії-виноска, проведеної до зображення шва	
		з лицьового боку	зі зворотного боку
	Підсилення шва зняти		
	Напливи й нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу		
	Шов виконати під час монтажу виробу, тобто при встановленні виробу за монтажним кресленням на місці використання		
	Шов переривчастий або точковий з ланцюговим розташуванням; кут нахилу лінії — 60°		
	Шов переривчастий або точковий з шаховим розташуванням		
	Шов по замкненій лінії. Діаметр знака — 3...5 мм		
	Шов по незамкненій лінії (знак використовують, коли розташування шва зрозуміле з креслення)		

2) якщо всі шви на кресленні виконані за одним стандартом, то в умовному позначенні кожного шва номер стандарту не проставляють, а в технічних вимогах роблять запис типу "Зварні шви — за ГОСТ 5264-80";

3) на кресленні симетричного виробу допускається відмічати лініями-виносками й позначати шви на одній із симетричних частин (див. рис. 4.8.7, в);

4) якщо виріб має кілька однакових складових частин, які приварені однаковими швами, то допускається шви позначати лише в одній із зображених частин (див. рис. 4.8.7, г);

5) допускається взагалі не відмічати на кресленні шви лініями виносками, а про зварювання вказувати записом у технічних вимогах, якщо такий запис визначає місце та способи

зварювання, типи швів, їх розташування і розміри конструктивних елементів (наприклад: “Зварні шви за ГОСТ 5264-80 КЗ — х 4”).

Клепані, паяні, клеєні та інші з'єднання. Шви нерознімних з'єднань, які одержують клепаанням, паянням, склеюванням, зшиванням та за допомогою металевих скоб, зображують і позначають на кресленнях відповідно до ДСТУ 2222-93. Клепані з'єднання використовують для деталей, які не зварюються, а також у тому разі, якщо не допускається нагрівання матеріалів у металевих конструкціях, котлах; судно- та літакобудуванні. Клепані з'єднання трудомісткі у виконанні і часто замінюються зварними та клеєними з'єднаннями.

Якщо предмет, зображений на складальному кресленні, має ряд з'єднань із заклепками одного типу й однакових розмірів, то заклепки, які входять до з'єднання, потрібно показувати умовно в одному-двох місцях кожного з'єднання, а решту центровими або основними лініями. Зображуючи на кресленні кілька груп заклепок різних типів і розмірів, однакові заклепки позначають тим самим умовним знаком (рис. 4.8.8, а), або однаковими літерами (рис. 4.8.8, б).

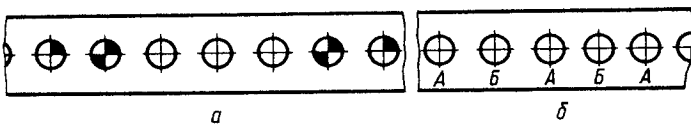


Рис. 4.8.8

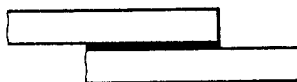


Рис. 4.8.9

Місця паяних і клеєних з'єднань показують суцільною лінією завтовшки $2s$ (рис. 4.8.9).

Для позначення паяних (рис. 4.8.10, а) і клеєних (рис. 4.8.10, б) з'єднань використовують умовні знаки, які наносять на лінії-виносці суцільною основною лінією. Шви, які виконуються по замкненій лінії, позначають колом діаметром $3...5$ мм (рис. 4.8.11, а — для паяння, рис. 4.8.11, б для склеювання).

Шви, обмежені ділянкою деталі, показують так, як на рис. 4.8.12, а, б. На зображенні паяного з'єднання в разі потреби проставляють розміри шва та позначення шорсткості поверхні.

Припій або клей позначають згідно з відповідним стандартом або технічними умовами і наводять у технічних вимогах на кресленні: “ПОС 40 ГОСТ...” або “Клей БФ-2 ГОСТ...” Якщо потрібно, то в тому ж пункті технічних вимог записують вимоги до якості шва.

Якщо використовуються припої або клеї різних марок, то всім швам, які виконуються одним матеріалом, дають один порядковий номер, який проставляють на лінії-виносці. При цьому в технічних вимогах роблять запис типу “ПОС 40 ГОСТ... (№ 1)”, “Клей БФ-2 ГОСТ... (№ 2)”.

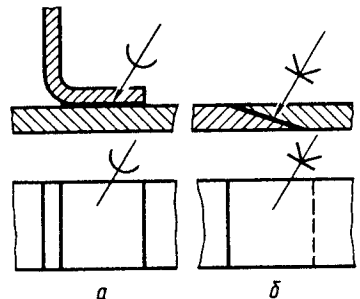


Рис. 4.8.10

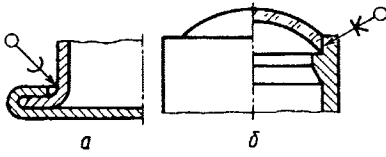


Рис. 4.8.11

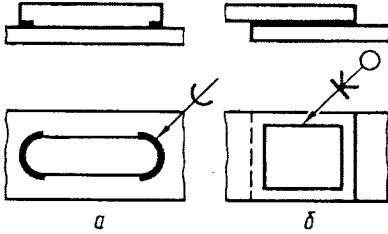


Рис. 4.8.12

З'єднання, які одержують зшиванням, зображують на кресленнях суцільною тонкою лінією і позначають умовним знаком, що виконується суцільною основною лінією, яку наносять на лінію-виноску (рис. 4.8.13).

У технічних вимогах креслення наводять позначення матеріалу (наприклад, ниток) за відповідним стандартом чи технічними умовами, а також відомості, які характеризують шов, у тому числі кількість ниток і розмір стібка. Посилання на номер пункту розташовують на поличці лінії-виноски, яку проводять від зображення шва.

Якщо з'єднання має кілька рядів швів, то на кресленні зображують тільки один шов, розташований ближче до краю. Кількість швів і відстань між ними вказують під поличкою лінії-виноски.

З'єднання металевими скобками позначають умовними знаками, які на-

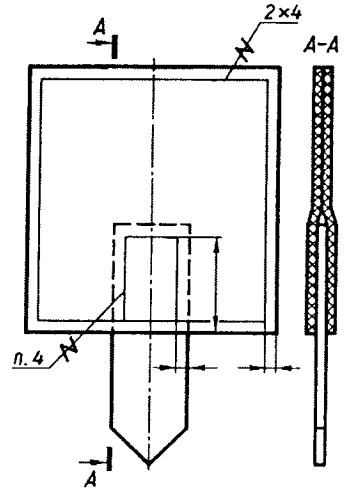


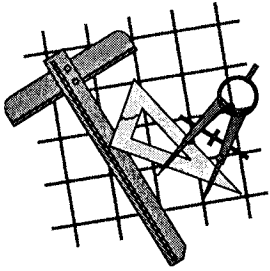
Рис. 4.8.13

носяться на лінії-виноску і виконуються суцільною основною лінією: \square — для з'єднань внапуск; $>$ — для кутових з'єднань. Лінію-виноску підводять до з'єднання з боку розташування скобок.

Зображуючи ряд металевих скобок, показують лише крайні, які з'єднують суцільною тонкою лінією.

Якщо з'єднання виконане по замкненій лінії, його позначають колом діаметром 3...5 мм, яке виконують тонкою лінією. У тому разі, коли з'єднання утворюється кількома рядами скобок, на кресленні показують один ряд, розташований ближче до краю, а на поличці лінії-виноски зазначають кількість рядів і відстань між ними.

Додаткові дані, які характеризують з'єднання (наприклад, параметри і відстань між ними), наводять у технічних вимогах креслення.



Розділ 5

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

5.1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

Креслення окремих деталей розробляють на завершальній стадії проектування на основі креслення загального виду.

Розробляючи робочі креслення, треба оптимально застосовувати стандартні й покупні вироби, які освоєні виробництвом і відповідають сучасному рівневі техніки; раціонально обмежувати номенклатуру марок і матеріалів; використовувати найдешевші та найменш дефіцитні матеріали; раціонально обмежувати номенклатуру різьб, шліців та інших конструктивних елементів; забезпечувати потрібний ступінь взаємозамінності, найвигідніші способи виготовлення й ремонту виробів, а також максимальну зручність їх обслуговування та експлуатації.

Робочі креслення, як правило, виконують на всі деталі, які входять до складу виробу.

Кожне креслення виконують на окремому аркуші форматом, установленим ГОСТ 2.301-68. Якщо всі потрібні зображення неможливо розмістити на одному аркуші, допускається виконувати креслення на двох і більше аркушах із зазначенням на кожно-

му його порядкового номера, а на першому аркуші — загальної кількості аркушів, на яких виконано креслення. Основний напис і додаткові графи до нього відповідно до вимог ГОСТ 2.104-68 розташовують на кожному аркуші. Виконуючи креслення на кількох аркушах, на першому з них роблять основний напис за формою 1 (висота напису — 55 мм), на наступних — за формою 2а (висота напису — 15 мм). Позначення і назва виробу на всіх аркушах одного креслення мають бути однаковими.

Головне зображення деталі креслять на першому аркуші і не підписують. На всіх наступних аркушах над зображеннями (видами, розрізами, перерізами) згідно з ГОСТ 2.316-68 роблять написи типу “Б-Б аркуш 1”.

Найменування виробу в основному написі креслення і в специфікації записують у називному відмінку однини. Воно має бути якомога коротшим і відповідати прийнятій термінології. Якщо найменування складається з кількох слів, то на першому місці розташовують іменник (наприклад, “Гвинт напрямний”, “Планка притискна”). У найменуванні слід подавати відомості про

призначення та місце розташування виробу. На кресленнях застосовують умовні позначення (літерні, літерно-цифрові, а також знаки та лінії), встановлені державними стандартами. Умовні позначення не потрібно супроводжувати будь-якими пояснювальними написами та зазначеннями номерів стандартів, за винятком тих випадків, коли це спеціально передбачено (наприклад, при позначенні рифлення, деяких видів різьби).

Якщо умовні позначення виконують не за державними, а за галузевими стандартами, то посилання на них обов'язкове.

Розробляючи робочі креслення, потрібно прагнути до того, щоб на кресленні було мінімум посилань на інші документи.

На кресленнях допускається давати посилання на державні галузеві стандарти, на інструкції, технічні умови та інші документи, якщо вони повністю й однозначно окреслюють відповідні вимоги і не утруднюють використання креслень на виробництві.

На кресленнях допускається посилатися на технологічні інструкції в тому разі, коли вимоги, встановлені цими інструкціями, є єдиними і такими, що гарантують потрібну якість виробу.

На робочих кресленнях не допускається посилання на окремі пункти стандартів, технологічних інструкцій, технічних умов і на документи, які зумовлюють форму й розміри конструктивних елементів виробів (фасок, проточок, канавок, гнізд тощо), якщо у відповідних стандартах немає умовного позначення цих елементів. Такі елементи з усіма даними, потрібними для їх виготовлення, мають бути наведені на кресленнях. У разі потреби допу-

скається давати на креслення повний текст певного стандарту або посилатися на весь документ чи на окремий його розділ.

На робочих кресленнях не можна розміщувати технологічні вказівки (графічні та текстові), які без потреби обмежують технолога у виборі технологічного процесу й обумовлюють утруднення у використанні креслень на підприємствах. Не допускається зазначати на робочих кресленнях номери пристроїв та інструментів, послідовність операцій оброблення, режим різання і та ін. Проте технологічні вказівки тією чи іншою мірою можуть бути відображені на кресленнях, наприклад, при фіксації певного виду сортового матеріалу (лист, штаба, швелер), прийнятті відповідного варіанта нанесення розмірів, застосуванні спільного оброблення кількох деталей, виготовленні складових частин виробів із заготовок (поковки, виливки тощо), зазначенні способу складання виробу (розвальцьовування, обпресовування тощо).

Як виняток, допускається давати вказівки про застосування прийомів і способів оброблення та складання в тих випадках, коли ці прийоми та способи є єдиними й такими, що гарантують потрібну якість виробу. Сюди належать: спільне виготовлення суміжних і таких, що разом працюють, частин виробу шляхом механічного оброблення спільної заготовки з наступним її розрізуванням на окремі частини; спільне термічне оброблення деталей; спільне притирання деталей; спільне проточування тощо. В усіх цих випадках на кресленнях прийнято наносити написи та вказівки, аналогічні наведеним на рис. 5.1.1.

Для зварних конструкцій прийнято зазначити вид і спосіб зварювання в умовному позначенні шва.

На робочому кресленні виробу потрібно зазначати розміри, граничні відхилення, шорсткість поверхонь та інші дані, яким цей виріб повинен відповідати перед складанням чи зварюванням або перед додатковим обробленням за кресленням іншого виробу, для якого той виріб є заготовкою (рис. 5.1.2, а).

Граничні відхилення розмірів поверхонь елементів виробу мають забезпечувати наявність припуску на оброблення. Припуск не повинен бути надто великим, щоб не утруднювати кінцеве оброблення деталі під час складання. Розміри, граничні відхилення та шорсткість поверхонь елементів деталей після оброблення в процесі складання чи зварювання потрібно зазначати на складальному кресленні (рис. 5.1.2, б).

Виріб, при виготовленні якого передбачено припуск на подальше оброблення окремих елементів у процесі складання, на робочому кресленні слід

зображувати з тими розмірами, граничними відхиленнями, позначеннями шорсткості поверхні та іншими даними, яким він повинен відповідати після остаточного оброблення. Такі розміри беруть у круглі дужки, а в технічних вимогах на полі креслення роблять напис типу “Розміри в дужках — після складання” (рис. 5.1.2, в).

Правила нанесення на кресленнях позначень покриттів наведені в ГОСТ 2.310-68.

На робочих кресленнях виробів, які підлягають покриттю, зазначають розміри та шорсткість поверхні до покриття. Допускається зазначати розміри й шорсткість поверхні до і після покриття. Розмірні лінії і позначення шорсткості поверхонь до покриття

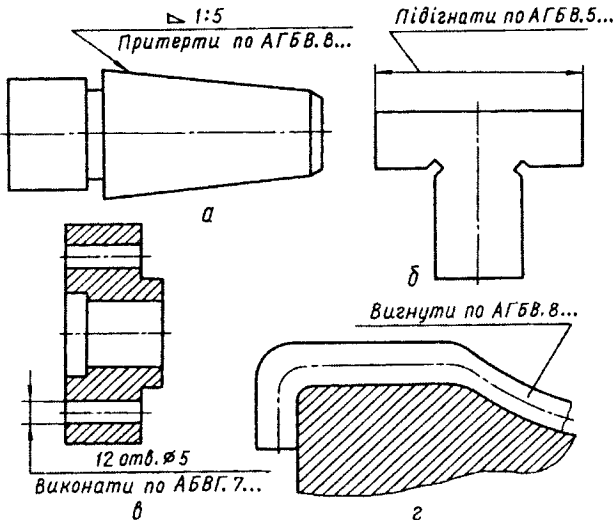
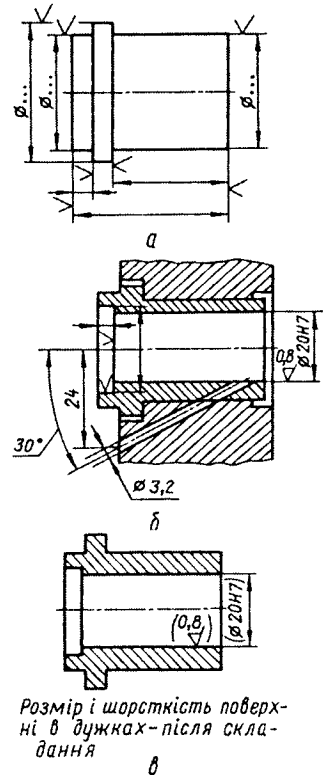


Рис. 5.1.1



Розмір і шорсткість поверхні в дужках-після складання

Рис. 5.1.2

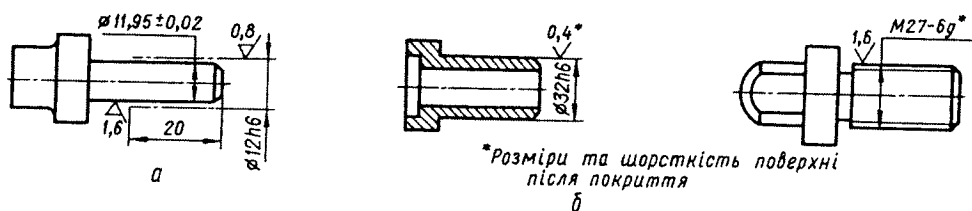


Рис. 5.1.3

розміщують на контурній лінії деталі, а після покриття — на штрихпунктирній потовщеній лінії, яка позначає поверхню, що підлягає покриттю (рис. 5.1.3, а). Якщо потрібно зазначити розміри та шорсткість поверхні лише після покриття, відповідні розміри та позначення шорсткості позначають знаком “*”, а в технічних вимогах креслення роблять запис типу “*Розміри та шорсткість поверхні після покриття” (рис. 5.1.3, б).

На кресленнях деталей наводять дані, які характеризують властивість

матеріалу готової деталі та матеріалу, з якого деталь має бути виготовлена. Вибираючи матеріал, конструктор виходить з конструктивних, технологічних та економічних вимог: матеріал повинен мати характеристики, які відповідають технічному завданню і технічним умовам (маса, міцність, пружність, корозійостійкість, електропровідність тощо), і забезпечувати раціональну побудову технологічного процесу, найнижчу трудомісткість і найменшу собівартість виробу.

5.2. ВИДИ КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

Робочі креслення розробляють, як правило, на всі деталі, які входять до складу виробу.

Допускається не випускати креслення:

а) на деталі, які виготовляються з фасонного або сортового матеріалу відрізуванням їх під прямим кутом, а також з листового матеріалу різанням по колу, в тому числі з концентричним отвором, або по периметру прямокутника без подальшого оброблення, якщо до шорсткості поверхні в місцях відрізування не ставлять особливих вимог;

б) на деталі з нерознімними з'єднаннями (зварними, заклепковими, паяними, клеєними тощо), які є складовими частинами виробів одиничного виробництва, якщо конструкція деталі

така проста, що для її виготовлення достатньо одного зображення на вільному полі креслення або трьох-чотирьох розмірів на складальному кресленні;

в) на одну з деталей виробу в тих випадках, коли деталь великих розмірів і складної конфігурації з'єднується з деталлю менш складною і менших розмірів за пресуванням, паянням, зварюванням, клепаанням чи іншими аналогічними способами; розміри та інші дані, які потрібні для виготовлення та контролю основної деталі, розміщують на складальному кресленні за умови збереження його чіткості; у цьому разі допускається випускати робочі креслення лише на менш складні деталі, враховуючи можливості виробництва;

г) на деталі одиничного виробництва, у яких форму та розміри (довжину, радіус згину тощо) встановлюють на місці (наприклад, окремі частини огорожі конструкції та помосту, окремі листи обшивки каркасів і перегородок, штаби, дошки, бруски, труби); дані, необхідні для виготовлення та контролю деталей, на які не випускають креслення, зазначають на складальних кресленнях і в специфікації;

д) на покупні деталі, які застосовують без додаткового оброблення, якщо умовні позначення, встановлені для них у нормативно-технічній документації, повністю й однозначно їх визначають (наприклад, електродвигуни, електролампи, кулькові підшипники, шайби, заклепки);

е) на покупні деталі, що підлягають антикорозійному та декоративному покриттю, яке не змінює характеру спряження з суміжними деталями (наприклад, кадміювання покупних пружинних шайб); у цьому разі зазначення про покриття наводять на складальному кресленні.

На стандартні й нормалізовані непокупні частини виробів, які підлягають виготовленню на підприємстві-ви-

робнику, мають бути повністю розроблені всі робочі креслення з зазначенням на них матеріалу, розмірів і всіх даних, потрібних для їх виготовлення та приймання.

Якщо зображення деталі, яка виготовляється гнуттям, не дає уявлення про дійсну форму й розміри окремих її елементів, то на кресленні дають часткову або повну розгортку деталі. Над зображенням розгортки розташовують напис "Розгортка" (рис. 5.2.1.). На зображенні розгортки наносять тільки ті розміри, які неможливо показати на зображенні готової деталі.

Розгортку виконують суцільними основними лініями, товщина яких повинна дорівнювати товщині ліній видимого контуру на зображенні деталі. У разі потреби на зображенні розгортки показують лінії згину, які виконують штрихпунктирними тонкими лініями з двома точками. На поличці лінії-виноски роблять напис "Лінія згину". Якщо не порушується зрозумілість креслення, то допускається поєднувати зображення частини розгортки з видом деталі (див. рис. 5.2.2., а, б). У цьому разі розгортку зображують штрихпунктирними тонкими лініями з двома точками і напис "Розгортка" не роблять.

На рис. 5.2.3. показано деякі особливості виконання робочих креслень деталей з пружною деформацією. Початкову форму деталі, яка відповідає її вільному стану, зображують суцільними основними лініями, а змінену форму — штрихпунктирними тонкими лініями з двома точками. Розміри елементів, які повинні вимірюватися після зміни початкової форми деталі, наносять на зображенні, виконаному штрихпунктирними тонкими лініями.

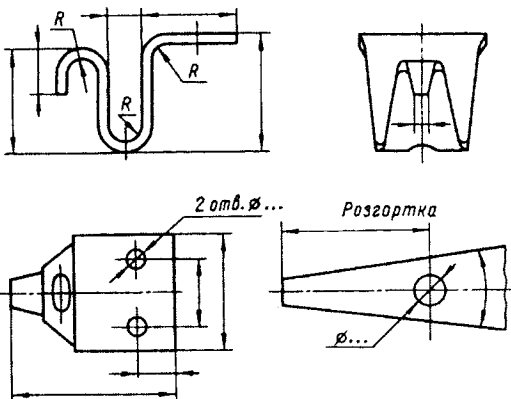


Рис. 5.2.1

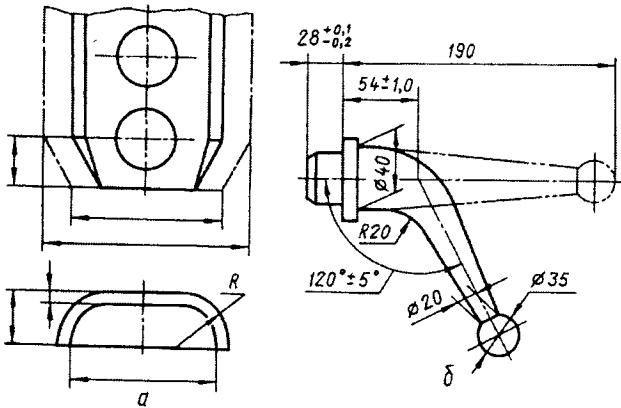


Рис. 5.2.2

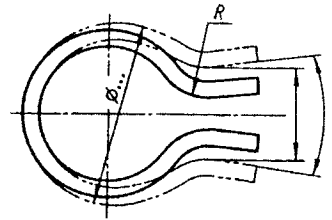


Рис. 5.2.3

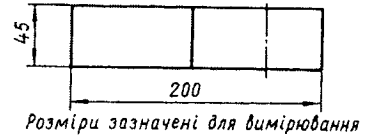


Рис. 5.2.4

Деталь, яка у вільному стані набуває довільної, не встановленої кресленням форми, зображують у стані її вимірювання з розмірами, що наводяться лише для вимірювання (рис. 5.2.4). При цьому в технічних вимогах пишуть: "Розміри зазначені для вимірювання".

Якщо деталь виготовлятиметься з матеріалу, який має певний напрямок волокон, основи і т. д. (металева штаба, папір, деревина, тканина), то на кресленні допускається зазначити цей напрямок. На рис. 5.2.5, а показано напрямок прокату для металу, на рис. 5.2.5, б — напрямок основи для тканини, на рис. 5.2.5, в — напрямок во-

локон для деревини, на рис. 5.2.5, г — для паперу, а на рис. 5.2.5, д — для фанери.

Вказівки про розташування шарів матеріалу деталі, яка виготовляється з текстоліту, гетинаксу, фібри або іншого пошарованого матеріалу, в разі потреби розміщують у технічних вимогах.

Деталі, що виготовляються з матеріалу, який має лицьовий і зворотний боки (шкіра, деякі види тканин, плівок, рифленої сталі тощо), креслять так, щоб на головному зображенні лицьовий бік був видимим.

Якщо розташування лицьового боку матеріалу не є конструктивно суттєвим, то на полиці лінії-виноска

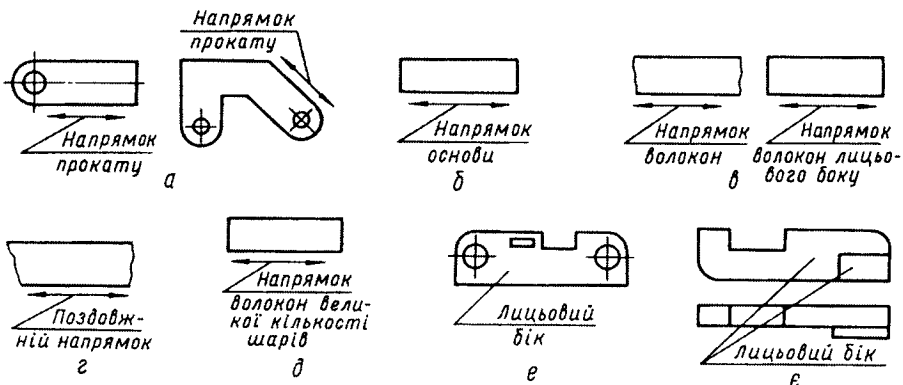


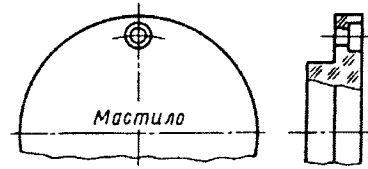
Рис. 5.2.5

розміщують напис типу “Лицьовий бік” (див. рис. 5.2.5, е).

Такі вказівки дозволяється виконувати й на складальних кресленнях виробів, якщо до їх складу входять деталі, що мають лицьовий і зворотній боки (рис. 5.2.5, є).

У технічних вимогах допускається робити написи типу “Поверхня В повинна мати лицьовий бік матеріалу”.

Деталі зі скла та інших прозорих матеріалів зображуються як непрозорі. Нанесені на деталі зі зворотного боку від спостерігача написи, цифри,



*Шрифт напису – ПО-8 ГОСТ 2930-62;
гравірувати зі зворотного боку*

Рис. 5.2.6

знаки та інші дані, які у готовій деталі мають бути видимі зі зворотного боку, зображують на кресленні як видимі, а в технічних вимогах розміщують необхідні вказівки (рис. 5.2.6).

5.3. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ НА КРЕСЛЕННЯХ ДЕТАЛЕЙ

Терміни, визначення та правила нанесення розмірів на кресленні викладені в СКД ДСТУ 3321-96 і в ГОСТ 2307-68. Ці правила регламентують також записи й умовності, що застосовуються при нанесенні розмірів. Розміри кожного елемента деталі на кресленні мають бути задані геометрично повно й технологічно грамотно та відповідати виробничому процесові виготовлення певної деталі, тобто повинні враховуватися вимоги до її розміщення, оброблення, контролю і т. д. Розміри на кресленні мають бути однозначно зрозумілі виконавцеві. Їх треба проставляти з урахуванням технологічних та конструктивних вимог.

Розміри на кресленнях показують розмірними числами та розмірними лініями.

Розмірні числа повинні відповідати дійсним розмірам, незалежно від того, в якому масштабі та з якою точністю виконано креслення.

Основою для визначення точності виготовлення виробу є зазначені на кресленні граничні відхилення розмірів, а також граничні відхилення форми й розташування поверхонь. Кількість розмірів на кресленні має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу та контролю за ним.

Розміри, які не підлягають виконанню за даним кресленням і які проставляють для більшої зручності користування кресленням, називають довідковими. Їх наносять для того, щоб без підрахування можна було дати довідку про контур, габарити й розміри заготовки чи деталі. Довідкові розміри на кресленні позначають зірочкою, а в технічних вимогах записують: “Розміри для довідок” (див. рис. 5.3.1.).

Розмірні лінії, які показують межі вимірювання, закінчуються стрілками. Розмір стрілок залежить від товщини ліній видимого контуру зображення і

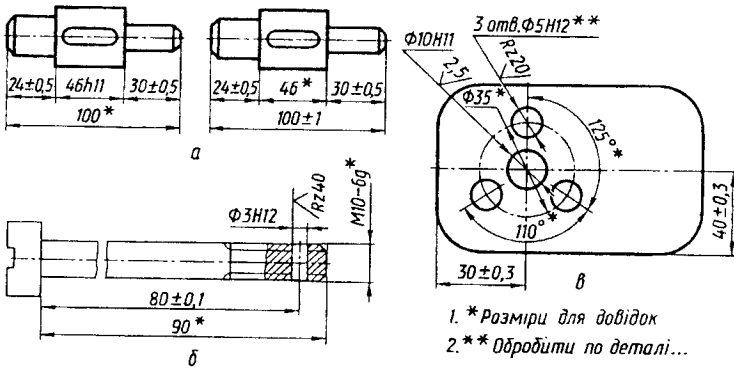


Рис. 5.3.1

1. * Розміри для довідок
2. ** Обробити по деталі...

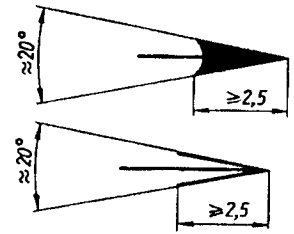


Рис. 5.3.2

має бути по можливості однаковим для всього креслення. Форма стрілки та співвідношення її елементів показані на рис. 5.3.2. Стрілки повинні торкатися вістрям відповідних ліній контуру, осевих, центрових та виносних ліній.

Виносні лінії, які є продовженням ліній видимого контуру, проводять для позначення меж вимірювання. Якщо на кресленні мало місця для розмірної лінії, бо близько розміщена контурна чи виносна лінія, то такі лінії рекомендують переривати (рис. 5.3.3.).

Розмірні та виносні лінії виконують суцільними тонкими лініями (товщина — від $\frac{s}{2}$ до $\frac{s}{3}$). Наносячи розмір прямолінійного відрізка, розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні — перпендикулярно до розмірної. У разі нанесення розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у вершині цього кута, а виносні лінії — радіально (рис. 5.3.4.).

Показуючи довжину дуги кола, розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії — паралельно бісектрисі кута; над розмірним числом ставлять знак “ \frown ” (див. рис. 5.3.5.).

Виносні лінії слід продовжувати за стрілку на 1...5 мм. Мінімальна відстань між розмірною лінією та лінією видимого контуру повинна бути 10 мм, а між розмірними лініями — 7 мм. Виносні та розмірні лінії не повинні перетинатися між собою, тому рекомендують менші розміри наносити ближче до контуру зображення (див. рис. 5.3.6.). Не допускається використовувати за розмірні лінії контуру осеві, центрові та виносні лінії. Допускається розмірну лінію для діаметра кола проводити з обривом незалежно від того, буде коло показане повністю чи ні (див. рис. 5.3.7.). Поєднуючи вид з розрізом, розмірні лінії, що належать внутрішнім обрисам предмета,

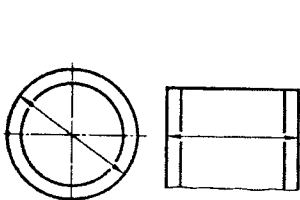


Рис. 5.3.3

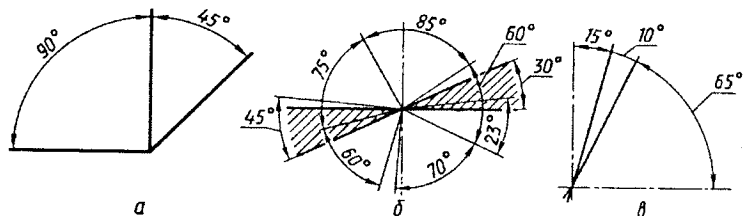


Рис. 5.3.4

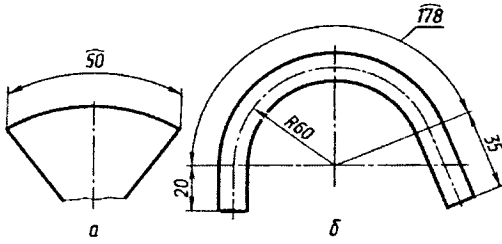


Рис. 5.3.5

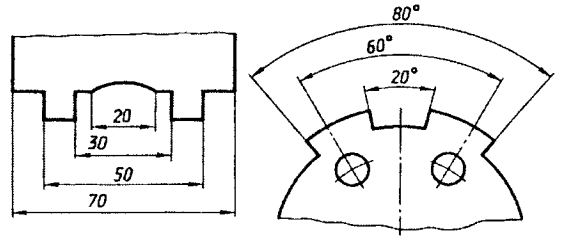


Рис. 5.3.6

проводять трохи вище за вісь (рис. 5.3.7, а). Коли на кінцях розмірних ліній мало місця для зображення стрілок, то такі лінії рекомендується продовжувати і стрілки наносити з зовнішнього боку елемента (рис. 5.3.8, б).

Якщо предмет зображують з розривом, то розмірну лінію проводять суцільною (рис. 5.3.8, а).

Якщо розмірні лінії розміщені ланцюжком і для стрілок немає місця, то допускається їх заміна точками або засічками, які наносять під кутом 45° до розмірних ліній (рис. 5.3.9.). У випадку, показаному на рис. 5.3.10, виносну лінію треба проводити від точки

перетину подовжених ліній контуру або від центра дуги. Розмірні числа слід проставляти над розмірною лінією паралельно їй і по можливості ближче до її середини. У разі нанесення кількох розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної розмірні числа над ними рекомендується розміщувати в шаховому порядку (рис. 5.3.6.). Якщо недостатньо місця між розмірними стрілками чи лініями контуру, розмірні числа наносять так, як показано на рис. 5.3.8, б. Залежно від нахилу розмірних ліній і розташування вимірювальних кутів розмірні числа лінійних і кутових розмірів

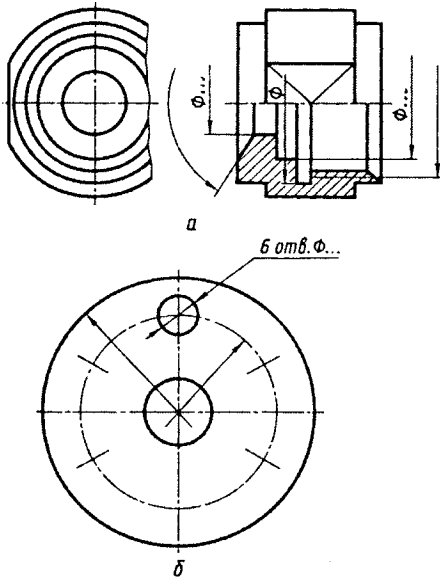


Рис. 5.3.7

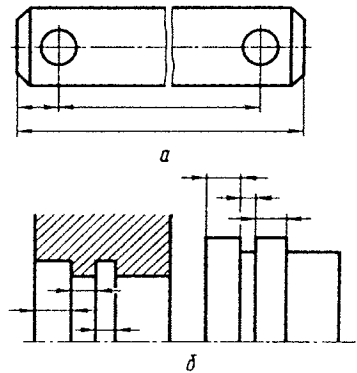


Рис. 5.3.8

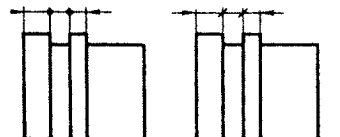


Рис. 5.3.9

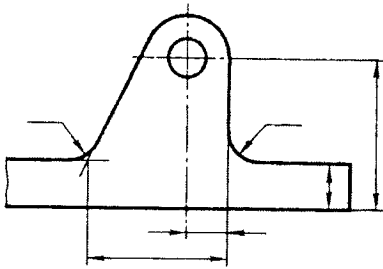


Рис. 5.3.10

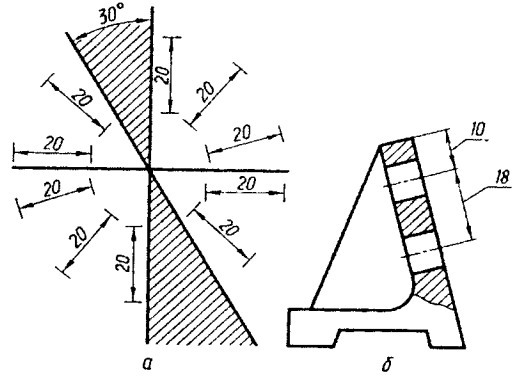


Рис. 5.3.11

розміщують так, як показано на рис. 5.3.4, б і 5.3.11, а. Коли розмірна лінія чи вимірвальний кут розміщені в межах заштрихованої зони, розмірні числа рекомендується виносити на полічку (див. рис. 5.3.4, б і 5.3.11, б).

Кутові розмірні числа, що розташовані вище від горизонтальної осьової лінії, розміщують над розмірними лініями з боку їх опуклості, а числа, розміщені нижче від горизонтальної осьової лінії, — з боку вгнутості розмірних ліній.

Розмірні числа та літери, які у перевернутому положенні можна прочитати інакше (16,66,86 тощо), рекомендується виносити на полічки або ставити після них крапку. Розмірне число не повинно перетинатися або поділяти будь-які лінії рисунка. Не допускається розривати лінію контуру для нанесення розмірного числа. Не дозволяється також розміщувати розмірне

число в місцях перетину розмірних, осьових чи центрових ліній. Проте в разі потреби у місці нанесення розмірного числа осьові лінії чи лінії штриховки можна переривати.

Кутові розміри слід показувати в градусах, мінутах і секундах; при цьому градуси й міноти треба виражати цілими числами.

Для позначення діаметра кола застосовують знак \varnothing — коло, що перетинається відрізком, нахиленим до розмірної лінії під кутом 75° . Діаметр кола умовного знаку дорівнює приблизно $5/7$ висоти цифр. Знак \varnothing проставляють перед розмірним числом діаметра в усіх без винятку випадках. Приклади нанесення розмірів діаметра наведено на рис. 5.3.12.

Перед розмірним числом радіуса також в усіх випадках треба ставити літеру R. Правила нанесення розміру радіуса пояснено на рис. 5.3.13.

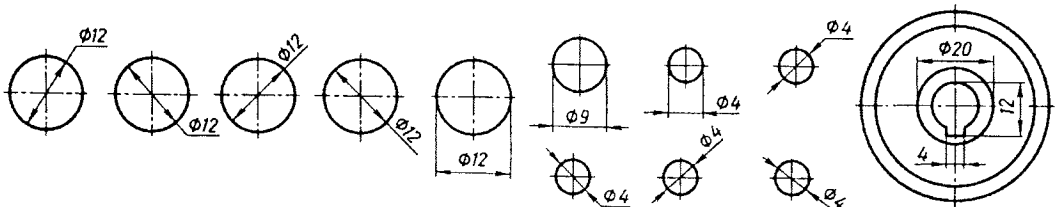


Рис. 5.3.12

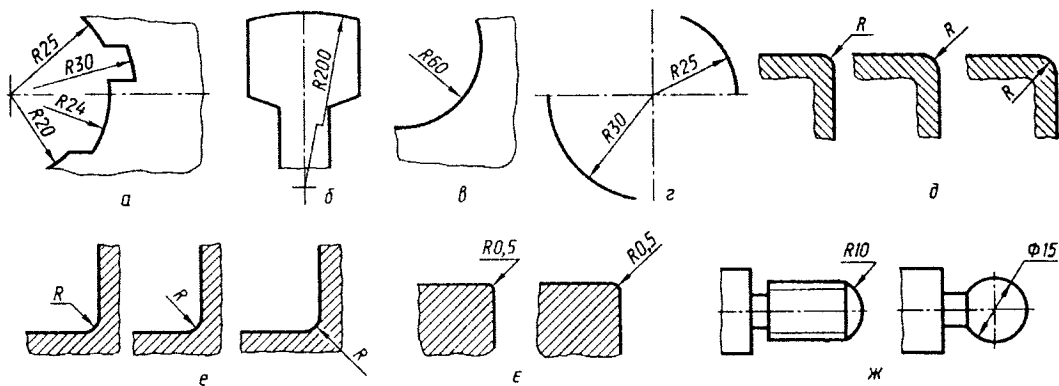


Рис. 5.3.13

Якщо потрібно нанести розмір, який визначає положення центра дуги, то цей центр треба зафіксувати перетином центрових або виносних ліній (рис. 5.3.13, а). У тому разі, коли центр дуги розташований на великій відстані, його можна наблизити до дуги, а радіус показати зі зломом під кутом 20° (рис. 5.3.13, б). Якщо центр дуги не фіксується на рисунку, розмірну лінію радіуса можна не доводити до центра (рис. 5.3.13, в). Розмірні лінії радіусів дуг концентричних кіл не можна розміщувати на одній прямій (рис. 5.3.13, г). Радіуси зовнішніх і внутрішніх скруглень треба показувати так, як це зображено на рис. 5.3.13, д...е.

Розмірне число діаметра (радіуса) сфери також супроводжується знаком \varnothing (R) без напису "Сфера" (рис. 5.3.13, ж). Слово "Сфера" наносять у тих випадках, коли на рисунку важко відрізнити сферу від інших поверхонь (наприклад: "Сфера $\varnothing 40$ "; "Сфера $R8$ ").

Розміри квадрата і квадратного отвору позначають значком W перед розміром сторони квадрата (див. рис. 5.3.14). При цьому на зображенні грані суцільними тонкими лініями наносять діагоналі.

Для багатьох тіл обертання характерною величиною є конусність, тобто

відношення діаметра кола основи конуса до його висоти (для зрізаного конуса — відношення різниці між діаметрами кіл основ до його висоти). Відношення, що визначає конусність, виражається одиничним дробом (наприклад, $1:5$), у процентах (20%) або в градусах (11° , 25° , 16° тощо). Перед розмірним числом, яке характеризує конусність, ставлять знак $<$, вершина якого звернена в бік вершини конуса (див. рис. 5.3.15).

Нахил лінії відносно горизонтальної чи вертикальної прямої характеризується похилом, який є тангенсом кута нахилу лінії, тобто відношенням розмірів протилежного і прилеглого катетів. Як і конусність, похил виражається одиничним дробом, у процентах або градусах. Перед числом, яке характеризує похил, наносять знак \angle , вершина кута якого звернена в бік похилу (див. рис. 5.3.16).

Поширеним елементом машинобудівних деталей є фаска — скошена частина гострого ребра або кромки. Фаска на циліндричних та конічних стрижнях являє собою зрізаний конус. Розміри фасок під кутом 45° наносять так, як показано на рис. 5.3.17, де перша цифра означає розмір катета у

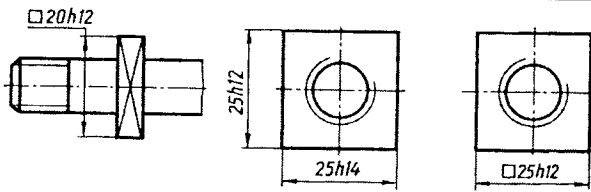


Рис. 5.3.14

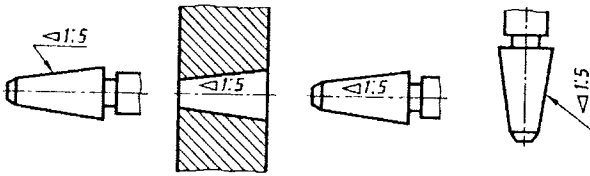


Рис. 5.3.15

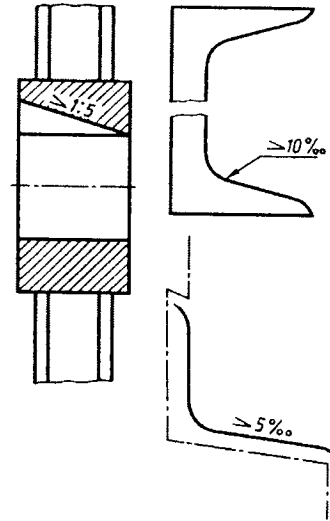


Рис. 5.3.16

трикутнику, утвореному фаскою. Розміри фасок під іншими кутами позначають за загальними правилами – кутовим і лінійними розмірами (рис. 5.3.18). Якщо на рисунку деталі зображено кілька фасок однакового розміру, то їхній розмір наносять один раз і додають напис: “2 фаски”, “4 фаски” і т. д.

У тому разі, коли лінійні розміри, що визначають відстань між рівномірно розміщеними однаковими елементами предмета (наприклад, отворами), наносять ланцюжком, рекомендується показати розміри між сусідніми та між крайніми елементами й останній подати у вигляді добутку кількості проміжків між елементами та розміру проміжку (див. рис. 5.3.19, а).

Замість повторення розмірів однакових елементів (отворів, пазів) рекомендується наносити розмір одного елемента, зазначаючи кількість цих елементів (наприклад: “8 отв. Ø11” або

“ $\frac{\text{Ø}5}{4\text{отв.}}$ ” – див. рис. 5.3.19, б) та кутові розміри між центрами кіл (див. рис. 5.3.19, в).

Якщо отвори розташовані по колу рівномірно, то кутові розміри між центрами не показують, а зазначають кількість отворів (див. рис. 5.3.19, г). При цьому допускається давати зображення лише отвору з відповідним написом, а решту фіксувати їхніми центрами.

Спрошене нанесення розмірів отворів на кресленнях регламентується ГОСТ 2.318-81. Розміри отворів допускається наносити спрощено, якщо діаметр отвору на зображенні становить 2 мм і менше, а також коли відсутнє зображення отвору в розрізі (перерізі) вздовж осі та коли нанесення розмірів отворів за загальними правилами ускладнює читання креслення.

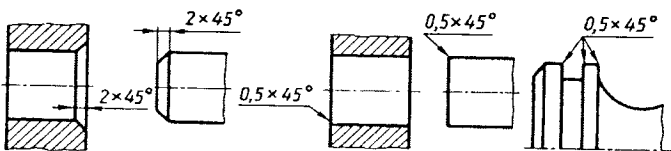


Рис. 5.3.17

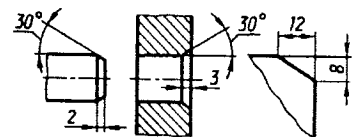


Рис. 5.3.18

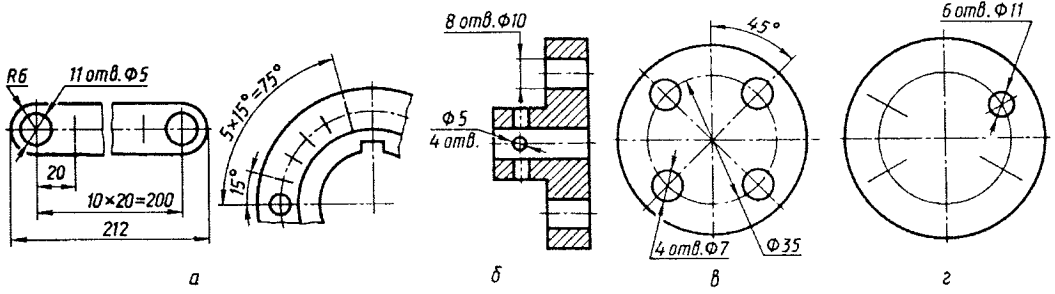


Рис. 5.3.19

Розміри отворів показують на полиці лінії-виноски, яку проводять від осі отвору (див. рис. 5.3.20), за допомогою спеціального запису, структуру якого наведено в табл. 5.3.1. Для запису використовують такі позначення елементів різних отворів: d_1 — діаметр основного отвору; d_2 — діаметр зенкування; l_1 — довжина циліндричної частини основного отвору; l_3 — глибина зенкування; φ — центральний кут зенкування; l_4 — глибина фаски; α — кут фаски; z — позначення різьби за стандартом; l_2 — довжина різьби в глухому отворі.

При нанесенні розмірів від баз ряд суміжних лінійних або кутових розмірів наносять не ланцюжком, а від поверхні чи осі, від якої ведеться відлік розмірів деталі, тобто від бази. Це можуть бути поверхні, лінії, точки (або їхнє поєднання), які визначають положення деталі у механізмі або від яких залежить положення інших деталей. Розрізняють конструкторські, технологічні, складальні та допоміжні бази.

У разі значної кількості розмірів рекомендується проводити одну спільну розмірну лінію від бази, прийнятої за нульову позначку (рис. 5.3.21). Кожне наступне розмірне число показує відстань від нульової базової позначки до вимірюваного елемента.

На рис. 5.3.22 наведено приклад нанесення розмірів від конструкторських баз. Одну базу беруть за основну, решту — за допоміжні. На рис. 5.3.23, а показано правильне нанесення розмірів від основної та допоміжної баз. Нанесення всіх розмірів від однієї бази не рекомендується (див. рис. 5.3.23, б).

Ланцюговий метод проставлення розмірів полягає в нанесенні їх послідовно, один за одним (на рис. 5.3.24, а розміри А1, А2, А3, А4 та А5: за технологічну базу прийнято торцеву поверхню вала). Недоліки такого проставлення розмірів виявляються, коли потрібно дотримуватися підвищеної точності сумарного розміру.

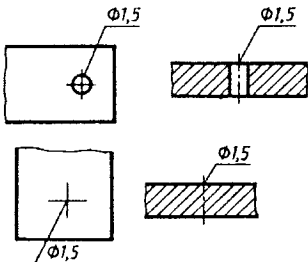


Рис. 5.3.20

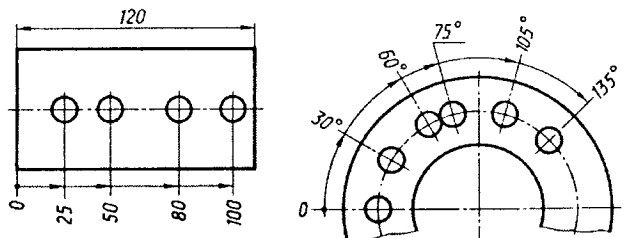


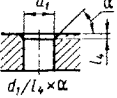
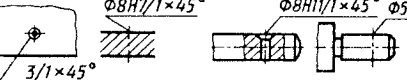
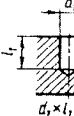
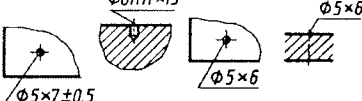
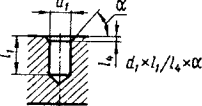
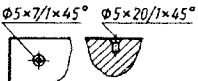
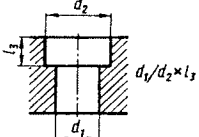
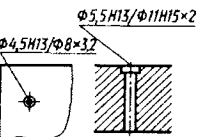
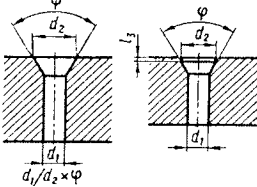
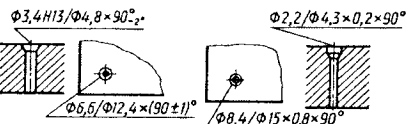
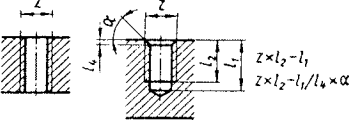
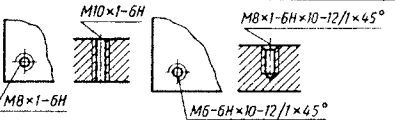
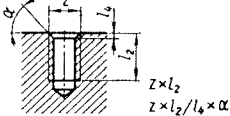
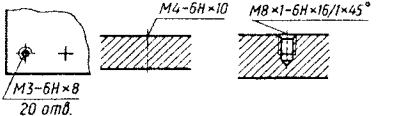
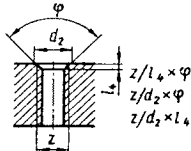
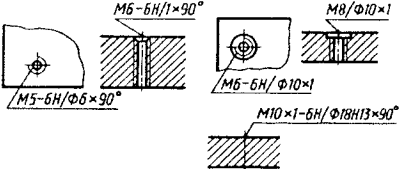


Рис. 5.3.21

Таблиця 5.3.1
Структура записів для позначення розмірів отворів

Тип отвору	Зображення і спрощений запис розміру	Приклад
Гладкий наскрізний		
Гладкий наскрізний з фаскою		
Гладкий глухий		
Гладкий глухий з фаскою		
Гладкий наскрізний з циліндричним зенкуванням		
Гладкий наскрізний з конічним зенкуванням та з конічним зенкуванням і розточкою		
Нарізний наскрізний та нарізний глухий з фаскою		
Нарізний глухий з зенкуванням		
Нарізний наскрізний з зенкуванням		

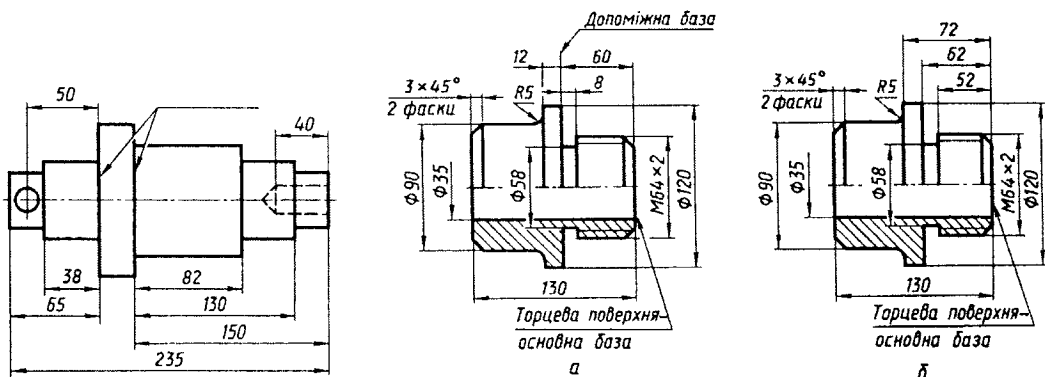


Рис. 5.3.22

Рис. 5.3.23

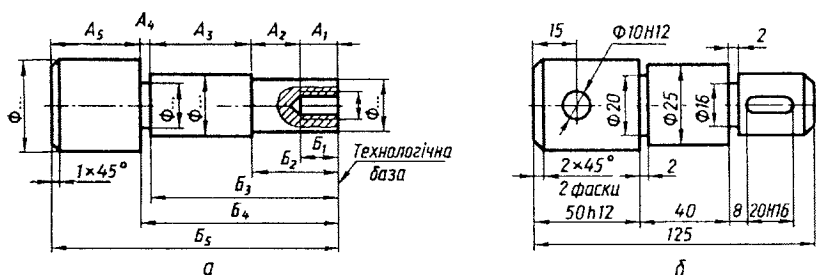


Рис. 5.3.24

Координатний метод проставляння розмірів передбачає нанесення всіх розмірів від якоїсь однієї бази (на рис. 5.3.24, а розміри B₁, B₂, B₃, B₄ та B₅). Координатний метод застосовують тоді, коли потрібно забезпечити високу точність відстаней до кількох поверхонь.

Комбінований метод проставляння розмірів поєднує ланцюговий і координатний методи (рис. 5.3.24, б). Його застосовують у випадках, коли поряд з розмірами, проставленими від якоїсь однієї бази, потрібно виділити окремі бази, які потребують більшої точності виконання.

5.4. СТАНДАРТИЗОВАНІ ЕЛЕМЕНТИ ДЕТАЛЕЙ

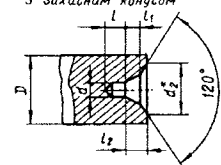
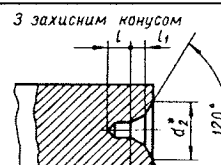
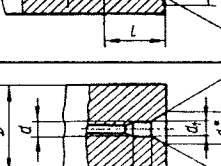
Центрові отвори (див. табл. 5.4.1...5.4.4.) виконують у деталях циліндричної форми з обох торців. Вони призначені для центрування деталі на верстаті під час її виготовлення.

Радіуси закруглень і розміри фасок для деталей, виготовлених з металу і пластмас (ГОСТ 10948-64), мають відповідати зазначенням у табл. 5.4.5, крім радіусів закруглень (згину) гну-

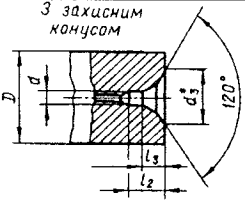
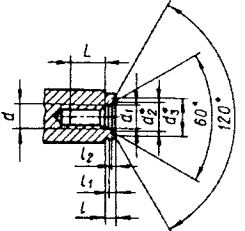
тих деталей, розмірів фасок на різьбах, радіусів проточок для виходу різьбарізного інструменту, розмірів фасок і радіусів закруглень в кулько- і роликопідшипниках та в місцях їх спряження з валами й корпусами. Рекомендовані радіуси закруглень та розміри фаски вала і втулки, які спрягаються по діаметру, наведені в табл. 5.4.6.

Таблиця 5.4.1

Форми центрових отворів і сфери їх застосування (ГОСТ 14034-74)

Ескіз	Форма	Сфера застосування
1	2	3
	А	У виробах, після оброблення яких потреба в центрових отворах відпадає, а також у виробах, які підлягають термообробленню до твердості, що гарантує збереження центрових отворів у процесі експлуатації.
	В	У виробах, в яких центрові отвори є базою для повторного або багаторазового використання, а також у випадках, коли центрові отвори зберігаються в готових виробах.
	Т	Для оправок і калібрів-пробок
	С	Для великих валів (призначення таке ж, як і форми А).
	Е	Для великих валів (призначення таке ж, як і форми В)
	R	Для виробів з підвищеною точністю оброблення
	F	У виробах типу валів з кріпленням деталей по центру вниз для монтажних робіт, транспортування, зберігання та термооброблення деталей у вертикальному положенні

Продовження таблиці 5.4.1

1	2	3
	Н	Те саме
	Р	Для конусів інструмента (Морзе, метричних та ін.)

Таблиця 5.4.2

Приклади умовних позначень центрових отворів

Форма	Діаметр d , мм	Умовне позначення
А	4	Отв. центр А4 ГОСТ 14034-74
С	8	Отв. центр С8 ГОСТ 14034-74
R	4	Отв. центр R4 ГОСТ 14034-74
F	МЗ (різьба)	Отв. центр FM3 ГОСТ 14034-74

Таблиця 5.4.3

Розміри, мм, центрових отворів форм А, В і Т (див. табл. 5.4.1)

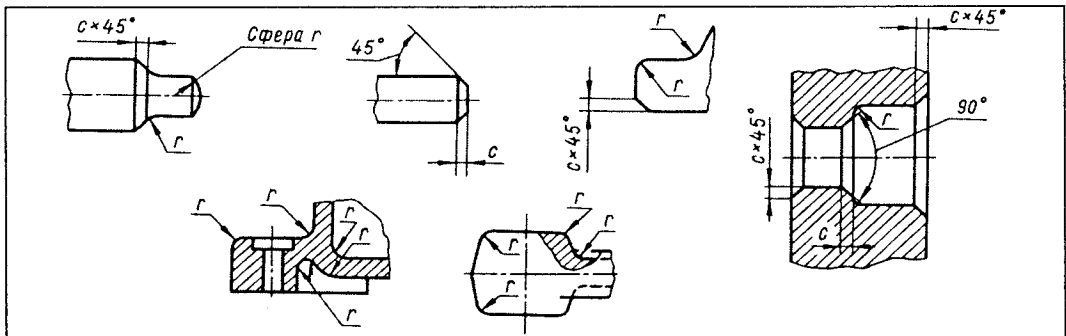
D	d	d_1	d_2	d_3	l_{\min}	l_1	l_2	$l_{3\min}$
3	0,8	1,7	2,5	—	1,1	0,78	1,02	—
4	1	2,12	3,15	—	1,3	0,97	1,27	—
5	1,25	2,65	4	—	1,6	1,21	1,6	—
6	1,6	3,35	5	—	2	1,52	1,99	—
10	2	4,25	6,3	7	2,5	1,95	2,54	0,6
14	2,5	5,3	8	9	3,1	2,42	3,2	0,8
20	3,15	6,7	10	12	3,9	3,07	4,03	0,9
30	4	8,5	12,5	16	5	3,9	5,06	1,2
40	5	10,6	16	20	6,3	4,85	6,41	1,6
60	6,3	13,2	18	25	8	5,98	7,36	1,8
80	8	17	22,4	32	10,1	7,79	9,35	2
100	10	21,2	28	36	12,8	9,7	11,66	2,5
120	12	25,4	33	—	14,6	11,6	13,8	—
160	16	33,9	42,5	—	19,2	15,5	18	—

Таблиця 5.4.4

Розміри, мм, центрових отворів форм F і H (див. табл. 5.4.1)

D		d	d ₁	d ₂	d ₃	l _{max}	l ₁	l _{2max}	l ₃
F	H								
8	–	M3	3,2	5	–	2,8	1,56	–	–
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,9	4	2,4
12,3	20	M5	5,3	8	11,4	4,5	2,3	5,5	3,3
16	25	M6	6,4	10	13,3	5,5	3	6,5	4
20	32	M8	8,4	12,5	16	7	3,5	8	4,5
25	40	M10	11	15,6	19,8	9	4	10,2	5,2
32	50	M12	13	18	22	10	4,3	11,2	5,5
40	63	M16	17	22,8	28,7	11	5	12,5	6,5
63	80	M20	21	28	33	12,5	6	14	7,5
100	100	M24	25	36	43	14	9,5	16	11,5
160	160	M30	31	44,8	51,8	18	12	20	14

Таблиця 5.4.5

Радіуси r закруглень і розміри фаски c , мм (ГОСТ 10948-64)

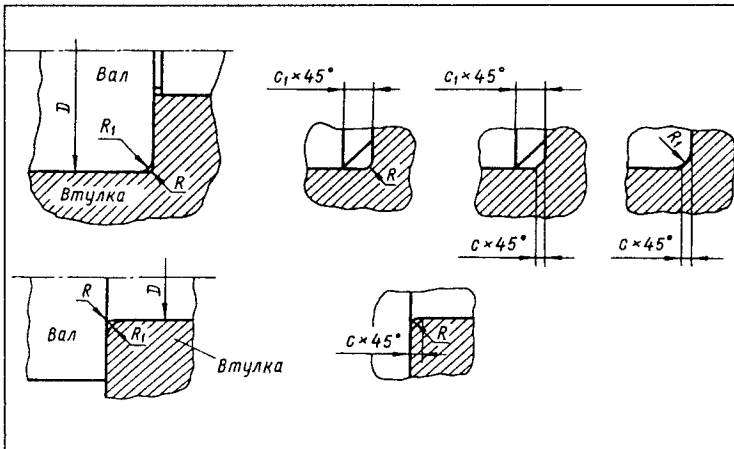
1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,1	0,1	–	0,8	6	6	–	50
–	0,12	1	1	–	8	63	63
0,16	0,16	–	1,2	10	10	–	80
–	0,2	1,6	1,6	–	12	100	100
0,25	0,25	–	2	16	16	–	125
–	0,3	2,5	2,5	–	20	160	160
0,4	0,4	–	3	25	25	–	200
–	0,5	4	4	–	32	250	250
0,6	0,6	–	5	40	40	–	–

Примітки:

1. Вибираючи розміри радіусів і фасок, перевагу потрібно надавати 1-му ряду значень.
2. Допускається замість розміру 63 мм застосовувати розмір 60 мм.

Таблиця 5.4.6

Рекомендовані радіуси закруглень та розміри фаски, мм, вала і втулки, які спрягаються по діаметру D

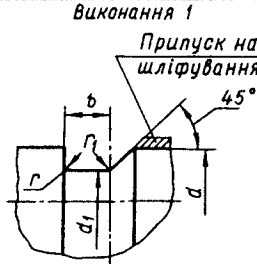
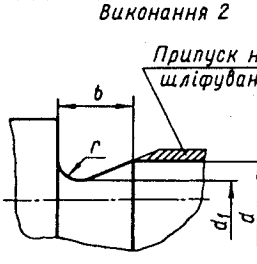
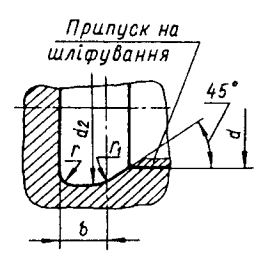
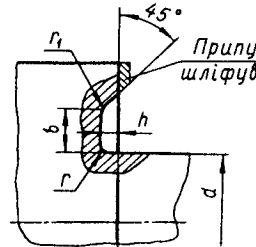
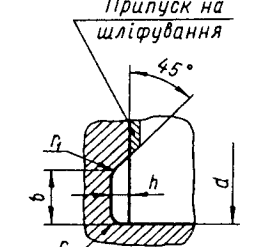
	D	R, c	R ₁ , c ₁
	3...6	0,4	0,6
	6...10	0,6	1
	10...18	1	1,6
	18...28	1,6	2
	28...46	2	2,5
	46...68	2,5	3
	68...100	3	4
	100...150	4	5
	150...200	5	6
	200...250	6	8
	250...300	8	10

Форми та розміри канавок для виходу шліфувального круга на деталях зі шліфованими поверхнями, в кон-

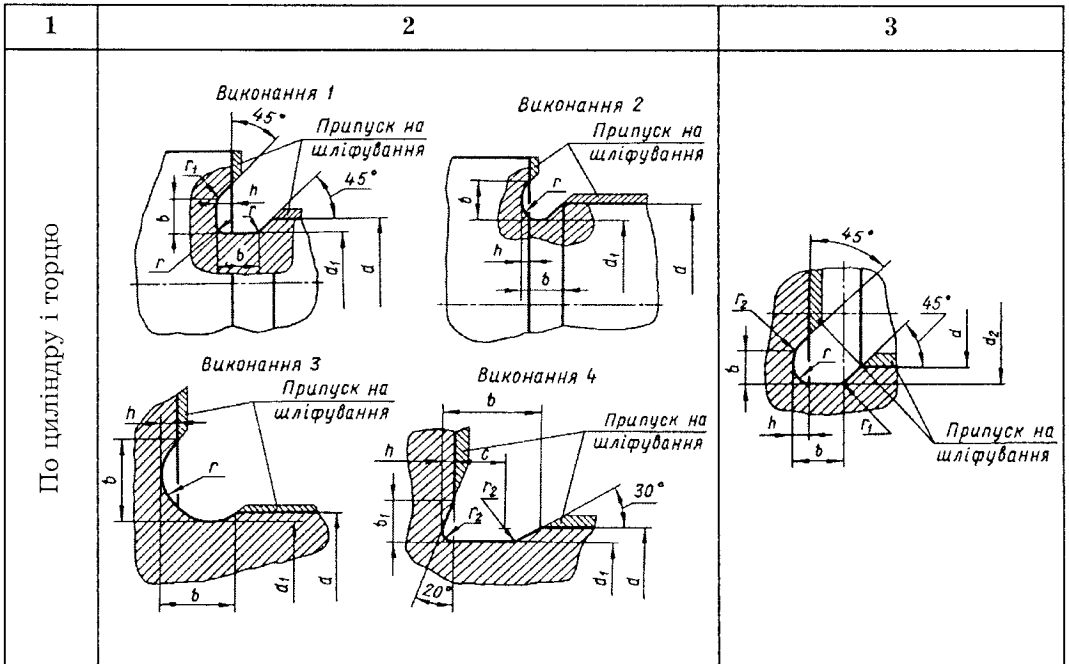
струкціях яких передбачено такі канавки (ГОСТ 8820-69), наведені в табл. 5.4.7...5.4.10.

Таблиця 5.4.7

Форми канавок для виходу шліфувального круга (ГОСТ 8820-69)

Спосіб шліфування	Зовнішнє шліфування	Внутрішнє шліфування
1	2	3
По циліндру	<p>Виконання 1</p>  <p>Виконання 2</p> 	
По торцю		

Продовження таблиці 5.4.7



Форми та основні розміри рифлення (висота h , кут α та крок рифлення P залежно від діаметра D і ширини B накатуваної поверхні) наведені в табл. 5.4.11.

Приклади умовного позначення рифлень у конструкторській документації:

- пряме рифлення з кроком $P = 1,0$ мм:
рифлення пряме 1,0
ГОСТ 21474-75;
- сітчасте рифлення з кроком $P = 1,0$ мм:
рифлення сітчасте 1,0
ГОСТ 21474-75.

Таблиця 5.4.8
Розміри, мм, канавок виконання 1...3
для зовнішнього та внутрішнього шліфування (див. табл. 5.4.7)

b для виконання		d	h	r	r ₁	d ₁	d ₂
1 та 2	3						
1	–	≤10	0,2	0,3	0,2	d – 0,3	d + 0,3
1,6	–	≤10	0,2	0,5	0,3	d – 0,3	d + 0,3
2	–	10	0,3	0,5	0,3	d – 0,5	d + 0,5
3	1,5	10...50	0,3	1	0,5	d – 0,5	d + 0,5

Продовження таблиці 5.4.8

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2,25	50...100	0,5	1,6	0,5	$d - 1$	$d + 1$
8	2,8	>100	0,5	2	1	$d - 1$	$d + 1$
10	5	>100	0,5	3	1	$d - 1$	$d + 1$
						$d - 1$	$d + 1$

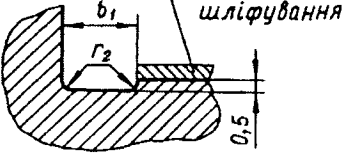
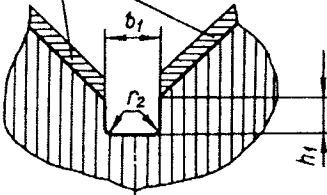
Таблиця 5.4.9

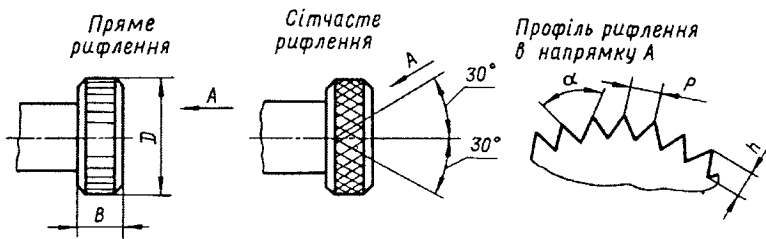
Розміри, мм, канавок виконання 4 для зовнішнього шліфування (див. табл. 5.4.7)

b	b_1	d_1	h	c	r_2
1,1	0,5	$d - 0,2$	0,1	0,8	0,2
2,2	1	$d - 0,4$	0,2	1,5	0,4
4,3	1,5	$d - 0,6$	0,3	3,3	0,6
6,4	2,3	$d - 0,8$	0,4	5	1

Таблиця 5.4.10

Розміри, мм, канавок для плоского шліфування

Виконання 1		Виконання 2	
Припуск на шліфування		Припуск на шліфування	
			
b_1	h_1	r_2	
2	1,6	0,5	
3	2	1	
5	3	1,6	

Таблиця 5.4.11
Основні розміри, мм, рифлення

Матеріал заготовки	Ширина накатуваної поверхні В	Крок рифлення Р при діаметрі накатуваної поверхні D					
		≤ 8	8...16	16...32	32...63	63...125	>125
Пряме рифлення							
Будь-який матеріал	≤ 4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1
	4...8		0,6	0,6	0,6	0,8	1
	8...16		0,6	0,8	0,8	0,8	1
	16...32		0,6	0,8	1	1	1,2
	≥ 32		0,6	0,8	1	1,2	1,6
Сітчасте рифлення							
Кольорові метали і сплави	≤ 8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	–
	8...16			0,8	0,8	0,8	–
	16...32			0,8	1	1	–
	>32			0,8	1	1,2	1,6
Сталь	≤ 8	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	–
	8...16			0,8	1	1	–
	16...32			0,8	1	1,2	1,2
	>32			0,8	1	1,2	1,6

Примітка. Параметри рифлення: для сталі $h = (0,25...0,7) P$ і $\alpha = 70$ для кольорових металів і сплавів $h = (0,25...0,5) P$ і $\alpha = 90$.

5.5. ПОЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА КРЕСЛЕННЯХ

Марки матеріалів потрібно позначати відповідно до присвоєних їм у стандартах позначень. Якщо ж стандарту на матеріал немає, його позначають згідно з технічними умовами.

В основному написі креслення деталі зазначають не більше одного виду матеріалу. Якщо для виготовлення деталі передбачається використання замінників матеріалу, то їх подають у технічних вимогах креслення або технічних умовах на виріб.

Матеріали, що використовуються для виготовлення виробів і їхніх складових частин, за характером конструктивних вимог поділяють на матеріали, сортамент яких обумовлюється і сортамент яких не обумовлюється конструкцією. У другому випадку в умовному позначенні показують найменування матеріалу, його марку, якщо вона встановлена, і номер стандарту або технічних умов.

Нижче наведено найбільш поширені види матеріалів, їхні марки та приклади умовного позначення.

Сталь — сплав заліза з вуглецем у кількості до 2% і деякими легованими елементами. За хімічним складом сталь поділяють на вуглецеву та леговану, а за призначенням — на конструкційну, інструментальну та спеціальну.

Сталь вуглецеву звичайної якості (ДСТУ 2651-94) в залежності від призначення виготовляють семи марок — 0...6, і трьох груп: А — що поставляється за механічними властивостями, Б — за хімічним складом, В — за механічними властивостями та хімічним скла-

дом. Сталі всіх марок і груп, крім марки О, залежно від ступеня розкислення виплавляють киплячою (кп), напівспокоїною (пс) і спокійною (сп).

Приклади позначення:

Ст 3 сп ДСТУ 2651-94 — сталь групи А (не показують), марки 3, спокійна; БСт 4 кп ДСТУ 2651-94 — група Б, марки 4, кипляча.

Із сталі марок 0 і 1 виготовляють труби, резервуари, кожухи, прокладки; із сталі Ст 3, Ст 4, — болти, гвинти, гайки, шпильки, осі, заклепки; сталь Ст 5, Ст 6 використовують для виготовлення валів, зубчастих коліс, шпонок та інших деталей.

Сталь вуглецеву якісну конструкційну виготовляють за ГОСТ 1050-88 наступних марок: 08 кп, 08 пс, 10, 15 кп, 20 кп, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60 65Г та ін. Тут число означає вміст вуглецю в сотих частинах відсотка, буква "Г" — підвищений вміст марганцю (~ 1%).

Приклад позначення: Сталь 30 ГОСТ 1050-88.

Сталь марок 10, 15, 20, 25 застосовується для виготовлення кріпильних виробів, втулок, муфт і ін.; сталь марок 35, 40, 45 — для виготовлення валів, колінчастих валів, шестерен та деталей, які несуть значні навантаження; із сталі 65Г виготовляють пружини, ресори.

Приклад позначення: 65 ГОСТ 14959-79.

Сталь вуглецеву інструментальну (ГОСТ 1435-90) виготовляють марок У 7, У 8, У 9, У 8 ГА...У 13. Тут число означає середній вміст вуглецю в десятих частках відсотка, буква "Г" — підвищений вміст марганцю, буква

“А” — високоякісну сталь. Із цієї сталі виготовляють інструменти.

Приклад позначення: Сталь У 8 Г ГОСТ 1435-90.

Ливарні сталі (ГОСТ 977-88) поділяють на три групи: I — звичайного призначення; II — відповідального призначення; III — особливо відповідального призначення.

Приклад позначення: Сталь 20 Л — II ГОСТ 977-88.

Чавун — сплав заліза з вуглецем, кількість якого перевищує 2%, і з іншими елементами.

Чавуни поділяють на сірі, ковкі, високоякісні, антифрикційні та ін. Найбільш поширеними є виливки з сірого чавуну марок 10, 15, 18, 25, 30, 35 (ГОСТ 1412-85).

Приклад позначення: СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

Ковкі чавуни бувають двох видів (ГОСТ 1215-79): феритовий (Ф) марок 30-6, 33-8, 35-10 і т. д. та перлітовий (П) марок 45-7, 50-5, і т. д. Перше число означає граничне напруження на розтягання (у кілограмах на квадратний міліметр), друге — відносно подовження (у відсотках).

Приклади позначення: КЧ35-10 ГОСТ 1215-79; КЧ 60-3 П ГОСТ 1215-79.

Високоміцні чавуни марок 35...100 (ГОСТ 7293-85) застосовують для навантажувальних деталей складної конфігурації.

Приклад позначення: ВЧ 60 ГОСТ 7293-85.

Сплави кольорових металів, отриманих на основі міді й алюмінію, широко розповсюджені в машинобудуванні.

У позначенні сплавів кольорових металів зміст літер такий: А — алюміній, Ж — залізо, К — кремній, Mg — магній, Мц — марганець, Н — нікель,

О — олово, С — свинець, Ф — фосфор, Ц — цинк.

Бронза — це сплав міді з оловом або алюмінієм, а також іншими головними компонентами: цинком, кремнієм, марганцем, залізом.

Приклад позначення: Бр ОЦ СН 3 — 7 — 5 — 1 ГОСТ 613-79.

Бронзи застосовуються для виготовлення антифрикційних деталей, арматури, яка працює під тиском, пружин, підшипникових деталей, трубок.

Латунь — сплав міді з цинком та іншими компонентами (наприклад, алюмінієм, залізом, свинцем).

Приклад позначення: Л 65 ГОСТ 15527-70.

Число 65 — відсотковий вміст міді. Якщо у сплаві є інші метали, то їх позначають так само, як і для бронзи.

Приклад позначення: Л 59 — 1 ГОСТ 15527-70 (містить 59% міді, 1% свинцю, решта — цинк).

Із латуні виготовляють арматуру, втулки, прутки, дріт, трубки.

Алюмінієві сплави, отримані литвом, позначають АЛ 2, АЛ 4 і т. д., куванням — АК 7, АК 9 і т. д.; оброблювані тиском — Д 1, Д 2 і т. д. (дюралюміній). Сплав алюмінію з кремнієм називають силуміном — СИЛ — ОО, СИЛ — О і т. д.

Приклади позначення: АК 7 ГОСТ 4784-74; Д 12 ГОСТ 4784-74.

Бабіт — сплав олова і свинцю з міддю, сурмою та ін. Застосовують у вигляді заливки в підшипники ковзання як антифракційний матеріал. Марки бабіту Б 6, Б 16, Б 88 та ін. Число показує відсотковий вміст олова.

Приклад позначення: Б 16 ГОСТ 1320-74.

Прес-матеріал АГ — 4 застосовують для електроізоляції та виготовлення різноманітних деталей.

Приклад позначення: Прес-матеріал АГ — 4В ГОСТ 20437-89.

Текстоліт і асботексоліт конструкційні випускаються за ГОСТ 5-78, електротехнічний — за ГОСТ 2910-74.

Із текстоліту виготовляють шестерні, ролики, втулки, кільця.

Приклад позначення: Текстоліт ПТК — 40 сорт 1 ГОСТ 5-78 (ПТК — марка, 40 — діаметр стрижня). Текстоліт А — 10,0 ГОСТ 2910-74 (А — марка, 10,0 — товщина листа, мм).

Гетинакс електротехнічний листовий (ГОСТ 2718-74) випускається марок I, II, III, V, V-I, VI і т. д.

Приклад позначення: Гетинакс VI 12,0 ГОСТ 2718-74 (12 — товщина листа).

Пароніт застосовується як матеріал для прокладок. За ГОСТ 481-80 випускають сім марок, ПОН — загального призначення, ПМБ — маслобензостійкий.

Приклад позначення: Пароніт ПОН 0,6×500×750 ГОСТ 481-80.

Вініпласт листовий (ГОСТ 9639-71) марок ВН, ВП, ВНТ; фенопласт (ГОСТ 5689-79) групи 32 марки К-21-22; фторопласт (ГОСТ 10007-80) марок: С — для спецвиробів, П — електроізоляції, О — загального призначення, Т — товстінних виробів; поліуретан марки ПУ-1; поліетилен (ГОСТ 16388-70) марок 20306, 21006 та ін.

Приклади позначення: Фторопласт — 4П ГОСТ 1007-80; Фенопласт Э2К-21-22 ГОСТ 5689-79.

Пластини гумові (I) та гумотканинні (II) за ГОСТ 7338-90 — марки МС — маслостійка, МБС — маслобензостійка.

Приклад позначення: Пластина лист МС-М-3×200×250 ГОСТ 7338-90 (М — м'яка, 3×200×250 — розміри листа).

Повсть технічна: тонкошерстна (ГОСТ 288-72), напівгрубошерстна

(ГОСТ 6308-71), грубошерстна (ГОСТ 6418-81).

Приклади позначення: Повсть ТС 7 ГОСТ 288-72 (Т — тонкошерстна, С — сальникова, 7 — товщина, мм).

Кільце СТ 75-50-7 ГОСТ 288-72 (числа — це розміри кільця, мм).

Скло органічне конструкційне має товщину листів 0,8...24,0 мм. Скло поділяється на пластифіковане (СОЛ), не пластифіковане (СТ-1), співполімерне (2-55).

У тому разі, коли деталь, до якої ставляться конструктивні та експлуатаційні вимоги, виготовлятиметься лише з сортового матеріалу певного профілю й розміру (лист, дріт, калібрований пруток, кутик тощо), то його записують відповідно до присвоєного в стандарті на сортамент позначення, тобто крім характеристики матеріалу додатково зазначають його найменування, розмірну характеристику (товщину, діаметр та ін.), якісні характеристики (сорт, твердість тощо) та номер стандарту.

Приклади умовних позначень сортового матеріалу:

штабова сталь завтовшки 10 мм, завширшки — 60 мм, за ГОСТ 103-76, марка сталі — Ст3 за ДСТУ 2651-94, поставляється відповідно до технічних вимог ГОСТ 535-79:

$$\text{Штаба } \frac{10 \times 60 \text{ ГОСТ } 103-76}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-79};$$

гарячекатана кругла сталь за ГОСТ 2590-71 звичайної точності прокатування В діаметром 30 мм та марки Ст3 за ДСТУ 2651-94, поставляється відповідно до технічних вимог ГОСТ 535-79:

$$\text{Круг } \frac{В30 \text{ ГОСТ } 2590-71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-79};$$

гарячекатана квадратна сталь за ГОСТ 2591-71 звичайної точності прокатування В зі стороною квадрата

40 мм, марки 30, категорії 2, підгрупи *a*, без термічного оброблення, поставляється відповідно до технічних вимог ГОСТ 1050-88:

Квадрат $\frac{B40 \text{ ГОСТ } 2591-75}{30 - 2 - a \text{ ГОСТ } 1050-88}$.

В умовному позначенні матеріалу допускається не зазначати групу точ-

ності, площинність, довжину та ширину листа, ширину штаби та інші параметри, якщо вони не впливають на експлуатаційні якості виробу (деталі). При цьому загальна послідовність запису даних, наведених у стандартах або технічних умовах на матеріали, повинна зберігатися.

5.6. ВИКОНАННЯ ЕСКІЗІВ ДЕТАЛЕЙ

Ескізами називаються креслення деталей, виконані без креслярських інструментів (від руки), без певного масштабу, але, по можливості із додержанням пропорційності між розмірами елементів деталі, що встановлюється окомірно.

Ескізи призначаються для одноразового виконання у виробництві (наприклад, для виготовлення зламаної або зношеної деталі, або для удосконалення існуючої конструкції) і широко застосовуються в проектній роботі для розробки нових конструкцій деталей та інших виробів.

ДСТУ 3321-96 визначає їх як ескізні конструкторські документи, а саме як креслення, виконані без дотримання масштабу і призначені для разового використання.

Виконання ескіза деталі здійснюється за певним алгоритмом, який передбачає ряд мислительних та графічних операцій. Доцільно по можливості визначити місце, положення і призначення деталі в складальній одиниці, а також способи виготовлення деталі та види обробки її поверхонь з урахуванням властивостей матеріалу, з якого вона виготовлена. Далі слід уявно розчленити деталь на окремі складові частини у вигляді простих геометрич-

них форм, встановити мінімально необхідну кількість її зображень, вибравши одне із них як основне (вид спереду). Головним зображенням може бути вид, розріз або поєднання вигляду із розрізом. Головне зображення повинно вибиратись із урахуванням певних вимог конструктивного та технічного характеру. Так, деталі, що обробляються на токарному верстаті (шпинделі, втулки, вали і т. п.) зображаються так, щоб їх вісь обертання була в горизонтальному положенні. Деталі, що виготовляються литвом, зображаються так, щоб їх основна поверхня, що обробляється, розміщувалась у горизонтальному положенні.

Ескізи, як правило, виконуються на папері в клітинку, що дає можливість додержуватись проєкційного зв'язку між зображеннями, паралельності та перпендикулярності ліній тощо.

Безпосередньо графічна складова алгоритму виконання ескізу деталі складається із наступних етапів:

1. На вибраному форматі паперу наносять рамку. У навчальних ескізах основні написи креслити не обов'язково. Досить у нижньому правому куті ескізу вказати назву деталі, матеріал з якого вона виконана, індекс групи та прізвище студента.

2. Орієнтовно визначають співвідношення габаритів деталі і тонкими лініями креслять габаритні прямокутники для всіх зображень деталі (рис. 5.6.1, а). При цьому враховують незайману прямокутниками площу формату, необхідну для нанесення розмірів та написів. Від вдалої компо-

новки зображень залежить якість та естетична досконалість ескізу.

3. На габаритних прямокутниках проводять штрих-пунктирні вісі симетрії, осьові та центрові лінії (рис. 5.6.1, б).

4. Тонкими лініями проводять зовнішні видимі контури деталі на її зображеннях (рис. 5.6.1, в).

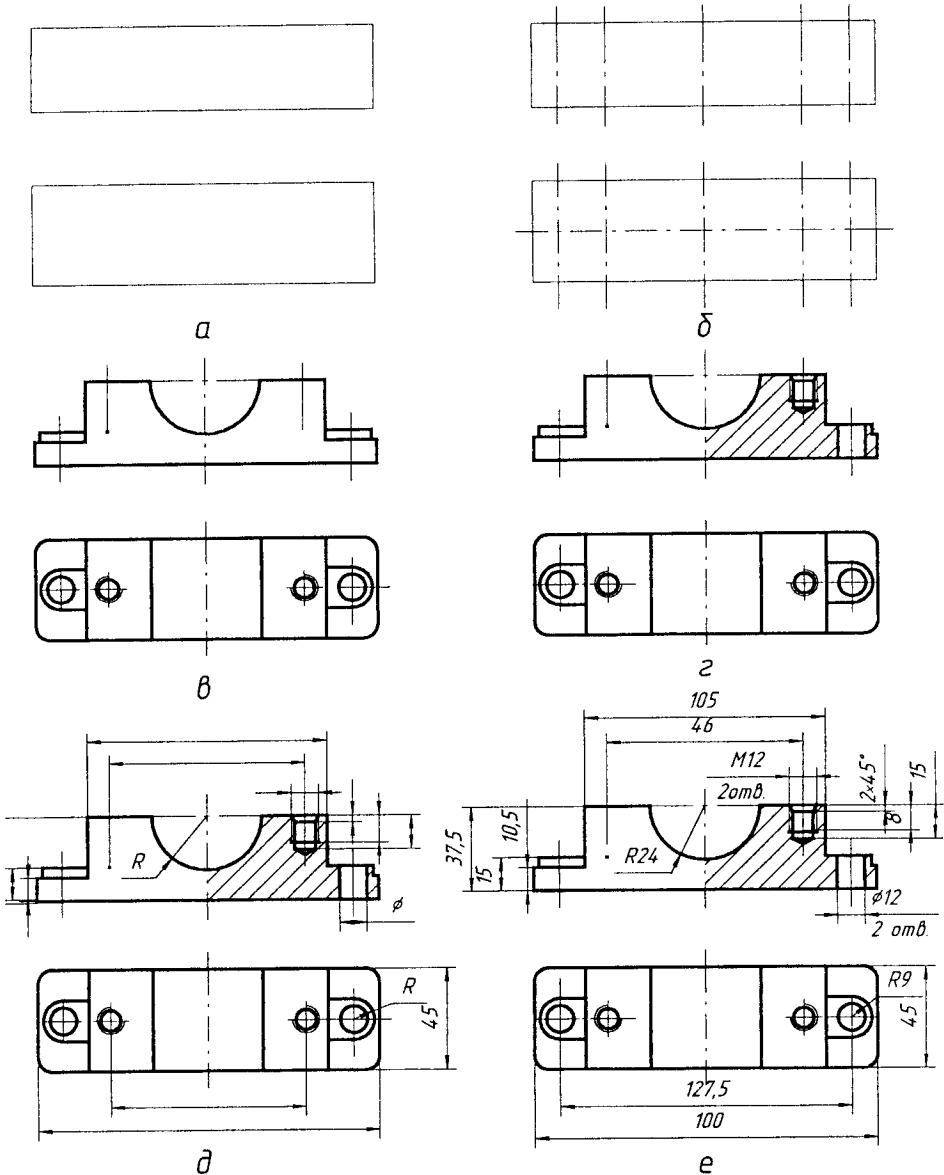


Рис. 5.6.1

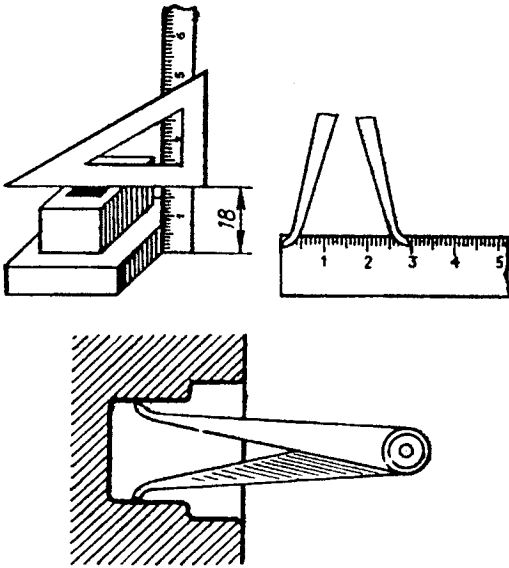


Рис. 5.6.2

5. Тонкими лініями проводять контури розмірів, внутрішні контури порожнин деталі (за площиною розрізу). При цьому слід враховувати, що внутрішня поверхня деталі, як правило, паралельна зовнішній, вісі отворів кріпильних деталей повинні бути перпендикулярними до опорних площин гайок та головок болтів, центри отворів найчастіше розміщуються симетрично до осей деталей, або по вершинах правильних багатокутників (див. рис. 5.6.1, з).

6. Виконані зображення перевіряють, витирають гумкою зайві лінії, обводять видимий контур зображень суцільною основною лінією, заштриховують розрізи та перерізи. Наносять виносні та розмірні лінії. Розміри деталі умовно поділяються на габаритні (довжина, висота, ширина), приєднувальні (розміри отворів, різьб, міжцентрові відстані, тощо), якими деталь з'єднується з іншими деталями в складальній одиниці, конструктивні (розміри окремих елементів та відстаней у деталі).

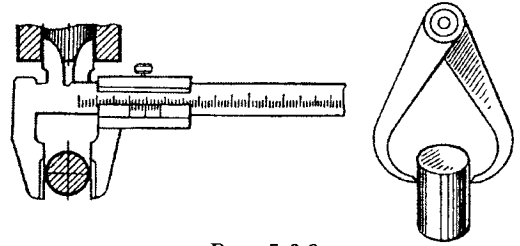


Рис. 5.6.3

Розміри зовнішніх елементів розміщують зі сторони вида, а внутрішні — зі сторони розрізу. У нанесенні розмірів по можливості слід враховувати технологію її виготовлення (див. рис. 5.6.1, д).

7. Вимірним інструментом (не креслярським) вимірюють розміри деталі та наносять розмірні числа на ескізі (рис. 5.6.1, е). Для вимірювання розмірів деталей слід користуватись спеціальним вимірним інструментом. Серед різноманітності цих інструментів найбільш поширеними в навчальній практиці є сталева лінійка, кронциркуль, нутромір та штангенциркуль. Прийоми користування зазначеними мірними інструментами показані на рисунках 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4.

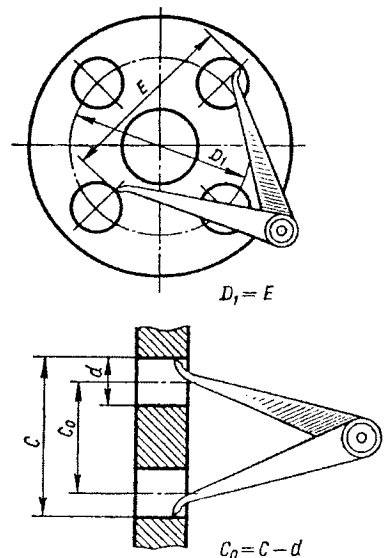


Рис. 5.6.4

5.7. КРЕСЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ

Основні вимоги до креслень встановлює ГОСТ 2.109-73. На таких стадіях проектування, як технічна пропозиція, ескізний проект і технічна пропозиція, ескізний проект і технічний проект, розробляють креслення загального виду виробу. На наступній стадії на основі креслення загального виду розробляють технічну документацію — креслення окремих деталей, складальне креслення, специфікацію, а в разі потреби — монтажне та габаритне креслення.

Креслення загального виду являє собою документ, який визначає конструкцію виробу, взаємодію його основних складових частин і пояснює принцип його роботи.

Креслення загального виду повинно мати такі елементи:

- види, розрізи й перерізи, а також написи і текстову частину, які потрібні для розуміння конструктивної будови, взаємодії складових частин і принципу роботи виробу;
- найменування (при можливості — і позначення) складових частин виробу, для яких пояснюється принцип роботи, наводяться технічні характеристики, вид матеріалу, кількість, а також тих складових частин, які згадуються в поясненні зображень креслення загального виду, в описі принципу роботи виробу і т. д.;
- необхідні габаритні, прислужувальні, встановлювальні розміри та розміри, які полегшують з'ясування форми елементів деталі;
- схему виробу, якщо немає потреби виконувати її на окремому аркуші;

- технічні вимоги до виробу та його технічні характеристики, якщо їх потрібно враховувати в подальшому розробленні робочих креслень.

Приклад креслення загального виду наведено на рис. 5.7.1.

Креслення загального виду виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими ГОСТ 2.109-73 на оформлення креслень робочої документації та іншими стандартами СКД. Складові частини виробу (в тому числі запозичені з іншого виробу та покупні) зображують спрощено (допускається навіть контурними обрисами), якщо при цьому зрозумілі конструктивна будова, взаємодія складових частин і принцип роботи виробу. Складові частини можуть бути зображені на одному аркуші з загальним видом або на окремих аркушах креслення загального виду.

Найменування і позначення складових частин виробу показують або на полечках ліній-виносок, проведених від деталей, або в таблиці, розміщеній на кресленні загального виду, або в таблиці, що виконується на окремих аркушах формату А4, які є подальшими аркушами креслення загального виду. У загальному виді таблиця містить графи: “Поз.” (позиція), “Позначення”, “Кільк.” (кількість), “Дод. вказівки” (додаткові вказівки). Але вона може бути доповнена й іншими потрібними графами (наприклад, “Найменування”, “Матеріал”). Складові частини виробу рекомендується записувати в таблиці в такій послідовності: позичені, покупні, заново розроблювані. За наявності таблиці номери позицій

складових частин на загальному виді проставляють на поличках ліній-виносок відповідно до цієї таблиці.

Таблицю складових частин виробу до загального виду (див. рис. 5.7.1.) наведено на рис. 5.7.2.

Поз.	Позначення	найменування	Кільк.	Дод. вказівки
		<u>Покупні вироби</u>		
1		Гайка М8 ГОСТ 5915-70	1	
2		Шайба 8 ГОСТ 11371-78	1	
		<u>Заново розроблені вироби</u>		
3	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Маховик	1	Складальна одиниця
4	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Корпус	1	
5	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Шток	1	
6	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Кришка	1	
7	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Шпindelь	1	
8	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Підп'ятник	1	
9	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Гайка накидна	1	
10	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Гайка накидна	1	
11	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Мембрана	1	
12	АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Пружина	1	
АБВГ.ХХХХХХ.300 В0				
Інф. № оригінал Підпис і дата Інф. № дубл.				Аркуш 2
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

Рис. 5.7.2

5.8. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕННЯ

Зміст креслень. *Складальним називається креслення, яке являє собою зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю.* За складальними кресленнями визначають взаємозв'язок і способи з'єднання деталей; призначаються вони для серійного та масового виробництва. Приклад складального креслення наведено на рис. 5.8.1, специфікацію до нього — на рис. 5.8.2.

Згідно з ГОСТ 2.109-73, складальне креслення містить:

- зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розташування та взаємозв'язок складових частин, що з'єднуються за даним кресленням і забезпечують можливість складання та контролю складальної одиниці (допускається розміщувати додаткові схематичні зображення з'єднань і розташування складових частин виробу);
- розміри з граничними відхиленнями та інші параметри й вимоги, які виконуються і контролюються за даним складальним кресленням (допускається в ролі довідкових зазначати розміри деталей і граничні відхилення, які визначають характер їх спряження);
- вказівки про характер спряження рознімних частин виробу та про методи його виконання, якщо точність спряження забезпечується не заданими граничними відхиленнями розмірів, а підбиранням, припасовуванням тощо

(можуть наводитися вказівки про спосіб з'єднання нерознімних частин);

- номери позицій складових частин, які входять до виробу;
- габаритні розміри виробу;
- встановлювальні, приєднувальні та інші довідкові розміри;
- технічну характеристику виробу (за потреби);
- координати центра мас (якщо потрібно).

Розроблення креслень. Повнота зображення виробу на складальному кресленні залежить від наявності необхідних видів, розрізів, перерізів та виносних елементів.

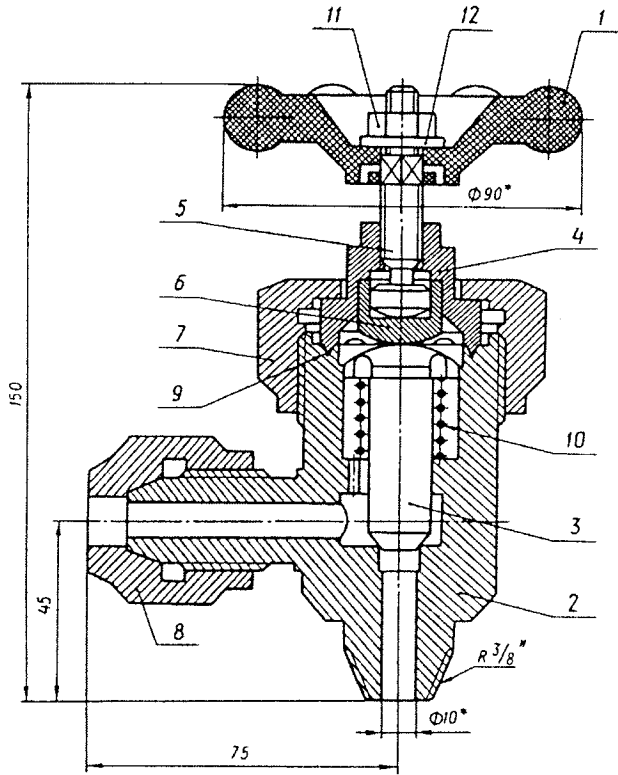
Визначаючи потрібну кількість видів виходять зі складності виробу.

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

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

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

АБВГ.ХХХХХХ.400 СК



* Розміри для довідок

Підпис і дата
Імб. № дубл.
Зам. імб. №
Підпис і дата
Імб. № орг. і м.

Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	дата
Розробив				
Перевірив				
Т. кантр.				
Н. кантр.				
Затвердив				

АБВГ.ХХХХХХ.400 СК

Вентиль запірний
кутовий
Складальне креслення

Літера	Маса	Масштаб
		1:1
Аркуш	Аркушів	

Рис. 5.8.1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.400 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3	1		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ СК	Маховик		
				<u>Деталі</u>		
A3	2		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	корпус		
A4	3		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	шток		
A4	4		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	кришка		
A4	5		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Шпindelь		
A4	6		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	під'ятник		
A4	7		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Гайка накидна		
A4	8		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Гайка накидна		
A4	9		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	мембрана		
A4	10		АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ	Пружина		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Гайка М8-6Н ГОСТ 5915-70	1	
		12		Шайба 8.01.019 ГОСТ 11371-78	1	
			АБВГ.ХХХХХХ.400			
			Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис дата
Інв.№ оригіні	Разробив					
	Перевірів					
	Затвердив					
				Вентиль запірний кутовий		
				Літера	Аркуш	Аркушів
						1

Рис. 5.8.2

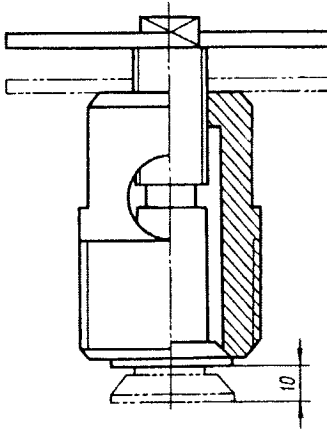


Рис. 5.8.3

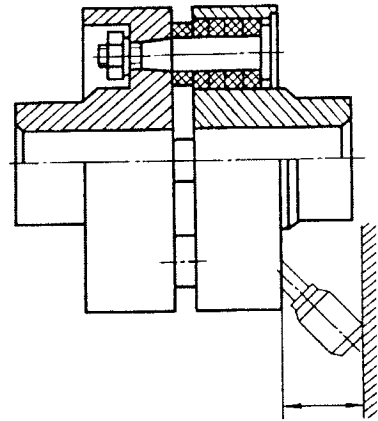


Рис. 5.8.4

умовно показують нерозрізаними і не штрихують.

Переміщувані частини виробу на кресленнях зображуються, як правило, в робочому положенні. Допускається зображувати їх також у крайньому або проміжному положеннях, застосовуючи для цього тонку штрихпунктирну лінію з двома точками (рис. 5.8.3.). На кресленні наносять відповідні розміри, які характеризують різні положення переміщуваних частин. Якщо при зображенні цих частин утруднюється читання креслення, то їх допускається зображувати на додаткових видах з відповідними написами (наприклад, "Крайнє положення супорта, поз. 3").

На складальних кресленнях виробу допускається зображувати суміжні й обміжні вироби ("обстановку"), а також розміри, які визначають взаємне розташування виробу й "обстановки"

(рис. 5.8.4.). Предмети "обстановки" виконують спрощено суцільною тонкою лінією. При цьому наводять дані, необхідні для визначення місця встановлення, способів кріплення та приєднання виробу. На розрізах і перерізах "обстановку" допускається не штрихувати. Складові частини виробу, розташовані за "обстановкою", зображують видимими, тобто суцільною лінією. У разі потреби допускається зображувати їх невидимими.

Якщо на складальному кресленні потрібно навести найменування чи позначення виробів, які становлять "обстановку", або їх елементів, то ці вказівки розміщують безпосередньо на зображенні "обстановки" або на полиці лінії-виноски, проведеної від відповідного зображення (наприклад, "Верстат токарний (позначення)"; "Патрубок водовіддільника (позначення)" та ін.).

5.9. АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ

Складальне креслення виконується при проектуванні нового, ще не існуючого виробу, або при викреслюванні виробу з природи.

У навчальних цілях складальне креслення виконують у два етапи: спочатку креслять ескізи деталей, які входять у складальну одиницю, а потім за ескізами виконують складальне креслення.

Для виконання складального креслення виробу з природи рекомендується дотримуватися такої послідовності:

1. Ознайомитися з виробом, складальне креслення якого необхідно виконати. Встановити призначення виробу і принцип його роботи. Визначити складові частини виробу і способи з'єднання деталей (різьбові, зварні, і т. д.).
2. Встановити порядок складання виробу. Для цього спочатку виріб необхідно розібрати на складові частини, а потім у зворотному порядку скласти.
3. Скласти схему розподілу виробу на складові частини.
4. Присвоїти позначення виробу і його складових частин у відповідності з ГОСТ 2.201-80 і внести їх у схему виробу.
5. Виконати ескізи всіх деталей виробу (крім стандартних) у повній відповідності до правил складання ескізів. Виконані ескізи перевірити, особливо на наявність усіх необхідних розмірів спряжених поверхонь.
6. Визначити необхідну кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, місцевих видів) складального креслення.
7. У залежності від складності виробу і його габаритних розмірів встановлюють масштаб креслення і вибирають формат паперу у відповідності з ГОСТ 2.301-68. Наносять рамку креслення і виділяють місце для основного напису.
8. Креслять габаритні прямокутники для розташування зображень і проводять осі симетрії.
9. Тонкими лініями на всіх проєкціях наносять контур основної деталі виробу. Намічають необхідні розрізи, перерізи і додаткові зображення.
10. Креслять інші деталі, причому в тій послідовності, в якій складають виріб. Виконують на складальному кресленні розрізи, перерізи, виносні елементи і т. д.
11. Перевіряють виконане креслення, обводять лінії видимого і невидимого контурів, заштриховують розрізи і перерізи.
12. Проводять розмірні і виносні лінії і проставляють розмірні числа.
13. На аркуші окремого формату виконують специфікацію виробу.
14. Наносять номери позицій деталей на складальному кресленні у відповідності до номерів позицій у специфікації.
15. Заповнюють основний напис і виконують інші необхідні написи (технічні вимоги або технічну характеристику виробу).

У випадку необхідності на кресленні зазначають позначення посадок у відповідальних спряженнях, вимоги до обробки деталей у процесі складання

виробу або після його складання, характер спряження рознімних і нерознімних частин і методи зображення контролю цих спряжень та ін.

5.10. УМОВНОСТІ ТА СПРОЦЕННЯ У СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕННЯХ

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

На складальних кресленнях допускається не показувати:

- фаски, проточки, закруглення, виступи, заглиблення, рифлення, насічки, обплетення та інші дрібні елементи;
- проміжки між отвором і стрижнем, який входить у цей отвір;
- кришки, щити, кожухи, перегородки та ін., якщо треба показати закриті ними складові частини виробу; у цьому разі над зображенням роблять відповідний напис (наприклад, “Маховик поз. 5 не показаний”);
- видимі складові частини виробів, які розташовані за сіткою або

частково закриті розташованими спереду складовими частинами;

- написи на табличках, шкалах та інших подібних деталях, а також маркувальні технічні дані й написи на виробі (креслять лише контур таблички, планки чи шкали).

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

Вироби, розташовані за гвинтовою пружиною, зображеною на складальному кресленні в розрізі, креслять умовно лише до осевих ліній перерізу витків пружини, враховуючи, що пружина закриває частини виробу, які розміщені за нею (рис. 5.10.1).

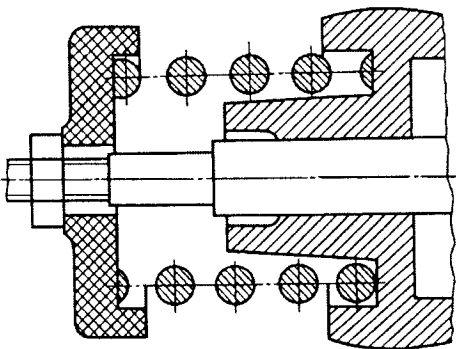


Рис. 5.10.1

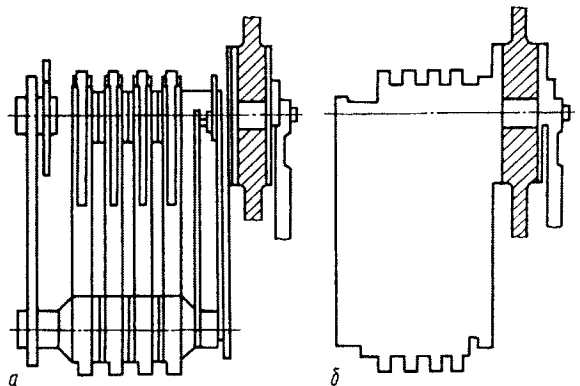
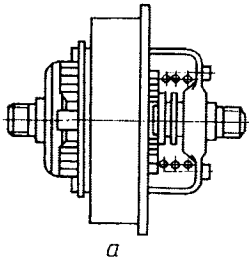
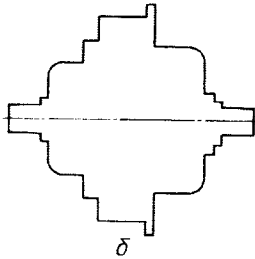


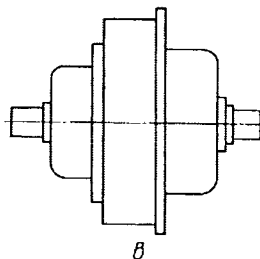
Рис. 5.10.2



а



б



в

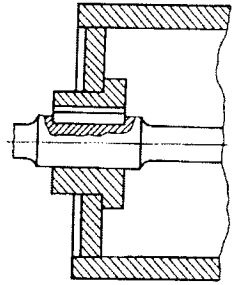


Рис. 5.10.4

Рис. 5.10.3

На розрізах складального креслення допускається зображувати нерозрізаними складові частини виробів, на які є самостійно оформлені складальні креслення.

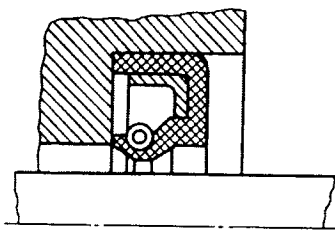
Типові, куповані та інші вироби (див. рис. 5.10.2, а, 5.10.3, а) зображують зовнішніми контурами (див. рис. 5.10.2, б, 5.10.3, б). Допускається спрощувати зовнішні контури предметів, не зображуючи дрібних виступів, заглиблень тощо. Усередині таких зображень можна проводити лінії видимого контуру (рис. 5.10.3, в).

На складальних кресленнях із зображеннями кількох однакових складових частин (коліс, опорних котків тощо) допускається виконувати повне

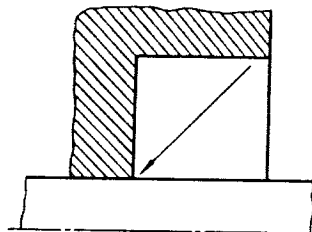
зображення однієї частини, а зображення інших частин давати спрощено, відповідно до зазначених вище вимог.

Зварний, паяний чи клеєний виріб, виготовлений з однорідного матеріалу, при складанні з іншими виробами в розрізах і перерізах штрихують як монолітне тіло, тобто в один бік, зображуючи межі між деталями суцільними основними лініями (рис. 5.10.4). Межі між деталями можна й не показувати, тобто зображувати конструкцію як монолітне тіло.

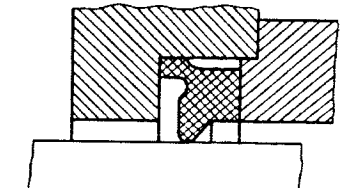
Уцілювання (рис. 5.10.5, а, в, д) на складальних кресленнях допускається зображувати умовно, показуючи стрілкою напрямком його дії (рис. 5.10.5, б, з, е).



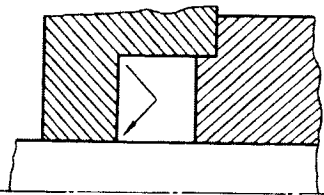
а



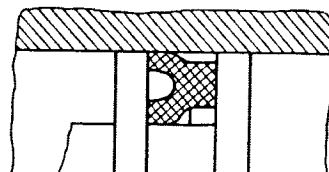
б



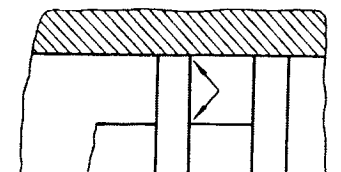
в



г



д



е

Рис. 5.10.5

5.11. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ, НОМЕРІВ ПОЗИЦІЙ

Проставляння розмірів. На складальному кресленні виробу проставляють:

- габаритні розміри, які характеризують висоту, довжину та ширину виробу або його найбільший діаметр; якщо якийсь розмір є змінним унаслідок переміщення частини механізму, то на кресленні зазначають розміри при крайніх положеннях рухомих деталей;
- встановлювальні та приєднувальні розміри, які показують розташування й розміри елементів, стосовно яких виріб встановлюють на місці монтажу або приєднують до другого виробу (діаметри центрових кіл і отворів для болтів, відстані між отворами для кріплення, відстані між осями фундаментних болтів та ін.); позначаючи ці розміри, наносять координати розташування та розміри з граничними відхиленнями елементів, які служать для з'єднання з виробами, що спрягаються; якщо зовнішній приєднувальний зв'язок здійснюється зубчастими колесами, то зазначають модуль, кількість і напрямок зубців;
- монтажні розміри, які вказують на взаємозв'язок деталей і їх взаємне розташування в складальній одиниці (наприклад, відстань від осі виробу до площини, на якій він монтується, монтажні проміжки тощо); ці розміри також дають з граничними відхиленнями;
- експлуатаційні розміри, які вказують на розрахункову й конструктивну характеристики виробу (наприклад, діаметри прохідних отворів, розміри різьби на

приєднувальних штуцерах, розміри для ключа, модуль і кількість зубців та ін.).

Якщо потрібно, то конструктор показує на кресленні виробу деякі характерні конструктивні або розрахункові розміри, щоб звірити їх з розмірами, проставленими на кресленнях деталей. Розміри окремих деталей чи елементів на складальному кресленні, як правило, не показують, оскільки на складання надходять готові деталі. Розміри габаритні, встановлювальні, приєднувальні, експлуатаційні та ті, що характеризують положення рухомих частин виробу, є довідковими і проставляються з зірочкою.

На складальному кресленні проставляють розміри отворів для болтів, гвинтів, штифтів та заклепок, якщо ці отвори виконуються в процесі складання.

Нанесення номерів позицій складових частин. Складові частини складальної одиниці нумерують відповідно до номерів позицій, зазначених у її специфікації, тобто спочатку заповнюють специфікацію, а потім переносять номери позицій на складальне креслення виробу.

Номери позицій проставляють на полечках ліній-виносоч, які виконують тонкими суцільними лініями і закінчують на зображенні деталі потовщенням у вигляді точки. Номери позицій розташовують паралельно основному напису креслення за межами контуру зображення і групують у рядок або колонку по змозі на одній лінії. Лінії-виноски відводять від тих зображень, на яких складова частина проєкціюється як видима, надаючи при цьому перевагу

основним видам або розрізам, розміщеним на місці основних видів.

Номер позиції на кресленні проставляють, як правило, один раз. Допускається повторне позначення номерів позицій однакових частин виробу. Розмір шрифту, яким записують номери позицій, повинен бути на один-два номери більшим від шрифту, прийнятого для розмірних чисел на даному кресленні. Лінії-виноски по можливості не повинні бути паралельні лініям штриховки розрізів і перерізів та не перетинатися між собою.

Допускається проводити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для групи кріпильних деталей (болта, гайки, шайби), які стосуються одного місця кріплення (рис. 5.11.1, а), і для групи деталей з чітко вираженим взаємозв'язком, якщо лінію-виноску неможливо провести від кожної складової частини (рис. 5.11.1, б). У цих випадках лінію-виноску відводять від закріпної складової частини.

Якщо кріпильних деталей дві чи більше і при цьому різні складові час-

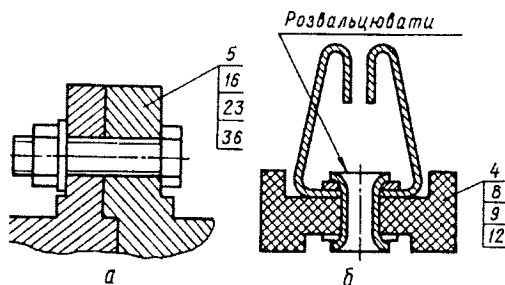


Рис. 5.11.1

тини кріпляться однаковими деталями, то їх кількість допускається проставляти в дужках після номера відповідної позиції і зазначати лише для однієї одиниці закріпної складової частини незалежно від кількості цих складових частин у виробі.

Можна проводити загальну лінію-виноску і для окремих складових частин виробу, якщо їх важко зобразити графічно. У такому разі на кресленні ці складові частини не показують, а їхнє місце розташування визначають за допомогою лінії-виноски від видимої складової частини і в технічних вимогах розміщують відповідну вказівку (наприклад, "Жгути поз. 10 під скобами обгорнути прещпаном поз. 18").

5.12. СПЕЦИФІКАЦІЯ

Згідно з ДСТУ 3321-96, специфікація є обов'язковим основним документом, який визначає структуру специфікованого виробу та розробленої на нього конструкторської документації. Її розробляють на кожну складальну одиницю, комплекс і комплект на окремих аркушах формату А4 за формами 1 та 1а. Специфікація потрібна для виготовлення виробу, комплектування конструкторських документів і планування запуску у виробництво.

До специфікації заносять назви складових частин, які входять у специфікований виріб, і конструкторських документів, що стосуються цього виробу та його складових частин, які не входять до даної специфікації.

У загальному випадку специфікація складається з розділів, які розташовують у такій послідовності:

- 1) документація; 2) комплекси;
- 3) складальні одиниці; 4) деталі;
- 5) стандартні вироби; 6) інші вироби;

7) матеріали; 8) комплекти. Наявність тих чи інших розділів обумовлюється складом специфікованого виробу. Назва кожного розділу, яку підкреслюють, має вигляд заголовка у графі “Найменування”.

Розглянемо зміст і порядок заповнення кожного розділу.

До розділу “Документація” заносять основний комплект конструкторських документів специфікованого виробу (крім його специфікації), відомості експлуатаційних документів і відомості документів для ремонту, а також документи основного комплекту, які записують у специфікацію неспецифікованих складових частин (деталей), крім їх робочих креслень.

У цьому розділі спочатку записують документи на специфіковані вироби, потім документи на неспецифіковані складові частини. Порядок запису документів у межах позначення виробу відповідає послідовності, в якій вони перелічені в ГОСТ 2.102-68.

До розділів “Комплекси”, “Складальні одиниці” та “Деталі” заносять назви комплексів, складальних одиниць та деталей, які безпосередньо входять у специфікований виріб. Зазначені вироби рекомендується записувати в алфавітному порядку літер кодів організацій-розробників або кодів, виділених для централізованого присвоєння позначень; у межах цих кодів — у порядку зростання класифікаційної характеристики; при однаковій класифікаційній характеристиці — за зростанням порядкового реєстраційного номера.

У розділі “Стандартні вироби” записують вироби, які застосовуються за державними стандартами підприємств (для виробів допоміжного виробництва).

У межах кожної категорії стандартів запис виконують по групах виробів, об’єднаних за їх функціональним призначенням (наприклад, підшипники, кріпильні вироби, електричні вироби тощо); у межах кожної групи — в алфавітному порядку найменування виробів; у межах кожного найменування — в порядку зростання позначень стандартів; у межах кожного номера стандарту — в порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу. Наприклад, групу “Кріпильні деталі” записують у такому порядку: болти, гвинти, гайки, шайби, шпильки, а в межах кожного номера стандарту — за зростанням параметрів виробу, тобто діаметрів та ін.

До розділу “Інші вироби” заносять вироби, які застосовуються не за основними конструкторськими документами (технічними умовами, каталогами, прейскурантами тощо), за винятком стандартних виробів. Вироби записують по однорідних групах: у межах кожної групи — в алфавітному порядку найменування виробів; у межах кожної назви — в порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу.

До розділу “Матеріали” заносять матеріали, які безпосередньо входять у специфікований виріб. Записують їх по видах у такій послідовності: метали чорні; метали магнітоелектричні та ферромагнітні; метали кольорові, благородні та рідкісні; кабелі, дріт і шнури; пластмаси та прес-матеріали; паперові й текстильні матеріали; лісоматеріали; гумові та шкіряні матеріали; мінеральні, керамічні та скляні матеріали; лаки, фарби, нафтопродукти та хімікати; інші матеріали.

У розділі “Матеріали” не записують ті матеріали, потрібну кількість яких

лише за розмірами конструктор визначити не може, її визначає технолог. До таких матеріалів належать, наприклад, фарби, лаки, клей, мастила, припої, електроди. Вказівки про необхідність застосування цих матеріалів дають у технічних вимогах на полі креслення.

У межах кожного виду матеріали записують в алфавітному порядку найменувань, а в межах кожного найменування — за зростанням розмірів чи інших технічних параметрів.

До розділу “Комплекти” заносять експлуатаційні документи, документи для ремонту і комплекти, які безпосередньо входять у специфікований виріб, а також комплект упаковки, призначеної для виробу. Записують їх у такій послідовності: відомість експлуатаційних документів; відомість документів для ремонту; комплект монтажних частин; комплект змінних частин; комплект запасних частин; комплект інструменту і пристроїв; комплект укладальних засобів; інші комплекти (за присвоєними їм найменуваннями); упаковка.

Графи специфікації заповнюють таким чином.

У графі “Формат” зазначають розміри форматів за ГОСТ 2.301-68, на яких виконані креслення деталей чи інші конструкторські документи, позначення яких записують у графі “Позначення”. Якщо документ виконаний на кількох аркушах різних форматів, то у графі “Формат” проставляють зірочку, а в графі “Примітка” перелічують усі формати в порядку їх збільшення. Цю графу не заповнюють для документів, записаних у розділах “Стандартні вироби”, “Інші вироби”, “Матеріали”. Для деталей, на які не випущено креслень, у графі зазначають: “БК”. Для документів, які видані

друкарським, літографічним чи іншим способом на форматах, передбачених відповідними державними стандартами для друкарських видань, у графі “Формат” ставлять прочерк.

У графі “Зона” записують індекс зони, в якій міститься номер позиції, що позначає складову частину виробу. Графу заповнюють у тому разі, коли креслення розділене на зони. Якщо є повторювані номери позицій, то в специфікації у графі “Примітка” зазначають усі зони.

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

У графі “Позначення” зазначають:

- у розділі “Документація” — позначення записаних документів;
- у розділах “Комплекси”, “Складальні одиниці”, “Деталі” та “Комплекти” — позначення основних конструкторських документів на записані в ці розділи вироби, а для деталей, на які не випущено креслення, — присвоєне їм позначення.

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

У графі “Найменування” записують:

- у розділі “Документація” для документів, які входять до основного комплекту документів на специфікований виріб, — лише найменування документів (наприклад,

“Складальне креслення”, “Табаритне креслення”, “Технічні умови”), а для документів на неспецифіковані складові частини — назву виробу та найменування документа (наприклад, “Верстати токарні настільні”, “Інструкція щодо упакування”);

- у розділах “Комплекси”, “Складальні одиниці”, “Деталі” та “Комплекти” — найменування виробів відповідно до основного напису на їхніх основних конструкторських документах, а для деталей, на які не випущені креслення, — їх найменування і матеріал, а також розміри, потрібні для виготовлення;
- у розділі “Стандартні вироби” — найменування та позначення виробів відповідно до стандартів на них;
- у розділі “Інші вироби” — найменування та позначення виробів відповідно до документів на їхнє постачання з позначеннями цих документів; якщо виріб застосовується згідно з документом, що має посилання на інший (загальний) документ (наприклад, на загальні технічні умови), то в графі “Найменування” записують лише позначення першого документа (загальний документ не показують);
- у розділі “Матеріали” — позначення матеріалів, установлені стандартами або технічними умовами на ці матеріали; якщо записують ряд виробів і матеріалів, які відрізняються розмірами та іншими даними, але застосовуються за одним документом (і записуються в специфікацію після позначення цього документа), то допускається загальну частину найменування цих

виробів або матеріалів з позначенням зазначеного документа записувати в кожному аркуші специфікації один раз у вигляді загального найменування (заголовка); для кожного з таких виробів і матеріалів під загальним найменуванням записують лише їх параметри та розміри; цим спрощенням не допускається користуватись у тому разі, коли основні параметри чи розміри виробу позначають лише одним числом або літерою; для цих випадків запис виконують так: “шайби ГОСТ 18123-82”; “шайба 3”; “шайба 4” тощо.

У графі “Кільк.” зазначають:

- для складових частин виробу, що записуються в специфікації, — кількість їх на один специфікований виріб;
- у розділі “Матеріали” — загальну кількість матеріалів на один специфікований виріб із зазначенням одиниць вимірювання; допускається записувати в графі “Примітка” в безпосередній близькості від графі “Кільк.”

У графі “Примітка” наводять додаткові відомості для планування та організації виробництва, а також інші відомості, які стосуються записаних у специфікацію виробів, матеріалів і документів (наприклад, для деталей, на які не випущено креслення, — масу). Для документів, випущених на двох і більше аркушах різних форматів, записують позначення форматів, перед переліком яких проставляють зірочку (наприклад, *A4, *A3).

Після кожного розділу специфікації залишають кілька вільних рядків для додаткових записів (залежно від стадії розроблення, обсягу записів тощо).

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A1	1		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х СК	Корпус	1	
A2	2		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х СК	Циліндр	1	
A3	3		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х СК	Головка	1	
A3	4		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х СК	Рукоятка	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	5		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Вал		
A3	6		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Гайка		
A4	7		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Втулка		
A3	8		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Кільце		
A3	9		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Кришка		
A3	10		АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х	Кришка		
				<u>стандартні вироби</u>		
				Гвинт В. М4 - 6g × 10.14Н		
				ГОСТ 1476 - 84	16	
				Гвинт В. М6 - 6g × 16.14Н		
				ГОСТ 1478 - 84	1	
			АБВГ.Х Х Х Х Х Х. Х Х Х			
			Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис
			Дата			
Інв.№ оригіні.	Розробив					
	Перевірив					
	Затвердив					
				Знімач гвинтовий	Літера	Аркуш
					1	2
				(Підприємство)		

Рис. 5.12.1

Допускається резервувати також номери позицій, які проставляють у специфікації, заповнюючи резервні рядки. Приклад заповнення специфікації показано на рис. 5.12.1. (аркуш 1) та 5.12.2. (аркуш 2).

При заповненні специфікації допускається її поєднання зі складальним кресленням за умови розміщення їх на аркуші формату А4 (ГОСТ 2.301-68). У цьому разі специфікацію розміщують над основним написом і заповнюють у тому порядку і за тією формою, що й

специфікацію, виконану на окремих аркушах. Для виробів допоміжного та одиничного виробництва допускається поєднання специфікації зі складальним кресленням на аркушах будь-якого формату, встановленого ГОСТ 2.301-68. Правила виконання й оборотності таких поєднаних документів обумовлюються галузевими стандартами. Поєднаному документові присвоюють позначення основного конструкторського документа. Основний напис виконують за ГОСТ 2.104-68 (форма 1).

5.13. АРМОВАНІ ДЕТАЛІ

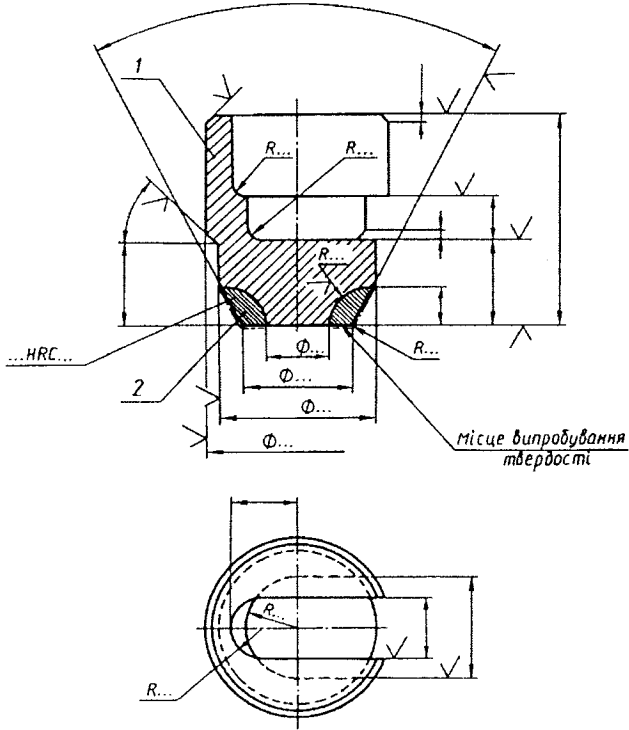
На рис. 5.13.1...5.13.3 наведено креслення армованих деталей. Армована деталь — це складальна одиниця, виготовлена наплавленням на деталь металу чи сплаву або заливанням поверхонь деталі металом, сплавом, гумою, пластмасою тощо. Армована деталь складається з арматури й заповнювача або наплавленого матеріалу. На складальному кресленні армованої деталі зображують форму і проставляють розміри для всіх елементів виробу в остаточному вигляді, зазначають розміри поверхонь або елементів для наплавлення і наводять інші дані, необхідні для виготовлення та контролю.

На основі цих даних проектують формотворні поверхні матриці та пуансона з урахуванням усадки матеріалу. Креслення армованої деталі міс-

тить додаткові зображення елементів, невиразних на основних проекціях, з відповідними розмірами. На кресленні часто дають вказівки про додаткове оброблення окремих елементів деталі.

На армовану деталь, як на складальну одиницю, оформляють специфікацію, яку виконують здебільшого на одному аркуші з кресленням. Якщо на арматуру, наприклад, на стержень ручки (див. рис. 5.13.2.), виконують самостійне креслення, то на складальному кресленні розміри цієї деталі не проставляють (на рис. 5.13.2. показано лише розмір М4 як присєднувальний). Наплавлений метал, сплав, пластмасу, гуму чи інші матеріали, якими заливають армовані деталі, записують у специфікації складальної одиниці в розділі "Матеріали" із зазначенням у графі "Кільк." їх маси.

АБВГ.ХХХХХХ.500 СК



Підпис і дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № оригін.
Затвердив

АБВГ.ХХХХХХ.500 СК

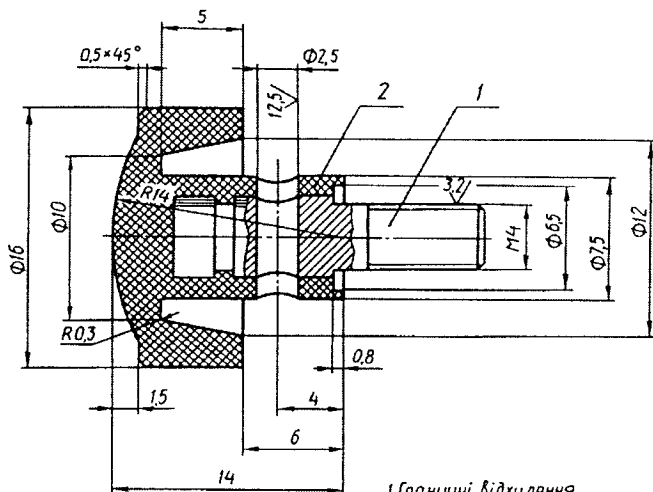
ЗОЛОТНИК
складальне креслення

Літера	Маса	Масштаб
		1:1
Аркуш		Аркушів

Рис. 5.13.1

...XXXXXX...

16/√



- 1. Граничні відхилення розмірів $\pm 14, \pm \frac{1}{2}$
- 2. Тріщини та раковини не допускаються

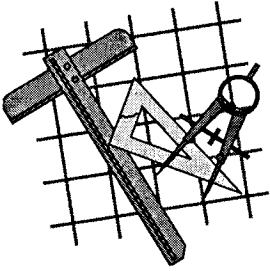
Підпис і дата	Інв. № дубл.			Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
	Формат	Зона	А4						
Підпис і дата	Зам. інв. №			1	...XXXXXX...	деталі			
				2		Стержень	1		
Підпис і дата	Зам. інв. №					Матеріали			
						Текстоліт	...	к2	
Підпис і дата	...XXXXXX...СК								
	Кнопка зі стержнем						Літера	Маса	Масштаб
Інв. № оригін.	Складальне креслення								4:1
							Аркуш	Аркушів	
Зм. Аркуш				№ документа	Підпис	Дата			
Розробив									
Перевірів									
Т. контр.									
Н. контр.									
Затвердив									

Рис. 5.13.2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4			АБВГ.ХХХХХХ.500 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
Б4	1		АБВГ.ХХХХХХ.500	Золотник		
				Сталь...	1	
				<u>Матеріали</u>		
	2			Сплав твердий спечений		
				ГОСТ 3882-74	...	кг

Інв.№ оригін.						АБВГ.ХХХХХХ.500		
	Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата			
	Розробив					Літера	Аркуш	Аркуші в
	Перевірив							
	ЗОЛОТНИК							
Затвердив								

Рис. 5.13.3



Розділ 6

СХЕМИ

6.1. ВИЗНАЧЕННЯ, ТЕРМІНИ

Схема — графічний конструкторський документ, на якому представлені складові частини виробу і зв'язки між ними у вигляді умовних зображень і графічних позначень. Схема є складовою частиною конструкторської документації, вона містить необхідні дані для проектування, регулювання, контролю, ремонту й експлуатації виробу, роз'яснює основні принципи дії і послідовність процесів при роботі механізму, приладу, пристрою, установки, спорудження і т. ін.

Вимоги до виконання і оформлення схем встановлені стандартами сьомої класифікаційної групи ЕСКД, які містять наступні терміни і визначення:

1. Елемент схеми — складова частина схеми, що виконує визначену функцію у виробі і не може бути розділена на частини, що мають самостійне функціональне призначення (наприклад, насос, трансформатор, компресор, муфта, турбіна, резистор).

2. Пристрій — сукупність елементів, яка являє собою єдину конструкцію (наприклад, випарний апарат, механізм, плата). Пристрій може не мати у виробі визначеного функціонального призначення.

3. Функціональна група — сукупність елементів, що виконують у виробі визначену функцію і не об'єднаних у єдину конструкцію.

4. Функціональна частина — елемент, функціональна група і пристрій, що виконують визначену функцію.

5. Функціональний ланцюг — лінія, канал, тракт визначеного призначення.

6. Лінія взаємозв'язку — відрізок лінії, який показує наявність зв'язку між функціональними частинами виробу.

7. Установка — умовне найменування об'єкта в енергетичних спорудах, на який випускається схема.

Види і типи схем

ГОСТ 2.701-84 встановлює види і типи схем виробів усіх галузей промисловості і загальних вимог до виконання цих схем, а також електричних схем енергетичних споруджень (електричних станцій, устаткування промислових підприємств і т. ін.).

У залежності від видів елементів і зв'язків, що входять до складу виробу, схеми підрозділяють на наступні види, що позначаються літерами:

Вид схеми	Шифр
електричні	Е
гідравлічні	Г
пневматичні	П
кінематичні	К
оптичні	Л

Продовження таблиці

Вид схеми	Шифр
вакуумні	В
газові	Х
автоматизації	А
комбіновані	С

В залежності від основного призначення схеми поділяють на наступні типи, що позначаються цифрами:

Тип схеми	Шифр
структурна	1
функціональна	2
принципові (повні — для електричних схем)	3
з'єднань (монтажні — для електричних схем)	4
підключення	5
загальна	6
розташування	7
об'єднана	0

Найменування схеми визначається її видом і типом (наприклад, схема електрична принципова, схема гідравлічна принципова).

Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їхнє призначення і взаємозв'язки. Функціональні частини зображують у вигляді прямокутників. Допускається окремі елементи показувати у вигляді умовних графічних позначень.

Якщо елементи схеми зображують у вигляді прямокутників, то найменування, позначення (номера) чи типи (шифри) елементів і пристроїв вписують усередину прямокутників. При позначенні функціональних частин схеми номерами чи кодами останні повинні бути розшифровані на полі схеми в таблиці довільної форми.

На лініях взаємозв'язків напрямком ходу процесів позначають стрілками причому побудова схеми повинна давати уявлення про хід робочого процесу в напрямку з ліва на право.

Структурні схеми розробляють при проектуванні виробів на стадіях, що передують розробці схем інших типів, і використовують їх для загального ознайомлення з виробом.

Функціональна схема роз'яснює визначені процеси, що протікають в окремих функціональних ланцюгах виробу чи у виробі в цілому. Вона використовується при вивченні принципів роботи виробів, а також при їхньому налагодженні, контролі і ремонті.

На схемі зображують функціональні частини виробу, що беруть участь у визначеному процесі, і зв'язки між цими частинами. При цьому рекомендується приводити на схемі технічні характеристики функціональних частин (поруч із графічним позначенням чи на вільному полі схеми), що пояснюють написи, діаграми.

Принципова схема (повна) визначає повний склад елементів і зв'язків між ними і дає детальне уявлення про принципи роботи виробу. Вона служить підставою для розробки інших конструкторських документів, наприклад схем з'єднань (монтажних) і креслень. Використовується схема для вивчення принципів роботи виробів, а також при їхньому налагодженні, контролі і ремонті.

Схема з'єднань (монтажна) показує з'єднання складових частин виробу і визначає провади, жгути, кабелі або трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх присєднань і вводу. Схема використовується при розробці інших конструкторських

документів, у першу чергу креслень, що визначають прокладання і способи кріплення проводів, жгутів, кабелів чи трубопроводів у виробі (установці), а також для здійснення приєднань і при контролі, експлуатації і ремонті виробів (установок).

На схемі зображують усі пристрої і елементи, що входять до складу виробу, їх вхідні і вихідні елементи (рознімання плати, затискання і т. ін.) і з'єднання між ними. Пристрої показують у вигляді прямокутників або зовнішніми обрисами, елементи — у вигляді умовних графічних позначень, прямокутників або зовнішніми обрисами. В останньому випадку усередині пристроїв допускається поміщати умовні графічні позначення елементів.

Схема підключення показує зовнішні підключення виробу. Вона використовується при розробці інших конструкторських документів, а також для здійснення підключень виробів і при їх експлуатації. На схемі зображують виріб, його вхідні і вихідні елементи (рознімання, затискання і т. ін.) і підведені до них кінці проводів і кабелів зовнішнього монтажу, біля яких розміщують дані про підключення виробу (характеристики зовнішніх ланцюгів, адреси). Вироби і їхня складові частини показують у вигляді прямокутників, а вхідні чи вихідні елементи — у вигляді умовних графічних позначень.

Загальна схема визначає складові частини комплексу і з'єднання їх між собою на місці експлуатації. Вона використовується при ознайомленні з комплексом, а також при його контролі й експлуатації. На схемі показують у вигляді прямокутників пристрої і елементи, що входять у даний комплекс, провода, жгути і кабелі, що з'єд-

нують їх. Розташування пристроїв і елементів повинно приблизно відповідати їх дійсному розташуванню у виробі. Вхідні і вихідні елементи зображують у вигляді умовних графічних позначень з врахуванням їх дійсного розташування усередині пристроїв. Біля елементів і пристроїв розміщують їхнє найменування і тип.

Схема розташування визначає відносне розташування складових частин виробу, а при необхідності, також проводів, жгутів, кабелів, трубопроводів. Використовується при експлуатації і ремонті. На схемі зображують складові частини виробу і, при необхідності, зв'язки між ними, конструкцію, приміщення, місцевість на який розташовані ці частини. Останні показують у вигляді зовнішніх зображень чи умовних графічних позначень. Складові частини виробу розташовують так, щоб дати уявлення про їх дійсне розміщення. Найменування і типи пристроїв і елементів розміщують біля їх зображень, при великому числі складових частин виробу ці відомості записують у перелік елементів і привласнюють цим частинам позиційні позначення. Такі схеми можуть бути виконані на розрізах конструкцій, розрізах і планах будинків в аксонометрії.

Об'єднана схема може бути виконана на розсуд розробника у поєднанні на одному конструкторському документі схем різних типів, наприклад принципової і з'єднань, з'єднань і підключення. При цьому повинні бути дотримані правила, встановлені для схем відповідних типів. Найменування такого об'єднаного документа визначається видом і типами схем які поєднуються, наприклад, схема електрична принципова і з'єднань.

Комбінована схема розробляється тоді, коли в склад виробу входять елементи різних видів, через що на виріб потрібно розробити кілька схем одного типу. Ці схеми можна замінити однією комбінованою схемою. Найменування такої схеми визначається відповідними видами комбінованих схем і типом схеми (наприклад, схема електрогидравлічна принципова).

Схеми інших видів і типів допускається розробляти, якщо в зв'язку з особливостями виробу обсяг відомостей, необхідних для його проектування, регулювання, контролю, ремонту й експлуатації, не може бути переданий у комплекті документації в схемах установлених видів і типів. Номенклатура, найменування і коди схем інших видів і типів встановлюються в галузевих стандартах.

6.2. ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ СХЕМ

Загальні вимоги до виконання схем

Номенклатура схем на виріб визначається розроблювачем. Число типів схем повинно бути мінімальним, але в сукупності вони повинні містити відомості в обсязі, достатньому для проектування, виготовлення, експлуатації і ремонту виробу.

Схеми виконують на аркушах стандартних форматів; при цьому основні формати є найбільш доцільними. Обраний формат повинен забезпечити як компактне виконання схеми, так і її наочність і зручність користування нею. Допускається виконувати схему визначеного виду і типу на кількох аркушах або замість однієї схеми визначеного виду і типу виконувати сукупність схем того ж виду і типу, причому кожна схема повинна бути оформлена як самостійний документ. При розробці для виробу кількох схем визначеного виду і типу у вигляді самостійних документів допускається в найменуванні схеми вказувати назву функціонального ланцюга (наприклад, схема електрична принципова ланцюгів живлення).

Найменування схеми вписують у графу 1 основного напису після найме-

нування виробу, для якого виконується схема, шрифтом меншого розміру, ніж найменування виробу.

Кожній схемі привласнюють код, що складається з букви, яка визначає вид схеми, і цифри, що позначає тип схеми. Приклад позначення електричної принципової схеми виробу: *АВВГ.ХХХХХХ.ХХХЕЗ*.

При розробці для виробу кількох схем визначеного виду і типу кожній схемі привласнюють позначення, як самостійному конструкторському документу, і починаючи з другої схеми до коду схеми додають через крапку порядковий номер (арабськими цифрами), наприклад:

АВВГ.ХХХХХХ.ХХХЕЗ,

АВВГ.ХХХХХХ.ХХХЕЗ.1,

АВВГ.ХХХХХХ.ХХХЕЗ.2 і т. ін.

До схем чи замість схем у випадках, встановлених правилами виконання конкретних видів схем, випускають у вигляді самостійних документів таблиці, що містять відомості про розташування пристроїв, з'єднаннях, місцях підключення й іншу інформацію. Таким документам привласнюють код, що складається з букви *Т* і коду схеми, до якої, чи замість якої

випускається таблиця, наприклад, код таблиці з'єднань до електричної схеми з'єднань — ТЕ4. В основному написі (графа 1) документа вказують найменування виробу, а також найменування документа «Таблиця з'єднань». Таблицю з'єднань записують у специфікацію після схеми, до якої вона випущена, чи замість неї.

Перелік елементів схеми розміщують на першому листі схеми чи виконують як самостійний документ.

Якщо випускають перелік елементів у вигляді самостійного документа, його код повинен складатися з букви «П» і коду відповідної схеми, наприклад, код переліку елементів до електричної принципової схеми — ПЕЗ. При цьому в основному написі (графа 1) вказують найменування виробу, а також найменування документа «Перелік елементів». Перелік елементів записують у специфікацію після схеми, до якої він випущений.

Перелік елементів оформляють у вигляді таблиці (рис. 6.2.1), яка заповнюється зверху вниз. При виконанні

переліку на першому листі схеми його розташовують, як правило, над основним написом на відстані не менш 12 мм від неї. При необхідності продовження переліку елементів його розміщують ліворуч від основного напису, повторюючи голівку таблиці. При розбивці поля схеми на зони перелік елементів доповнюють графою «Зона» (рис. 6.2.2), вказуючи в ній позначення зони, у якій розташований даний елемент (пристрій).

Перелік елементів у вигляді самостійного документа випускають на аркушах формату А4.

У графах переліку вказують наступні дані: у графі «Поз. позначення» — позиційне позначення елемента; у графі «Найменування» — найменування елемента схеми у відповідності до документа, на підставі якого він застосований, і позначення цього документа (для функціональної групи — найменування); у графі «Кіл.» — кількість однакових елементів; у графі «Примітка», при необхідності, — технічні дані елемента, що не містяться в його найменуванні.

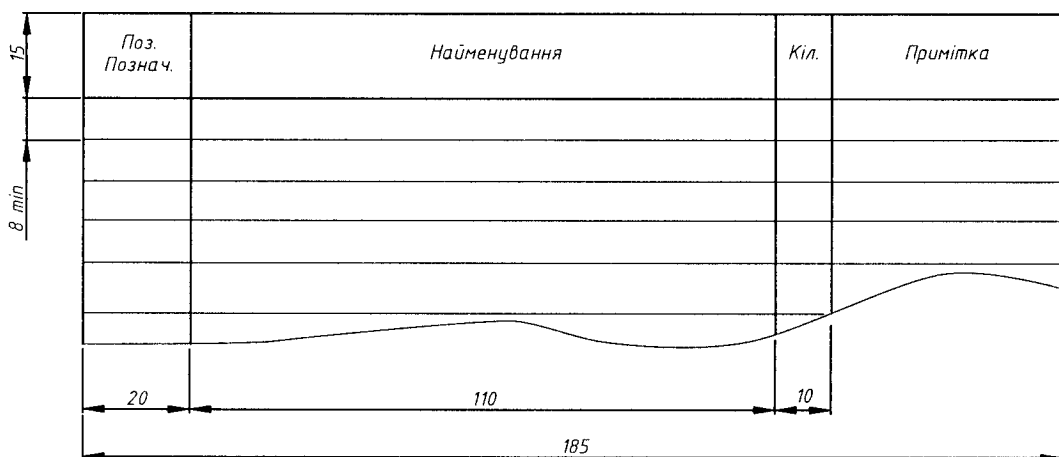


Рис. 6.2.1

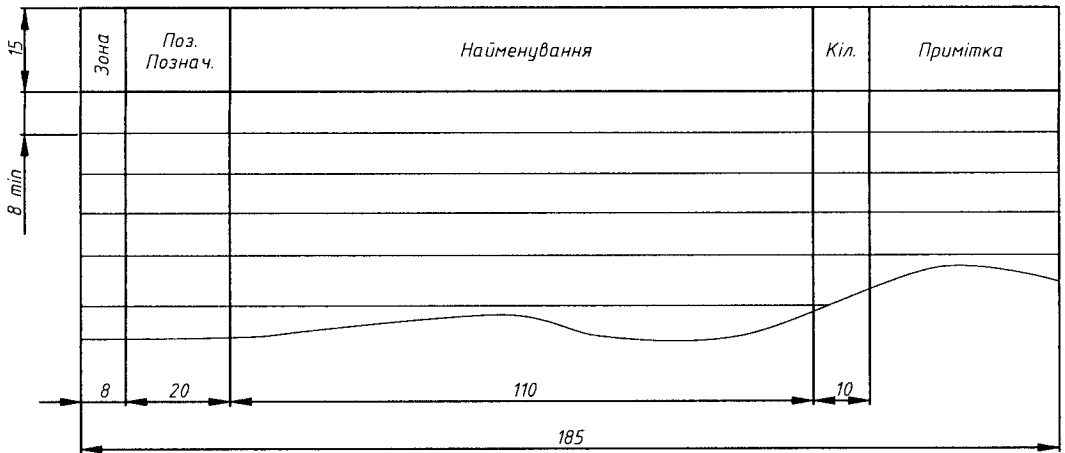


Рис. 6.2.2

Поз. Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
НП1	Насос пластинчастий 8БГ-12-23	1	$Q=15 \text{ м}^3/\text{год}$
Ф1	Фільтр АБВГ.ХХХХХХ.003	1	
А1, А2	Пристрій запобіжний АБВГ.ХХХХХХ.04	2	
К01	Гідроклапан обратний Г51-23		$Q=0,58 \text{ дм}^3/\text{с}$
	Гідроклапани запобіжні ГОСТ 21148-75		
КП1	Клапан 10-100-1К-11	1	
КП2...КП4	Клапан 10-320-1К-11	3	

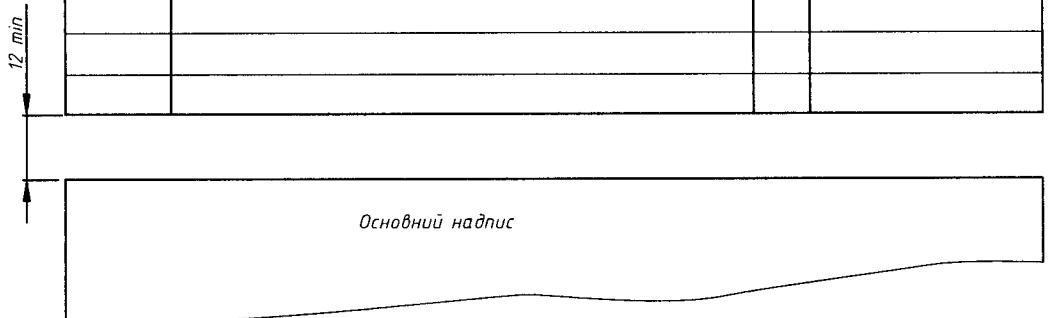


Рис. 6.2.3

Поз. Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
С5		1	Ємкість
			монтажна
ДР1		1	См.п.5

Рис. 6.2.4

Елементи в перелік записують групами за алфавітом буквених позиційних позначень, причому в межах кожної групи, що має однакові буквені позиційні позначення, їх розташовують у порядку зростання порядкових номерів. Елементи одного виду з однаковими параметрами, що мають на схемі послідовні порядкові номери, допускається записувати в перелік одним рядком. У цьому випадку в графу «Поз. позначення» вписують позиційні позначення тільки з найменшим і найбільшою порядковими номерами, а в графі «Кіл.» вказують загальне число цих елементів. При виконанні на схемі цифрових позначень у перелік їх записують у порядку зростання.

Для полегшення внесення змін допускається залишати трохи незаповнених рядків між окремими групами елементів, а при великій кількості елементів усередині груп — і між елементами.

При записі елементів однакового найменування, що відрізняються технічними характеристиками й іншими даними і мають однакоє буквене позиційне позначення, допускається в графі «Найменування» записувати найменування цих елементів у вигляді загального найменування, вказуючи тип і позначення до-

кумента, на підставі якого ці елементи застосовані.

При присвоєнні позиційних позначень елементам у межах груп пристроїв або при входженні у виріб однакових функціональних груп, елементи, які відносяться до пристроїв і функціональних груп, записують у перелік елементів окремо. Запис елементів, що входять у кожен пристрій (функціональну групу), починають з найменування пристрою, які записують у графі «Найменування» і підкреслюють. Нижче найменування повинно бути залишено один вільний рядок, вище — не менш одного вільного рядка.

При заповненні переліку спочатку записують елементи, що не входять у пристрої (функціональні групи), потім пристрої, що не мають самостійних принципових схем, і функціональні групи з елементами, що входять у них.

Якщо у виробі мається кілька однакових пристроїв чи функціональних груп, то в переліку вказують число елементів, що входять в один пристрій (функціональну групу). Загальне число однакових пристроїв вказують у графі «Кіл.» на одному рядку з заголовком (див. рис. 6.2.3).

Якщо у виробі присутні елементи, що не є самостійними конструкціями, то при записі їх у перелік, графу «Найменування» не заповнюють, а в

графі «Примітка» розміщують напис, що пояснює, посилання на напис, на полі схеми.

Побудова схеми

Схеми виконують без врахування дійсного просторового розташування частин виробу і без дотримання масштабу. Умовні графічні позначення елементів на схемі допускається розташовувати в такому порядку, у якому вони розташовані у виробі, за умови, що це не порушить зручність читання схеми.

Графічні позначення елементів і з'єднуючі їх лінії зв'язку розташовують на схемі таким чином, щоб забезпечити найкраще уявлення про структуру виробу і взаємодію його складових частин. Лінії зв'язку повинні складатися з горизонтальних і вертикальних відрізків, мати мінімальне число перетинань і зламів. Допускається в окремих випадках застосовувати похилі відрізки ліній зв'язку, довжину яких, по можливості, треба обмежувати. Відстань між сусідніми паралельними лініями зв'язку повинна бути не менш 3 мм.

Лінії зв'язку в межах одного листа зображують, як правило, повністю. Допускається їх обривати, якщо вони затрудняють читання схеми. Обриви ліній зв'язку закінчують стрілками і біля їх вказують місця позначень перерваних ліній, наприклад підключення, або необхідні характеристики ланцюгів (наприклад, полярність, потенціал і т. ін.). Якщо лінії зв'язку переходять з одного листа на інший, то їх обривають за межами зображення схеми без стрілок. У цьому випадку поруч з обривом лінії вказують на позначення найменування, привласнене цій

лінії (наприклад, номер провода, найменування сигналу чи його скорочене позначення і т. ін.), і в круглих дужках, номер листа схеми. При виконанні схеми на кількох аркушах і зони при її наявності наприклад, лист 5 зона А6 позначаються (5, А6) чи позначення документа при виконанні схем самостійними документами, на який переходить лінія зв'язку.

Пристрої, що мають самостійну принципову схему, виконують на схемах у вигляді фігури, яка обведена суцільною лінією, товщина якої дорівнює, товщині ліній зв'язку. Функціональну групу або пристрій, що не має самостійної принципової схеми, виконують у вигляді фігури, що обведена штрихпунктирними лініями, рівними по товщині лініям зв'язку, при цьому вказують найменування функціональної групи, а для пристроїв — найменування або тип, чи позначення документа, на підставі якого цей пристрій застосовано.

Допускається зображувати на схемі одного виду елементи схем іншого виду, що безпосередньо впливають на роботу схеми цього виду, а також елементи і пристрої, що не входять у виріб, схему на який складають, але необхідні для роз'яснення принципів роботи виробу.

Графічні позначення таких елементів і пристроїв відокремлюють на схемі штрих пунктирними лініями, рівними по товщині лініям зв'язку, і розташовують написи, що вказують місцезнаходження цих елементів, а також необхідні дані. При цьому встановлюють однозначний зв'язок, що забезпечує можливість пошуку однакових елементів, зображених на схемах різних видів.

Схеми допускається виконувати в межах умовного контуру, що спрощено зображує конструкцію виробу і виконаного лініями, рівними по товщині лініям зв'язку.

Якщо схеми виконуються на кількох аркушах у вигляді сукупності схем одного типу, то рекомендується:

- для схем, що пояснюють принципи роботи виробу (функціональна, принципова), зображувати на кожному листі чи на кожній схемі визначену функціональну групу, функціональний ланцюг (лінія, тракт і т. ін);
- для схем, що показують і визначають з'єднання (схема з'єднань), зображувати на кожному листі чи на кожній схемі частину виробу, розташованого у визначеному місці простору чи визначеного функціонального ланцюга.

Графічні позначення і додаткова інформація

При виконанні схем застосовують наступні графічні позначення: умовні графічні позначення, встановлені в стандартах ЕСКД чи побудовані на їх основі; спрощені зовнішні обриси (у тому числі аксонометричні); прямокутники. При необхідності використовують нестандартизовані графічні позначення. У цьому випадку, так саме як і при застосуванні спрощених зовнішніх зображень, на схемі приводять відповідні пояснення.

Ті чи інші графічні позначення використовують на схемах виходячи з правил виконання схем визначеного виду і типу.

Стандартні умовні графічні позначення елементів зображують у розмірах, встановлених у відповідних стандартах. Допускаються всі позначення

пропорційно збільшувати (при вписуванні в них знаків, що пояснюють,) чи зменшувати (при цьому відстань між двома сусідніми лініями умовного графічного позначення повинна бути не менш 1,0 мм).

Допускаються умовні графічні позначення елементів, застосовуваних як складові частини позначень інших елементів, зображувати зменшеними в порівнянні з іншими елементами.

Умовні графічні позначення елементів виконують лініями тієї ж товщини, що і лінії зв'язку. Товщина ліній зв'язку повинна бути 0,2...1,0 мм, (рекомендується товщина 0,3...0,4 мм.) Розміри умовних графічних позначень, а також товщини їх ліній повинні бути однаковими на всіх схемах даного виробу (установки).

На схемі умовні графічні позначення елементів зображують у положенні, у якому вони приведені у відповідних стандартах, чи поверненими на кут, кратний 90°. Допускається позначення повертати на кут, кратний 45°, чи зображувати їх дзеркально поверненими.

Умовні графічні позначення, що містять цифрові чи буквено-цифрові позначення, допускається зображувати поверненими проти годинникової стрілки тільки на кут 90° чи 45°.

На схемах допускається приводити різні технічні дані, характер яких визначається видом і типом схеми. Ці відомості розміщують біля графічних позначень (по можливості праворуч чи зверху) або на вільному полі схеми (по можливості над основним написом). Біля графічних позначень елементів і пристроїв розміщують, зокрема, номінальні значення їх параметрів, а на вільному полі — діаграми, таблиці, текстові вказівки.

6.3. УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ, ЕЛЕМЕНТІВ, ПРИСТРОЇВ МАШИН І АПАРАТІВ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Відповідно діючим стандартам встановлюють умовні графічні позначення загального використання на схемах, які виконують вручну або автоматизованим способом, виробів усіх галузей промисловості і будівництва, а також розміри позначень (приклади позначень приведені в табл. 6.3.1)

Відповідні стандарти також регламентують умовні графічні позначення, побудовані за функціональними ознаками елементів і пристроїв машин, апаратів хімічних виробництв у схемах усіх галузей промисловості і будівництва (табл. 6.3.2) У цьому стандарті розміри умовних графічних позначень не визначені. Позначення викреслюють у співвідношеннях, у яких вони виконані в відповідному стандарті, їх розміри вибирають так, щоб забезпечити чіткість схеми. Розміри позначень загального застосування беруться за ГОСТ 2.721–74*.

Умовні графічні позначення елементів схем, що відбивають принципи дії машин і апаратів, а також позначення які використовують в гідравлічних і пневматичних схемах, приведені в наступних таблицях, які відповідають встановленим діючим стандартам:

ГОСТ 2.788–74 — для випарних апаратів (табл. 6.3.3);

ГОСТ 2.789–74* — для теплообмінних апаратів (табл. 6.3.4);

ГОСТ 2.790–74 — для колонних апаратів (табл. 6.3.5);

ГОСТ 2.791–74 — для відстійників і фільтрів (табл. 6.3.6);

ГОСТ 2.792–74 — для сушильних апаратів (табл. 6.3.7);

ГОСТ 2.795–80 — для центрифуг (табл. 6.3.8);

ГОСТ 2.782–68* — для гідравлічних і пневматичних насосів і двигунів (табл. 6.3.9);

ГОСТ 2.794–79 — для живильних і дозуючих пристроїв (табл. 6.3.10);

ГОСТ 2.780–68* — для елементів гідравлічних і пневматичних мереж (табл. 6.3.11);

ГОСТ 2.784–70* — для елементів трубопроводів (табл. 6.3.12);

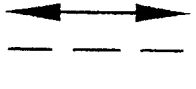
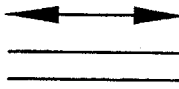
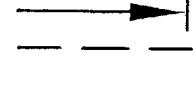
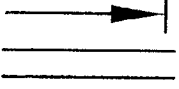
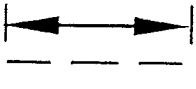
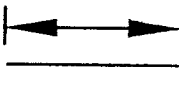
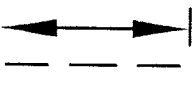
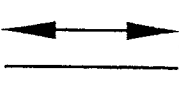
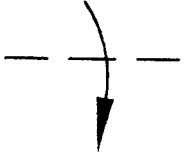
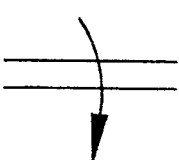
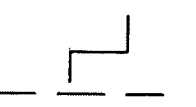
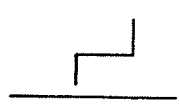
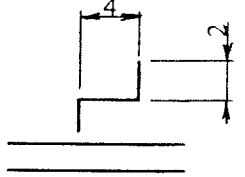
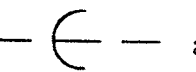
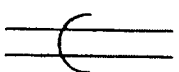
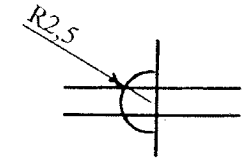

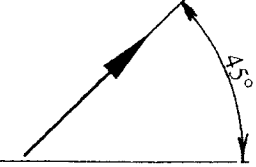
ГОСТ 2.785–70 — для трубопровідної арматури (табл. 6.3.13);


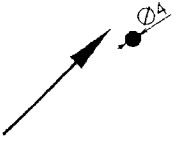





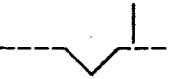
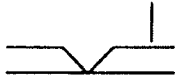

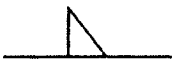

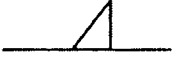



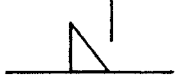
У цих стандартах розміри умовних графічних позначень також не зазначені. Позначення виконують так, щоб вони забезпечували чіткість схеми. Позначення креслять у співвідношеннях, у яких вони приведені в стандартах.

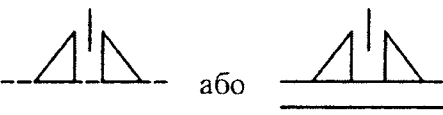
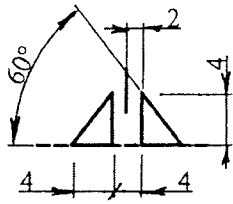
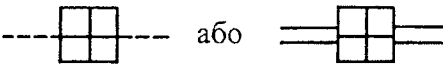
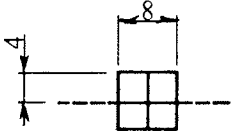
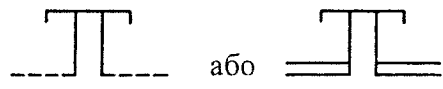
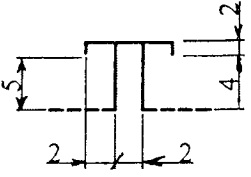
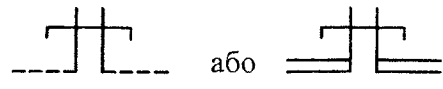
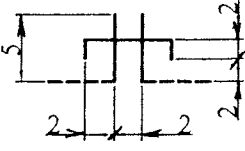
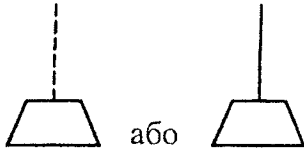
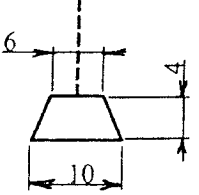
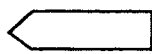
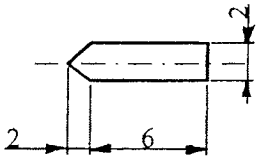
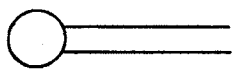
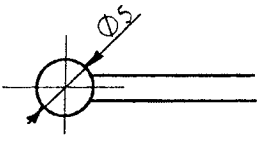
Умовні графічні позначення загального застосування

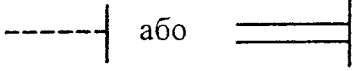
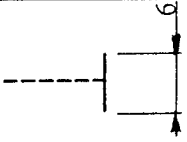
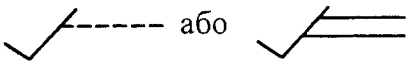
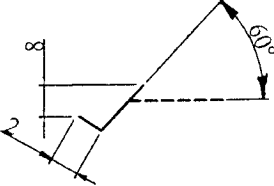
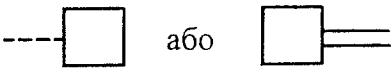
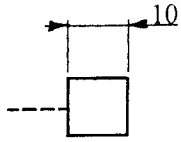
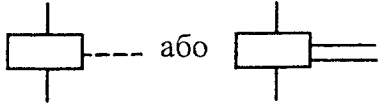
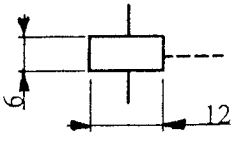
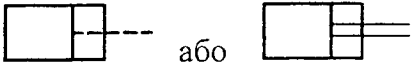
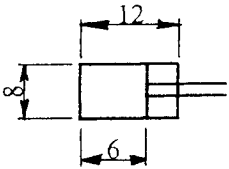
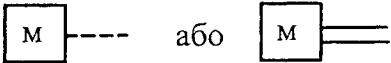
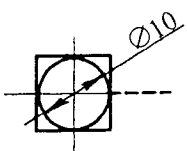
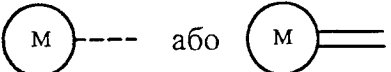
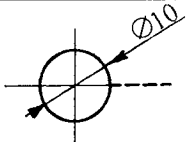

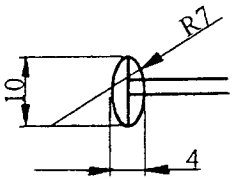
Найменування	Позначення	Розміри
Позначення напрямку потоку енергії, газу, рідини		
Потік електромагнітної енергії, сигнал електричний: в одному напрямку (наприклад, вправо)		
в обох напрямках неодночасно		—
в обох напрямках одночасно		—
Потік газу (повітря): в одному напрямку (наприклад, вправо)		
в обох напрямках		
Потік рідини: в одному напрямку (наприклад, вліво)		Ті ж, що в позначеннях потоку газу
в обох напрямках		—
Позначення напрямку руху: Рух прямолінійний односторонній		
Поворотне		
однобічне з виступом		

Найменування	Позначення	Розміри
поворотне з вистоем		—
однобічне з обмеженням		—
зворотно-поступальне		—
Рух обертаючий: однобічне		
поворотне		—
однобічне з вистоем		
з обмеженням руху в напрямку обертання		—
Позначення ліній механічного зв'язку		
Лінії механічного зв'язку у гідравлічних і пневматичних схемах		
Лінії механічного зв'язку в електричних схемах		—
Позначення передачі руху		
Лінія механічного зв'язку, що передає рух: прямолінійне однобічне в напрямку, зазначеному стрілкою		—

Найменування	Позначення	Розміри
прямолінійне поворотне	 або 	—
	 або 	—
прямолінійне зворотньо-поступальне з обмеженням із двох сторін	 або 	—
з обмеженням з однієї сторони	 або 	—
обертальне за годинниковою стрілкою (спостерігач ліворуч)	 або 	—
Лінія механічного зв'язку зі ступінчастим рухом	 або 	
Лінія механічного зв'язку, що має витримку часу, при русі вправо	 або 	
Позначення регулювання		
Регулювання лінійне. Загальне позначення		

Найменування	Позначення	Розміри
Регулювання ручкою, виведеної назовні		
Регулювання нелінійне (регульована величина змінюється по нелінійному закону)		—
Позначення елемента		
Фіксуючий механізм: загальне позначення	 або 	—
у положенні фіксації	 або 	—
положення фіксації після пересування вправо	 або 	—
Механізм із заціпкою: загальне позначення	 або   або 	—
перешкоджаючий руху уліво у фіксованому положенні	 або 	—
у нефіксованому положенні	 або 	—

Найменування	Позначення	Розміри
перешкоджаючий руху в обох напрямках		
механізм вільного розчіплювання		
Муфта виключена		
Муфта включена		
Гальмо (загальне позначення)		
Штовхач		
Ролик		

Найменування	Позначення	Розміри
Привід ручний (загальне позначення)		
Привід ножний		
Інші приводи		
акумулятор механічної енергії, загальне позначення		
електромагнітний		
пневматичний чи гідравлічний		
електромашинний		
тепловий (двигун тепловий)		
мембранний		

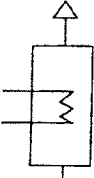
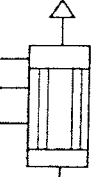
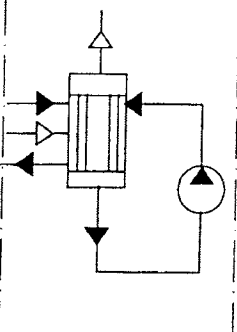
Таблиця 6.3.2

Умовні графічні позначення елементів, пристроїв машин і апаратів хімічних виробництв

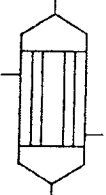
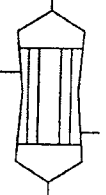
Найменування	Позначення апарату	
	для рідини	для повітря (газу)
Апарат теплообмінний: із природним охолодженням		
із примусовим охолодженням: рідиною		
повітрям (газом)		
вентилятором		
Підігрівник: із природним обігрівом		
з примусовим обігрівом:		
рідиною		
повітрям (газом)		
електричним струмом		

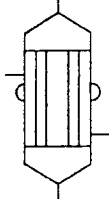
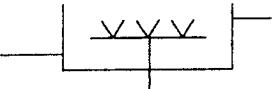
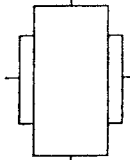
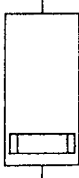
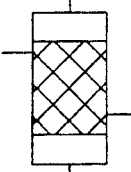
Найменування	Позначення апарату	
	для рідини	для повітря (газу)
Фільтр: для відділення рідких фракцій: з ручним спуском		
з автоматичним спуском		
для відділення твердих фракцій: з ручним очищенням		
з автоматичним очищенням		
електромагнітний для відділення газових фракцій		
з ручним очищенням		
з автоматичним очищенням		

Умовні графічні позначення випарних апаратів

Найменування	Позначення апарату
Апарат випарний. Загальне позначення	
Апарат випарний: <i>із природною циркуляцією:</i> з співвісною тепловою камерою	
<i>з примусовою циркуляцією:</i> зі співвісною тепловою камерою	


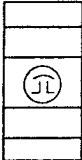
Таблиця 6.3.4

Найменування	Позначення апарату
Апарат теплообмінний кожухотрубний: з нерухомими трубними решітками при тиску в трубах і між трубному просторі вище атмосферного	
з нерухомими трубними ґратами при тиску в трубах вище, а в міжтрубному просторі нижче атмосферного	

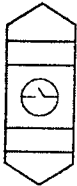
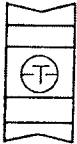
Найменування	Позначення апарату
з температурним компенсатором на кожусі при тиску в трубах і міжтрубному просторі вище атмосферного	
Апарат теплообмінний: із прямою теплопередачею	
з зовнішнім обігрівом	
з електричним обігрівом	
регенеративний	

Таблиця 6.3.5


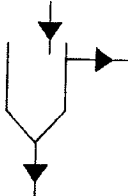
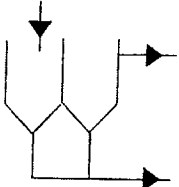
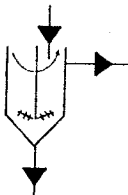
Умовні графічні позначення колонних апаратів

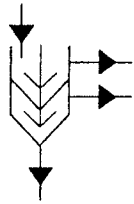
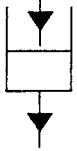
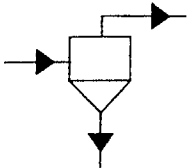
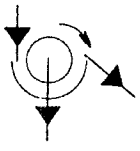
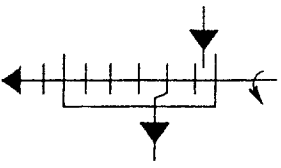
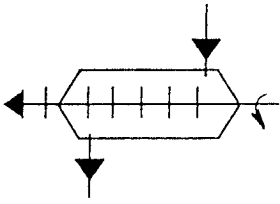
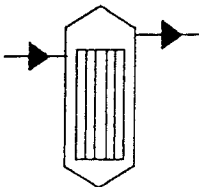
Найменування	Позначення апарату
Апарат колонний тарілчастий: Загальне позначення	
Апарат колонний тарілчастий: з ковпачковими тарілками	

Продовження таблиці 6.3.5




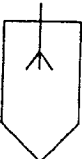

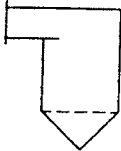

Найменування	Позначення апарату
зі струминними тарілками під тиском вище атмосферного	
з клапанними тарілками під тиском нижче атмосферного	

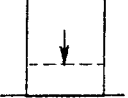



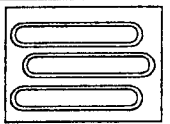
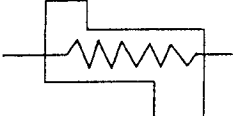
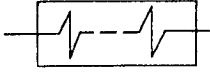
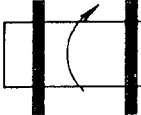
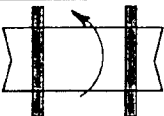
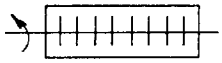
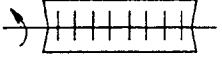
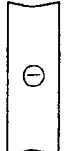
Таблиця 6.3.6
Умовні графічні позначення відстійників і фільтрів

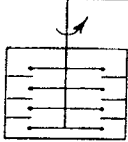
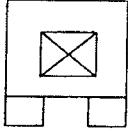
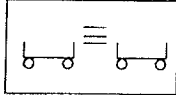
Найменування	Позначення апарату
Відстійник: басейновий	
однокамерний	
багатокамерний	
Згущувач сребковий: одноярусний	

Найменування	Позначення апарату
двоярусний	
Фільтр пісковий гідростатичний	
Гідроциклон	
Фільтр: барабанний	
дисковий вакуумний	
дисковий під тиском вище атмосферного	
патронний під тиском вище атмосферного	

Умовні графічні позначення сушильних апаратів

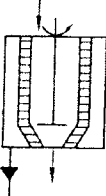
Найменування	Позначення апарату
Апарат сушильний Загальне позначення	
Шафа сушильна: під атмосферним тиском	
під тиском нижче атмосферного	
Сушарка: одновальцова під атмосферним тиском	
Сушарка розпилювальна: з відцентровим розпиленням	
з форсуночним розпиленням	
Сушарка зі зваженим шаром: з киплячим шаром	
циклонна	
аерофонтанна	

Найменування	Позначення апарату
пневматична	
Сушарка шахтна: під атмосферним тиском	
під тиском вище атмосферного	
під тиском нижче атмосферного	
Сушарка: однострічкова	
багатострічкова	
Сушарка одношнекова	
Сушарка вібраційна	
Сушарка барабанна: з обертаючим барабаном під атмосферним тиском	
з обертаючим барабаном під тиском нижче атмосферного	
Сушарка роторна: під атмосферним тиском	
під тиском нижче атмосферного	
Сушарка: сублімаційна	

Найменування	Позначення апарату
поличково-дискова	
камерна	
тунельна	

Таблиця 6.3.8

Умовні графічні позначення центрифуг


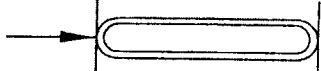
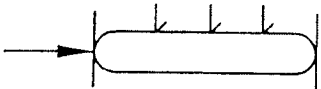
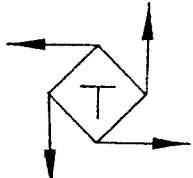
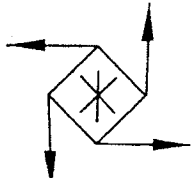
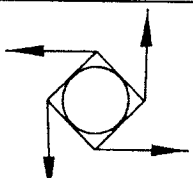
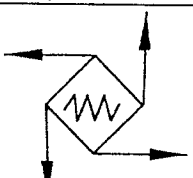
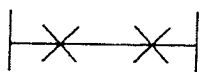
Найменування	Позначення апарату
Центрифуги фільтруючі: <i>періодичної дії з вивантаженням осаду:</i> ручний	
гравітаційної (під дією сил ваги)	
ножами (автоматично)	
<i>безперервної дії з вивантаженням осаду:</i> інерційної	
вібраційної з горизонтальним конічним ротором	



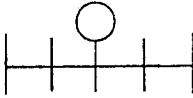
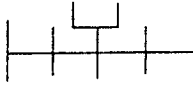

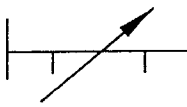

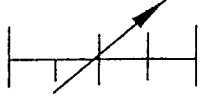
Таблиця 6.3.9

Умовні графічні позначення гідравлічних і пневматичних насосів і двигунів

Найменування	Позначення апарату
Насос: ручний	
шестеренчастий	
гвинтовий	
ротаційний лопастевий (пластинчастий)	
радіально-поршневий	
аксіально-поршневий	
кривошипно-поршневий	
лопастево відцентровий	
Насос струминний (ежектор, інжектор, елеватор водоструминний і пароструменевий): загальне позначення	
насос водоструменевий	
насос пароструменевий	
Вентилятор: центробіжний	
осьовий	



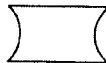


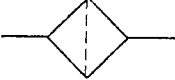
Умовні графічні позначення живильних і дозуючих пристроїв

Найменування	Позначення апарату
Ємності бункерні	
Живильники з тяговими елементами: стрічкові	
скребкові	
Живильники без тягових елементів обертові: тарілчасті (дисккові)	
лопастеві (секторні)	
барабанні (роторні)	
гвинтові	
Дозатори об'ємні: шестеренчаті	

Найменування	Позначення апарату
Дозатори об'ємні: лопастеві	
гвинтові	
дискові	
ковшові	
рідинні	
Дозатори вагові: дискретної дії	
безперервної дії	
Дозатори об'ємно-вагові	

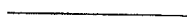
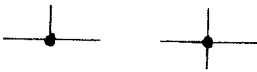
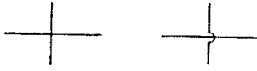

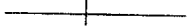
Таблиця 6.3.11

Умовні графічні позначення елементів гідравлічних і пневматичних мереж

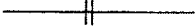
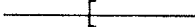
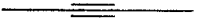

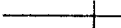

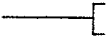
Найменування	Позначення апарату
Бак: під атмосферним тиском	
із внутрішнім тиском вище атмосферного	
із внутрішнім тиском нижче атмосферного	
Акумулятор: пневматичний (ресивер, балон, повітрязбірник)	
гідравлічний (без указівки принципу дії)	
Фільтр для рідини, повітря	

Таблиця 6.3.12

Умовні графічні позначення елементів трубопроводів





Найменування	Позначення
Трубопровід усмоктування, напору, зливу	
З'єднання трубопроводів	
Перетинання трубопроводів (без з'єднання)	
Трубопровід з вертикальним стояком	
З'єднання елементів трубопроводів рознімне: загальне позначення	

Продовження таблиці 6.3.12

Найменування	Позначення
фланцеве	
штуцерне різьбове	
муфтове різьбове	
муфтове еластичне, наприклад дюритове	
Кінець трубопроводу під різніме з'єднання: загальне позначення	
фланцеве	
штуцерне різьбове	

Таблиця 6.3.13

Умовні графічні позначення трубопровідної арматури

Найменування	Позначення
Вентиль (клапан): запірний	
прохідний	
Вентиль (клапан) трьохходовий	
Вентиль, клапан регулюючий: прохідний	

Найменування	Позначення
кутовий	
Клапан зворотний (безповоротний, рух робочого середовища спрямовано від білого трикутника до чорного): прохідний	
кутовий	
Клапан запобіжний прохідний	
Клапан дросельний	
Клапан редукційний (вершина трикутника спрямована у бік підвищеного тиску)	
Клапан повітряний автоматичний (вантуз)	
Засувка	
Затвор поворотний	
Кран: прохідний	
кутовий	
трьох ходовий	
чотирьох ходовий	

Найменування	Позначення
Кран кінцевий: загальне позначення	
водорозбірний	
лабораторний	
Кран подвійного регулювання	
Змішувач: загальне позначення	
з поворотним виливом	
з душовою сіткою	

6.4. ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ СХЕМИ

Відповідно до діючого стандарту гідравлічні і пневматичні схеми в залежності від їхнього основного призначення поділяються на типи: **структурні, принципові, з'єднання**.

На *структурній схемі* показують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи) і основні взаємозв'язки між ними, причому на лініях взає-

мов'язків вказують напрямки потоків робочого середовища. При великому числі функціональних частин допускається замість найменувань, типів і позначень ставити порядкові номери праворуч від зображення або над ним, як правило, зверху вниз у напрямку зліва направо, а найменування, типи і позначення вказувати в таблиці, що поміщається на полі схеми.

На *принциповій схемі* зображують усі гідравлічні і пневматичні елементи чи пристрої у вигляді умовних графічних позначень і всі гідравлічні (пневматичні) зв'язки між ними. Елементи і пристрої показують, як правило, у виділеному положенні. Кожний з них повинен мати літерно-цифрове позиційне позначення, що складається з літерного позначення і порядкового номера.

На *схемі з'єднань*, крім усіх гідравлічних і пневматичних елементів і пристроїв, показують також трубопроводи і елементи з'єднань трубопроводів. Елементи, пристрої і з'єднання трубопроводів зображують у вигляді спрощених зовнішніх зображень, а трубопроводи — суцільними основними лініями. Допускається елементи і пристрої показувати у вигляді прямокутників, а з'єднання трубопроводів — у вигляді умовних графічних позначень.

Біля графічних позначень пристроїв і елементів вказують позиційні позначення, привласнені їм на принциповій схемі. Біля, або усередині, графічного позначення пристрою і біля графічного позначення елемента можна вказувати також його найменування, тип або позначення документа, на підставі якого пристрій застосований, а також номінальні значення основних параметрів (тиск, подача, витрата і т. ін). Трубопроводам привласнюють цифрові позиційні позначення в межах виробу, можна нумерувати групи трубопроводів. Позиційні позначення трубопроводів проставляють, як правило, біля обох кінців зображень. Порядкові номери групам трубопроводів привласнюють після номерів окремих трубопроводів і проставляють їх біля ліній-виносок. Сортамент і матеріал труб вказують у переліку елементів біля ліній, що зображують трубопроводи.

6.5. КІНЕМАТИЧНІ СХЕМИ

Кінематичні схеми виконують відповідно до загальних вимог встановленого діючого стандарту ГОСТ 2.701-84.

У залежності від основного призначення **кінематичні схеми** поділяються на **принципові, структурні і функціональні**.

На *принциповій схемі* показують усю сукупність кінематичних елементів і їх з'єднань, призначених для здійснення регулювання, керування і контролю заданих рухів виконавчих органів. На схемі показують кінематичні зв'язки (механічні і немеханічні), передбачені усередині виконавчих органів, між окремими парами, ланцю-

гами і групами, а також зв'язки з джерелом руху.

Принципову схему виробу креслять, як правило, у вигляді розгортки. Допускається схеми вписувати в контур зображення виробу, а також креслити їх в аксонометричних проєкціях.

Всі елементи на схемі зображують умовними графічними позначеннями чи спрощено (зовнішніми обрисами). Співвідношення розмірів умовних графічних позначень, які взаємодіють між собою на схемі, повинно приблизно відповідати дійсному співвідношенню розмірів цих елементів у виробі.

На *принципових кінематичних схемах* зображують: вали, осі, стрижні, шатуни і т. ін. — основними (суцільними товстими) лініями товщиною S ; елементи, зображують спрощено, тобто зовнішніми обрисами (зубчасті колеса, шків, кулачки і т. ін.), — суцільними тонкими лініями товщиною $S/2$; контур виробу, у який вписана схема, — суцільними тонкими лініями товщиною $S/3$; кінематичні зв'язки між сполученими ланками пари, накресленими окремо, — штриховими лініями товщиною $S/2$; кінематичні зв'язки між елементами або між ними і джерелом руху через немеханічні (енергетичні) ділянки — подвійними штриховими лініями товщиною $S/2$; розрахункові зв'язки між елементами — трьома паралельними штриховими лініями товщиною $S/2$.

На *принциповій схемі* виробу вказують: найменування кожної кінематичної групи елементів, з огляду на її основне функціональне призначення (наприклад, привод подачі), що наносять на полку лінії-виноски, проведеної від відповідної групи; а також основні характеристики і параметри кінематичних елементів, що визначають виконавчі рухи робочих органів виробу або його складових частин.

Якщо принципова схема містить відлікові, ділильні і інші точні механізми і пари, то на схемі вказують дані про їхню кінематичну точність: ступінь точності передачі, значення відносних переміщень, що допускаються, поворотів, що допускаються, мертвих ходів між основними ведучими і виконавчими елементами і т. ін.

На *принциповій схемі* допускається вказувати: граничні значення частот обертання валів кінематичних

ланцюгів; довідкові і розрахункові дані (у вигляді графіків, діаграм, таблиць), що представляють собою послідовність процесів у часі, які пояснюють зв'язки між окремими елементами.

Якщо принципова схема служить для динамічного аналізу, то на ній вказують необхідні розміри і характеристики елементів, а також найбільші навантаження основних ведучих елементів. На такій схемі показують опори валів і осей з врахуванням їхнього функціонального призначення. В інших випадках опори валів і осей допускається зображувати загальними умовними графічними позначеннями.

Кожному кінематичному елементу на схемі, як правило, привласнюють порядковий номер, починаючи від джерела руху, чи літерно-цифрове позиційне позначення. Вали допускається нумерувати римськими цифрами, інші елементи нумерують тільки арабськими цифрами. Порядковий номер елемента проставляють на полку лінії-виноски. Під полицею лінії-виноски вказують основні характеристики і параметри кінематичного елемента.

Характеристики і параметри кінематичних елементів допускається розміщувати в переліку елементів (див. рис. 6.2.1...6.2.4.)

Літерні коди найбільш розповсюджених елементів механізмів, встановлює відповідний діючий стандарт:

- А — механізм (загальне позначення);
- В — вали;
- С — елементи кулачкових механізмів (кулачок, штовхальник);
- Е — різні елементи;
- Н — елементи механізмів із гнучкими ланками (ремін, ланцюг);

К – елементи підйомних механізмів (коромисло, кривошип, куліса, шатун);

М – джерело руху (двигун);

Р – елементи мальтійських і храпових механізмів;

Т – елементи зубчастих і фрикційних механізмів (зубчасте колесо, зубчаста рейка, зубчастий сектор, черв'як);

Х, У – муфти, гальма.

На *структурній схемі* зображують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої) і основні взаємозв'язки між ними. Структурні схеми представляють або графічним зображенням із застосуванням простих геометричних фігур, або аналітичним записом. Усередину геометричної фігури вписують найменування відповідної функціональної частини.

На *функціональній схемі* зображують функціональні частини виробу простими геометричними фігурами і зв'язки між цими частинами. Усередині фігур допускається розміщати відповідні позначення чи написи. Повинні бути вказані найменування всіх зображених функціональних частин.

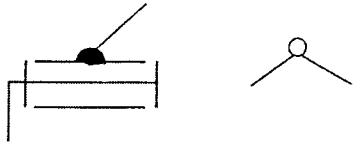
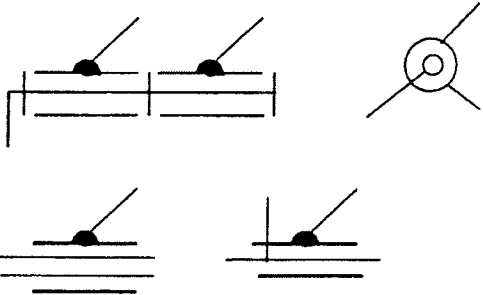
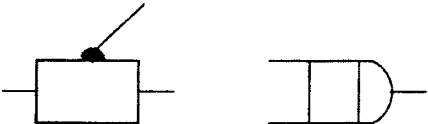
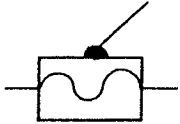

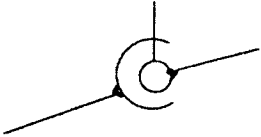


Позначення функціональних частин розташовують у послідовності їхнього функціонального зв'язку. Допускається враховувати дійсне розташування функціональних частин.

Графічні умовні позначки елементів на кінематичних схемах, що креслять в ортогональних проєкціях, встановлені ГОСТ 2.770-68*.

Приклади умовних позначок елементів машин і механізмів приведені в табл. 6.5.1.

Таблиця 6.5.1
Умовні графічні позначення елементів кінематики

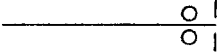

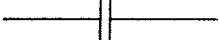
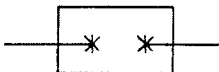
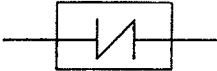
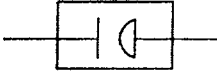

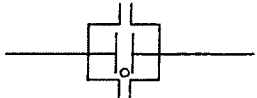
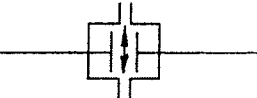
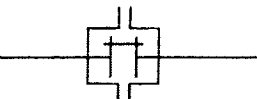
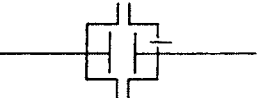
Найменування	Позначення апарату
Вал, валик, вісь, стрижень шатун і т. ін. Нерухома ланка (стійка). Для вказівки нерухомої будь-якої ланки частину його контуру покривають штрихуванням	
З'єднання частин ланки: нерухоме	
нерухоме, допускаючи регулювання	
нерухоме з єднання деталі з валом, стрижнем	



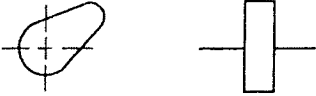
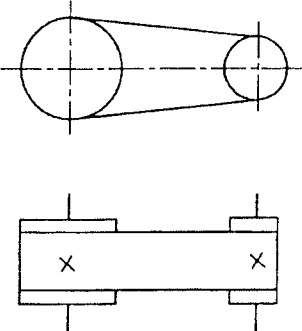
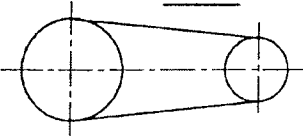
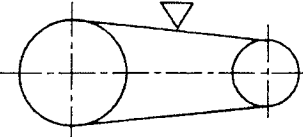
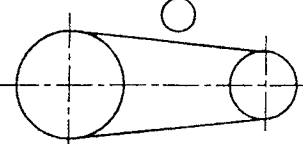
Найменування	Позначення апарату
Кінематична пара: обертальна	
обертальна багаторазова, наприклад дворазова	
поступальна	
гвинтова	
циліндрична	
сферична з пальцем	
карданний шарнір	
сферична (кульова)	

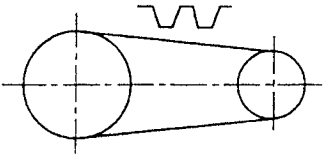
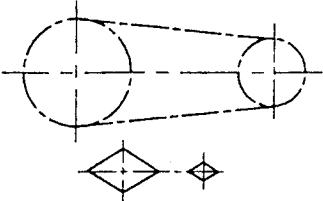
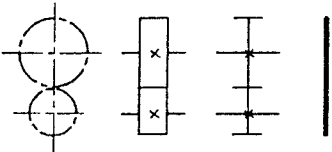
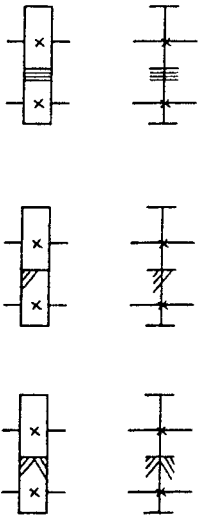
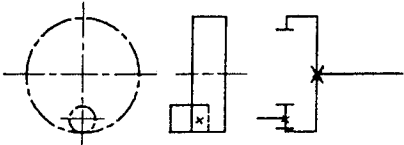
Продовження таблиці 6.5.1

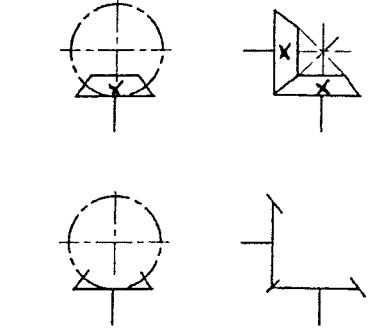
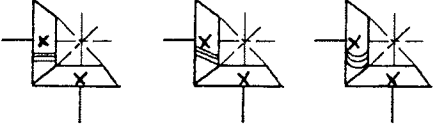
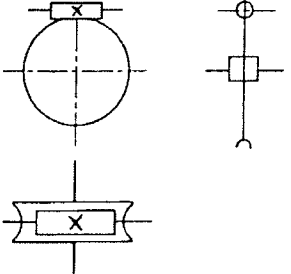
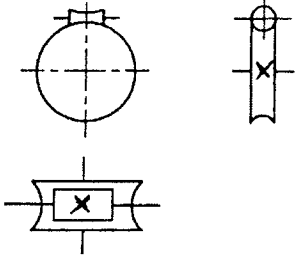
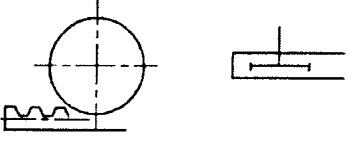
Найменування	Позначення апарату
площинна	
трубчаста (куля – циліндр)	
крапкова (куля – площина)	
Підшипники ковзання і кочення на валу (без уточнення типу): радіальні	
упорні	
Підшипники ковзання: радіальні	
радіально-упорні: однобічні	
двосторонні	
упорні: однобічні	
двосторонні	
Підшипники кочення: радіальні	
Радіально-упорні: однобічні	
двосторонні	

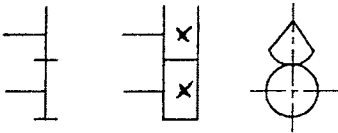




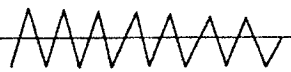
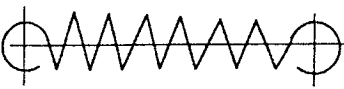
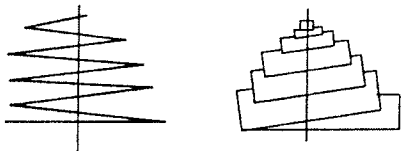

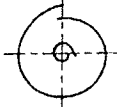
Продовження таблиці 6.5.1

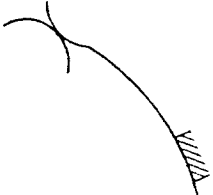


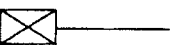
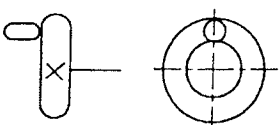
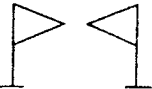

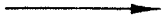
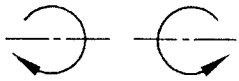
Найменування	Позначення апарату
упорні: однобічні	
двосторонні	
Муфта: загальне позначення без уточнення типу	
Муфта що нерозчіплюється (некерована): глуха	
пружна	
компенсуюча	
Муфта що зчіплюється (керована): загальне позначення	
обгінна (вільного ходу)	
центробіжна фрикційна	
запобіжна з елементом, що руйнується	
з елементом, що не руйнується	

Найменування	Позначення апарату
Гальмо. Загальне позначення без уточнення типу	
Кулачки плоскі: повздовжнього переміщення	
які обертаються	
Передача ременем без уточнення типу ременя	
Передача плоским ременем	
Передача клиноподібним ременем	
Передача круглим ременем	


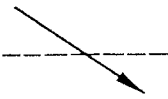


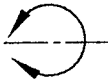

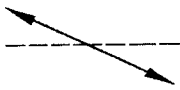




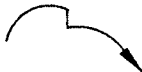


Найменування	Позначення апарату
Передача зубчатим ременем	
Передача ланцюгом. Загальне позначення без уточнення типу ланцюга	
Передачі зубчасті (циліндричні): зовнішнє зачеплення (загальне позначення без уточнення типу зубців)	
зовнішнє зачеплення з прямими, косими і шевронними зубцями	
внутрішнє зачеплення	

Найменування	Позначення апарату
<p>Передачі зубчасті з пересічними валами і конічні: загальне позначення без уточнення типу зубів</p>	
<p>з прямими, спіральними і круглими зубцями</p>	
<p>Передачі зубчасті з перехресними валами: черв'ячні з циліндричним черв'яком</p>	
<p>черв'ячні глобоїдні</p>	
<p>Передачі зубчасті рейкові: загальне позначення без уточнення типу зубів</p>	

Найменування	Позначення апарату
Передача зубчатим сектором без уточнення типу зубів	
Гвинт, що передає рух	
Гайка на гвинті, що передає рух: нероз'ємна	
нероз'ємна з кульками	
рознімна	
Пружини: циліндричні стискання	
циліндричні розтягнення	
конічні стискання	
Циліндричні, працюючі на крутіння	
спіральні	

Найменування	Позначення апарату
Листові: одинарна	
ресора	
тарілчасті	
Важіль переключення	
Кінець вала під знімну рукоятку	
Рукоятка	
Маховичок	
Пересувні упори	
Гнучкий вал для передачі обертаючого моменту	
Позначення руху	
Однобічний рух: <i>прямолінійний</i>	
<i>обертальний:</i> з віссю обертання в площині креслення	

Продовження таблиці 6.5.1

Найменування	Позначення апарату
з віссю обертання, перпендикулярною до площини креслення	
<i>гвинтовий:</i> з віссю обертання в площині креслення	
з віссю обертання, перпендикулярною до площини креслення	
Зворотний рух: <i>прямолінійний</i>	
<i>обертальний:</i> з віссю обертання в площині креслення	
з віссю обертання, перпендикулярною до площини креслення	
<i>гвинтовий:</i> з віссю обертання в площині креслення	
з віссю обертання, перпендикулярною до площини креслення	
Однібічний рух: <i>з миттєвою зупинкою у проміжному положенні:</i>	
прямолінійний обертальний	
Однібічний рух: <i>з виступом у проміжному положенні:</i>	
прямолінійний обертальний	
Однібічний рух: <i>з частковим зворотнім рухом:</i>	
прямолінійний обертальний	

6.6. ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ

Електричні схеми виконують за правилами, встановленими: ГОСТ 2.701-84 “Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання”; ГОСТ 2.702-75* “Правила виконання електричних схем”; ГОСТ 2.710-81 “Позначення літерно-цифрові в електричних схемах”.

На структурній схемі показують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи) і основні взаємозв'язки між ними. Функціональні частини показують у вигляді прямокутників чи умовних графічних позначень.

Побудова схеми повинна давати найбільш наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у виробі. На лініях взаємозв'язків рекомендується стрілками позначати напрямок ходу процесів, що відбуваються у виробі.

На схемі вказують найменування кожної функціональної частини виробу, якщо для її позначення застосований прямокутник. Допускається вказувати тип елемента (пристрою) або позначення документа (основний конструкторський документ, державний стандарт, технічні умови), на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований. При зображенні функціональних частин у вигляді прямокутників найменування, типи і позначення рекомендується вписувати усередину прямокутників.

При великій чисельності функціональних частин допускається замість найменувань, типів і позначень ставити порядкові номери праворуч від зображення чи над ним, як правило, зверху вниз у напрямку зліва направо. У цьому випадку найменування, типи і

позначення вказують у таблиці, що поміщається па поле схеми.

Допускається поміщати на схемі написи, що пояснюють, діаграми чи таблиці, що визначають послідовність процесів у часі, а також вказувати параметри в характерних місцях (струми, напруги, форми і значення імпульсів, математичні залежності і т. ін.).

На функціональній схемі показують функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи), що беруть участь у процесі, який ілюстрований схемою, і зв'язки між цими частинами. Функціональні частини і зв'язки між ними зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у стандартах. Окремі функціональні частини допускається зображувати у вигляді прямокутників.

На схемі вказують:

- для кожної функціональної групи — позначення, привласнене їй на принциповій схемі, або її найменування; якщо функціональна група зображена у вигляді умовного графічного позначення, то її найменування не вказують;
- для кожного пристрою, зображеного у вигляді прямокутника, — позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, його найменування і тип або позначення документа, на підставі якого цей пристрій застосований;
- для кожного пристрою, зображеного у вигляді умовного графічного позначення, позиційне позначення, привласнене йому па принциповій схемі, його тип або позначення документа;

- для кожного елемента — позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, або його тип.

Рекомендується вказувати технічні характеристики функціональних частин (поруч із графічними позначеннями або на вільному полі схеми), а також поміщати написи, що пояснюють діаграми чи таблиці, що визначають послідовність процесів у часі, а також вказувати параметри в характерних точках.

На принциповій схемі (рис. 6.6.1.) зображують всі електричні елементи або пристрої, необхідні для здійснення контролю у виробі заданих електричних процесів, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затиски і т. ін.), якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги. Дозволяється зображувати з'єднувальні і монтажні елементи, які встановлені у виробі з конструктивних міркувань.

Принципові схеми виконують для виробів, що знаходяться у відключеному положенні. Допускаються окремі елементи схеми зображувати в робочому положенні з вказівкою на полі схеми режиму, для якого зображені ці елементи.

Елементи на схемі зображують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених у відповідних стандартах ЕСКД.

Ті з елементів, які будуть використовуватись у виробі частково, допускається зображувати на схемі не повністю, обмежуючись зображенням тільки тих частин які використовуються.

Елементи й пристрої зображують на схемах суміщеним або рознесеним способом. При суміщеним способі складові частини елементів або пристроїв зображують на схемі в безпосе-

редній близькості один від одного. При рознесеному способі складові частини елементів і пристроїв, або окремі елементи пристроїв, креслять у різних місцях схеми таким чином, щоб окремі ланцюги виробу були показані найбільш зрозуміло.

Для спрощення схеми допускається електрично не зв'язані лінії поєднувати в лінію групового зв'язку, але при підході до контактів (елементів) кожен лінію зв'язку зображують окремою лінією.

Кожен елемент або пристрій, що має самостійну принципovu схему і розглядається як елемент, що входять у виріб і зображені на схемі, повинні мати позначення (позиційне позначення) відповідно до ГОСТ 2.710-81. Пристроєм, що не мають самостійних принципovих схем, і функціональним групам рекомендується давати позначення за ГОСТ 2.710-81.

Позиційні позначення елементам (пристроєм) привласнюють у межах виробу (установки). Порядкові номери елементам (пристроєм) привласнюють починаючи з одиниці, у межах групи елементів (пристроїв), яким на схемі привласнене однакове літерно-позиційне позначення, наприклад, R1, R2, R3 і т. ін., C1, C2, C3 і т. ін.

Позиційні позначення проставляють на схемі поруч із умовними графічними позначеннями елементів пристроїв або із правої сторони чи над ними. На схемі виробу, до складу якого входять пристрої, що не мають самостійних принципovих схем, допускається позиційні позначення елементам привласнювати в межах кожного пристрою. Якщо до складу виробу входить кілька однакових пристроїв, то позиційні позначення елементам варто привласнювати в межах цих пристроїв.

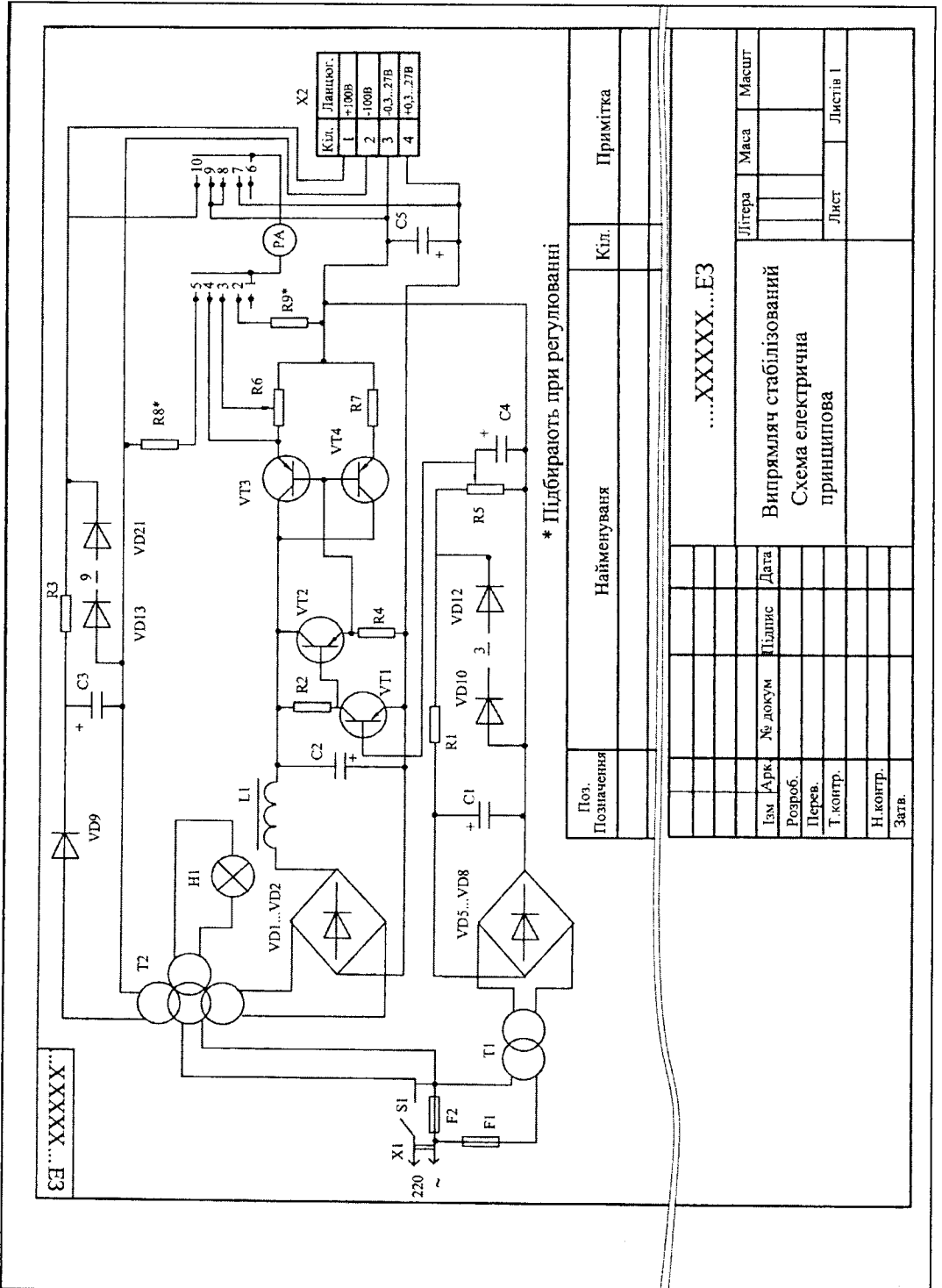


Рис. 6.6.1

Елементом, що не входить у пристрої, позиційні позначення привласнюють починаючи з одиниці за наведеними вище правилами.

На схемі виробу, до складу якого входять функціональні групи, позиційні позначення елементам присвоюють за наведеними вище правилами; при цьому спочатку привласнюють позиційні позначення елементам, що не входять у функціональні групи, а потім елементам, що входять у функціональні групи. В однакових функціональних групах позиційні позначення елементів повторюють.

На принциповій схемі повинні бути однозначно визначені всі елементи, що входять до складу виробу і зображені на схемі. Дані про елементи повинні бути записані в перелік елементів. При цьому зв'язок переліку з умовними графічними позначеннями елементів повинен здійснюватися через позиційні позначення. Допускається в окремих випадках, встановлених у державних або галузевих стандартах, всі відомості про елементи поміщати біля умовних графічних позначень.

Перелік заповнюють по загальним для всіх схем правилам (рис. 6.6.2). При складному входженні, наприклад, коли в пристрій, що не має самостійної принципової схеми, входить одне або кілька пристроїв, що мають самостійні принципові схеми, у переліку елементів у графі «Найменування» перед найменуванням пристроїв, що не мають самостійних принципових схем, допускається проставляти порядкові номери в межах всієї схеми виробу (рис. 6.6.2). Якщо на схемі в позиційне позначення елемента включене позиційне позначення пристрою або позначення

функціональної групи, то в переліку елементів у графі «Поз. — позначення» вказують позиційне позначення елемента без позиційного позначення пристрою або позначення функціональної групи.

На схемі рекомендується вказувати характеристики вхідних і вихідних ланцюгів виробу (частоту, напругу, силу струму, опір, індуктивність і т. ін.), а також параметри, що підлягають виміру на контрольних контактах, гніздах і т. ін. Якщо неможливо вказати характеристики або параметри вхідних і вихідних ланцюгів виробу, то вказують найменування ланцюгів або контрольованих величин.

На схемі варто вказувати позначення виходів (контактів) елементів (пристроїв), які нанесені на виріб або встановлені в документації.

Якщо в конструкції пристрою елемента або його документації позначення контактів не зазначені, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх надалі у відповідних конструкторських документах. При умовному присвоєнні позначень контактам на полі схеми розміщують відповідне пояснення. При зображенні на схемі декількох однакових елементів (пристроїв) позначення контактів допускається вказувати на одному з них. При рознесеному способі зображення однакових елементів позначення виводів вказують на кожній складовій частині елемента (пристрою). При зображенні елемента рознесеним способом напис, що пояснює, розміщують біля однієї складової частини виробу або на полі схеми біля зображення елемента, який виконано суміщеним способом.

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
A1	Дешифратор АБВГ. ХХХХХХ. 0331		
D1	Мікросхема К155ТМ2. бко. 348. 00БТУ1	1	
D2	Мікросхема К155ТМ2. бко. 348. 00БТУ1	1	
Резистори			
R1, R2	МЛТ-0,25-430 Ом ГОСТ...	2	
R3	МЛТ-0,25-430 Ом ГОСТ...	2	
A2	Блок вмикання ФЕУ. АБВГ.ХХХХХХ.122	1	
AB1	Блок індикації АБВГ.ХХХХХХ.122	1	
Резистори ГОСТ...			
R1, R2	МЛТ-0,25-120 Ом	2	
R3	МЛТ-0,25-220 Ом	1	
R4...R6	МЛТ-0,25-120 Ом	3	
LPM1	<u>1.1.Вимірювач</u>		
AC1	Блок сигналізації АБВГ.ХХХХХХ.02	1	
C1, C2	Конденсатор КМ-3а-Н30-0,22...ТУ		
KLВ1	<u>2. Перемикач струму</u>	4	
A3	Блок індикації АБВГ.ХХХХХХ.020	1	
R5...R7	Резистори МЛТ-0,25-4,7 к Ом ГОСТ...	3	

Рис. 6.3.2

Характеристики вхідних і вихідних ланцюгів виробу, а також адреси їх зовнішніх підключень рекомендується записувати в таблиці (див. рис. 6.6.1.), що розміщуються замість умовних графічних позначень вхідних і вихідних елементів — з'єднувачів, плат і т. ін.

Кожній таблиці привласнюють позиційне позначення того елемента, замість умовного графічного позначення якого вона поміщена. Над таблицею допускається вказувати умовне графічне позначення контакту — гнізда

або штиря. Таблиці допускається виконувати рознесеним способом. Допускається розміщувати таблиці з характеристиками ланцюгів при наявності на схемі умовних графічних позначень вхідних і вихідних елементів.

При зображенні на схемі багато-контактних з'єднувачів допускається застосовувати умовні графічні позначення, що не показують окремі контакти (ГОСТ 2.755-74). Відомості про з'єднання контактів з'єднувачів вказують у таблицях, що розміщуються біля

зображення з'єднувачів, на вільному полі схеми або на наступних аркушах схеми. У таблицях приводять адресу з'єднання (позначення ланцюга і позиційне позначення елементів, що приєднуються до даного контакту) і при необхідності — характеристики ланцюгів і адреси зовнішніх з'єднань.

При зображенні пристрою у вигляді прямокутника допускається в прямокутнику замість умовних графічних позначень вхідних і вихідних елементів розміщувати таблиці з характеристиками вхідних і вихідних ланцюгів, а поза прямокутника — таблиці з вказівкою адрес зовнішніх приєднань. Кожній таблиці привласнюють позиційне позначення елемента, замість умовного графічного позначення якого вона поміщена.

На схемі виробу в прямокутники, що зображують пристрої, допускається поміщати структурні чи функціональні схеми пристроїв або повторювати їх принципові схеми (цілком або частково). Якщо у виріб входить кілька однакових пристроїв, то схему пристрою рекомендується розмістити на вільному полі схеми виробу з відповідною написом, наприклад: "Схема блоків А1-А 4".

На полі схеми допускається поміщати вказівки про марки, перетини і колір проводів і кабелів, якими повинні бути виконані з'єднання елементів, а також вказівки про специфічні вимоги до електричного монтажу даного виробу.

На схемі підключення повинні бути зображені виріб, його вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затиски і т. ін.) і підведені до них кінці проводів і кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) зовнішнього монта-

жу, біля яких розміщують дані про підключення виробу (характеристики зовнішніх ланцюгів або адреси).

Виріб на схемі зображують у вигляді прямокутника, а його вхідні і вихідні елементи — у вигляді умовних графічних позначень. Допускається зображувати виріб у вигляді спрощених зовнішніх зображень. Вхідні і вихідні елементи зображують у цьому випадку у вигляді спрощених зовнішніх зображень.

Розміщення зображень вхідних і вихідних елементів усередині графічного позначення виробу повинно приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі.

На схемі підключення повинні бути дані позиційні позначення вхідних і вихідних елементів, привласнені їм на принциповій схемі виробу, а також зазначені позначення вхідних, вихідних чи вивідних елементів.

Якщо позначення вхідних, вихідних і вивідних елементів у конструкції виробу не зазначені, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх у відповідній конструкторській документації. При цьому на полі схеми розміщують необхідні пояснення.

На схемі біля умовних графічних позначень з'єднувачів, до яких приєднані проводи і кабелі допускається вказувати найменування цих з'єднувачів або позначення документів, на підставі яких вони застосовані.

Проводи і кабелі повинні бути показані на схемі окремими лініями. Допускається при необхідності вказувати марки, перетини і розцвічення проводів, а також марки кабелів, число, перетин і зайнятість жив. При вказівці марок, перетинів і розцвічення

проводів у вигляді умовних позначок на полі схеми розшифровують ці позначення.

На загальній схемі зображують пристрої і елементи, що входять у комплекс, а також провода, жгути і кабелі, що з'єднують ці пристрої і елементи. Пристрої і елементи на схемі зображують у вигляді прямокутників. Допускається елементи зображувати у вигляді умовних графічних позначень або спрощених зовнішніх зображень, а пристрої — у вигляді спрощених зовнішніх зображень.

Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі повинно приблизно відповідати дійсному розміщенню елементів і пристроїв у виробі. Допускається на схемі не відбивати розташування пристроїв і елементів у виробі, якщо розміщення їх на місці експлуатації невідомо. У цих випадках графічні позначення пристроїв і елементів повинні бути розташовані так, щоб забезпечувалася простота і наочність показу електричних з'єднань між ними.

Розташування умовних графічних позначень вхідних, вихідних елементів усередині зображень пристроїв і елементів повинно приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі. Якщо для забезпечення наочності показу з'єднань розташування графічних позначень цих елементів не відповідає їх дійсному розміщенню у виробі, то на полі схеми повинно бути поміщене відповідне пояснення.

На схемі вказують:

- для кожного пристрою чи елемента, зображених, у вигляді прямокутника, найменування і тип або позначення документа, на підставі якого вони застосовані;

- для кожного елемента, зображеного у вигляді умовного графічного позначення, — його тип і позначення документа.

При великій кількості пристроїв і елементів рекомендується ці відомості записувати в перелік елементів. У цьому випадку біля графічних позначень пристроїв і елементів проставляють позиційні позначення.

Провода, жгути і кабелі повинні бути показані на схемі окремими лініями і позначені окремо порядковими номерами в межах виробу. Допускається наскрізна нумерація проводів, жгутів і кабелів у межах виробу, якщо провода, що входять у жгути, пронумеровані в межах кожного жгута. Проводи і кабелі варто нумерувати в межах кожного комплексу, якщо до складу виробу, на яке розробляється схема, входить кілька комплексів.

Належність проводу, жгута чи кабелю до визначеного комплексу визначають за допомогою літерного (літерного-цифрового) позначення, що проставляється перед номером кожного проводу, жгута чи кабелю і відокремлюваного знаком дефіс. Номера одножильних проводів проставляють біля кінців зображень, номери кабелів проставляють в колах, що розміщуються в розривах зображень кабелів (якщо немає наскрізної нумерації проводів і кабелів).

Загальну схему, по можливості, варто виконувати на одному листі.

На схемі розташування зображують складові частини виробу, а при необхідності — зв'язки між ними, конструкцію, приміщення чи місцевість, на яких ці складові частини будуть розташовані. Складові частини виробу зображують у вигляді спрощених

зовнішніх зображень чи умовних графічних позначень. Провода, групи проводів, жгути і кабелі (багатожильні провoda, електричні шнури) зображують у вигляді окремих ліній чи спрощених зовнішніх зображень.

Розташування графічних позначень складових частин виробу на схемі повинно забезпечувати правильне уявлення про їхнє дійсне розміщення в конструкції, приміщенні, на місцевості. При виконанні схеми розташування допускається застосовувати різні способи побудови (аксонометрія, план, умовна розгортка, розріз конструкції і т. ін.).

На схемі повинні бути зазначені:

- для кожного пристрою чи елемента, зображених у вигляді спрощеного зовнішнього обриса, їхнє найменування і тип або позначення документа, на підставі якого вони застосовані;
- для кожного елемента, зображеного у вигляді умовного графічного позначення, — його тип і позначення документа.

При великій кількості пристроїв і елементів рекомендуються ці відомості записувати в перелік елементів. В цьому випадку біля графічних позначень пристроїв і елементів проставляють позиційні позначення.

Умовні графічні позначення в електричних схемах приведені в стандартах ГОСТ 2.721-74*.



Позначення загального застосування:

- ГОСТ 2.722-68* — машини електричні;
 ГОСТ 2.723-68* — котушки індуктивності, дроселі, трансформатори, автотрансформатори і магнітні підсилювачі;
 ГОСТ 2.725-68* — пристрої комутуючі;
 ГОСТ 2.726-68 — струмознімачі;
 ГОСТ 2.727-68* — розрядники, запобіжники;
 ГОСТ 2.728-74* — резистори, конденсатори;
 ГОСТ 2.729-68* — прилади електровимірювальні;
 ГОСТ 2.730-73* — прилади напівпровідникові;
 ГОСТ 2.731-81 — прилади електровакуумні;
 ГОСТ 2.732-68* — джерела світла;
 ГОСТ 2.745-68* — електронагрівники, пристрої й установи електротермічні;
 ГОСТ 2.755-87* — пристрої комутаційні і контактні з'єднання;
 ГОСТ 2.756-76* — сприймаюча частина електромеханічних пристроїв і ін.

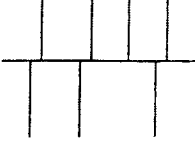
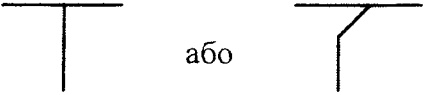
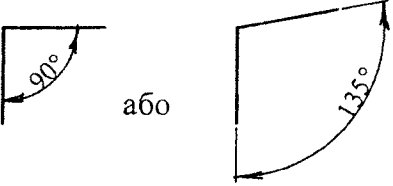
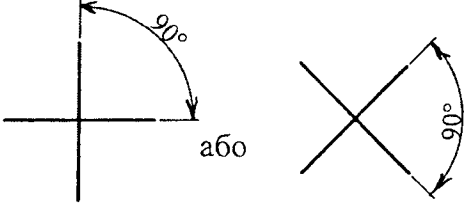
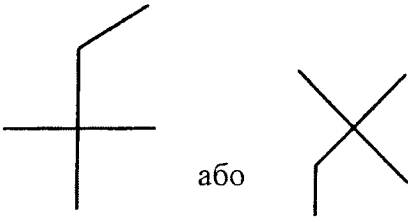


Приклади умовних графічних позначень елементів електричних схем приведені в табл. 6.6.1.

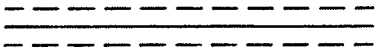
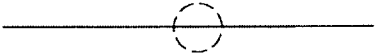

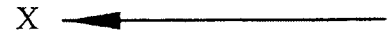

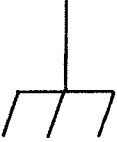


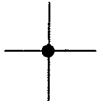
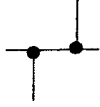

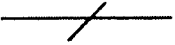

Таблиця 6.6.1

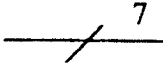






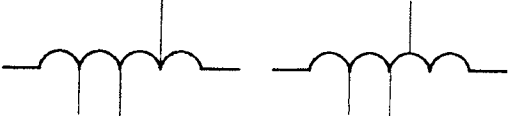


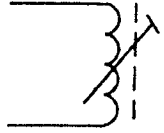
Умовні графічні позначення елементів електричних схем


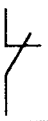


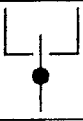



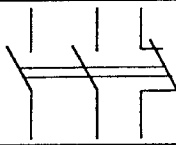
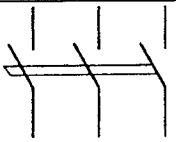

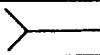
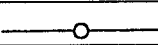
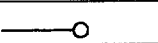
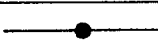
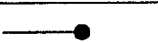
Найменування	Позначення апарату
Лінія електричного зв'язку, провід, кабель, шина, лінія групового зв'язку При необхідності для ліній групового зв'язку застосовують потовщені лінії	 

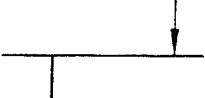


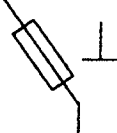


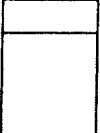




Продовження таблиці 6.6.1

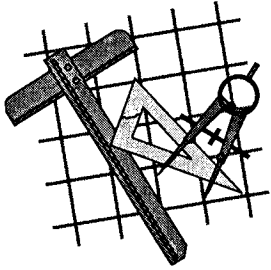
Найменування	Позначення апарату
Графічне розгалуження (злиття) ліній електричного зв'язку в лінію групового зв'язку, розведення жил чи кабелю проводів жгута	
Графічне розгалуження (злиття) ліній групового зв'язку	
Графічний злам лінії електричного зв'язку, лінії групового зв'язку, проводу, кабелю, шини	
Перетинання ліній електричного зв'язку, групового зв'язку, проводів, кабелів, шин, електрично не з'єднаних	
Лінія, що має злам під кутом 135°, не повинна перетинатися з іншою лінією в точці зламу	
Екранування групи елементів	
Екранування групи ліній електричного зв'язку	

Найменування	Позначення апарату
Екранована лінія електричного зв'язку, провід і кабель з екрануванням	 або 
Обрив лінії електричного зв'язку (на місці знака <i>x</i> указують необхідні дані про продовження лінії на схемі)	 або 
Заземлення, загальне позначення	
Електричне з'єднання з корпусом (масою)	 або 
Лінія електричного зв'язку з відгалуженнями: одним	
двома	 або 
Лінія електричного зв'язку з відгалуженням у кілька рівнобіжних ідентичних ланцюгів. Замість <i>n</i> указують загальне число рівнобіжних ланцюгів, включаючи зображений ланцюг	
Група ліній електричного зв'язку, що мають загальне функціональне призначення, зображення: однолінійна	
багатолінійна	

Найменування	Позначення апарату
В однолінійному зображенні замість n вказують число ліній у групі, наприклад група ліній електричного зв'язку із семи ліній	
Машина електрична. Загальне позначення	
Усередині кола допускається вказувати наступні дані: рід машин (двигун — М, генератор — G генератор синхронний — CS, двигун синхронний — MS, сельсин ZZ, перетворювач — С); рід струму, число фаз чи вид з'єднання — обмоток відповідно до вимог стандарту	
наприклад: генератор трифазний; двигун трифазний із з'єднанням обмоток статора в зірку	
машина, що може працювати як генератор і як двигун	
Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача (число півкіл у зображенні обмотки і напрямок висновків не встановлюються)	
Котушка індуктивності, дросель без магнітопровода	
Котушка індуктивності з відводами (число півкіл у зображенні не встановлюється)	
Котушка індуктивності з ковзними контактами (наприклад, двома)	
Котушка індуктивності з магнітодіелектричним магнітопроводом	
Котушка індуктивності, що підбудовується магніто діелектричним магнітопроводом	

Найменування	Позначення апарату
Контакт комутаційного пристрою: замикаючий	
розмикаючий	 або 
перемикаючий	
перемикаючий з нейтральним центральним положенням	
з подвійним замиканням	
з подвійним розмиканням	
Вимикач однополюсний	
Вимикач трьохполюсний із двома замикаючими й одним розмикаючим контактом	
Вимикач трьохполюсний з автоматичним поверненням	
Контакт контактного з'єднання	
рознімного:	
штир	
гніздо	
розбірного	
нерозбірного	

Найменування	Позначення апарату
Контакт ковзний по лінійній струмопровідній поверхні	
Запобіжник плавкий. Загальне позначення	
Вимикач-запобіжник	
Роз'єднувач-запобіжник	
Прилад електровимірювальний: що показує	
що реєструє	
інтегруючий (наприклад, лічильник електричної енергії)	
Гальванометр	
Електронагрівник опору. Загальне позначення	
Електропіч електродна. Загальне позначення	
Електропіч дугова. Загальне позначення	



Розділ 7

РОЗРОБКА КРЕСЛЕНЬ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

7.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАСОБИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Автоматизація проектування, що передбачає подальше підвищення технічного рівня проектів, якості проектних рішень та продуктивності праці проєктувальників при одночасному скороченні термінів проектування, ґрунтується на широкому застосуванні систем автоматизованого проектування (САПР). Кожна САПР поділяється на ряд підсистем, однією з яких є машинна або комп'ютерна графіка (КГ).

КГ — це сукупність технічних, програмних, мовних засобів та методів зв'язку користувача з ЕОМ на рівні зорових образів при розв'язанні різних класів задач. КГ у другій половині ХХ сторіччя пройшла ряд етапів, спочатку у вигляді електронно-променевих трубок (ЕПТ), за допомогою яких зображалися різні геометричні фігури, потім з'явилася можливість за допомогою електронного маркера ("світлового пера") виконувати різні перетворення геометричних фігур на екрані (система Sketchpad, США).

В Україні перша діалогова графічна система автоматизованого проектування електронних схем була розроблена в 1969 р. Київським політехнічним інститутом та науково-дос-

лідним інститутом автоматизованих систем управління та планування в будівництві.

У роботах, виконаних у перші роки розвитку КГ, основна увага приділялася технічним засобам формування та перетворення графічної інформації. Після того, як область застосування цих пристроїв розширилася, чисто зображувальні аспекти відступили на другий план, з'явилися проблеми ефективного застосування засобів КГ у крупних системах.

Пройдено шлях від методів програмування в кодах до пакетів прикладних програм (ППП) і, нарешті, відбулася уніфікація та стандартизація GKS (графічний кореневий сегмент).

Комп'ютерна графіка як одна з підсистем САПР

Згідно з ДСТУ 2939-94, підсистема комп'ютерної графіки (ПКГ) належить до обслуговуючих підсистем. Вона забезпечує оброблення графічної інформації, а також формування та виведення зображень. Засоби КГ є невід'ємною частиною сучасних автоматизованих систем оброблення даних. Це обумовлено швидким розвитком технічної бази — персональних ЕОМ,

графопобудувачів, графічних дисплеїв та різних пристроїв графічного введення та виведення, а також цілих графічних комплексів у вигляді автоматизованих робочих місць (АРМ) конструкторів та проектувальників. Вирішальною перевагою АРМ є природність та максимальна інформативність графічної інтерпретації даних практично в усіх галузях управлінської, інженерної та наукової діяльності людини.

До складу підсистеми КГ входить математичне, лінгвістичне, програмне, технічне, інформаційне, методичне та організаційне забезпечення. Математичне забезпечення — це методи, аналітичні співвідношення, математичні моделі та алгоритми розв'язання геометричних задач. До лінгвістичного забезпечення належать мови проектування, термінологія, правила формалізації природної мови, а також методи стиснення та розгортання текстів. До програмного забезпечення входять програми на машинних носіях, тексти програм та експлуатаційна документація. Основу програмного забезпечення КГ становлять пакети прикладних програм (ППП КГ). Технічне забезпечення — це ЕОМ, графічні пристрої введення та виведення графічної інформації, пристрої обчислювальної та організаційної техніки. До інформаційного забезпечення належать документи з описами даних, стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, типових елементів, матеріалів, тощо. Методичне забезпечення охоплює засоби та документи, в яких відбиті склад і правила послідовності відбору та експлуатації засобів автоматизації проектування, питання зв'язків з суміжними системами. На-

решті організаційне забезпечення це положення, інструкції, накази, штатний розпис тощо.

Комп'ютерна графіка, як частина прикладної інформатики, об'єднує методи та засоби введення, перетворення, зберігання та виведення зображень за допомогою ЕОМ.

Залежно від галузі застосування розрізняють ділову, ілюстративну, інженерну, художню та анімаційну графіку. Метою ділової та ілюстративної графіки є графічна інтерпретація експериментальних даних, тобто формування та виведення графіків, діаграм, схем та ескізів для створення машинних зображень, які ілюструють етапи стану різних об'єктів і процесів. Інженерна графіка забезпечує природний зв'язок людини з ЕОМ на рівні основної (графічної) продукції інженера будь-якої спеціальності, тобто формування та випуск креслень у САПР. Художня графіка на ЕОМ використовується для розроблення художніх зображень узорів тканин і шпалер та елементів інтер'єру. Анімаційна графіка моделює тривимірні сцени в динаміці (мультиплікації, тренажери тощо).

Геометричні задачі в підсистемі комп'ютерної графіки. У сучасних САПР важливе місце відводять геометричним уявленням та описові математичних моделей об'єктів проектування, починаючи з вироблення основної концепції проекту і закінчуючи створенням робочої документації.

Усю різноманітність геометричних задач, що розв'язуються засобами КГ, поділяють на два основні класи: формування і опис геометричних фігур різної складності та розв'язання на їхній основі комплексу прикладних

задач по трансформації зображень цих фігур на різних етапах проектування.

Розрізняють чотири основні типи геометричних моделей: двовимірну (площинну); каркасну (дротяну); у вигляді поверхні; об'ємну, яка дає змогу відрізати матеріал від порожнини.

Розроблення машинно-орієнтованих методів розв'язання геометричних задач нині розуміють як синтез методів аналітичної та диференціальної геометрії, машинного моделювання, графічних методів апроксимації, інтерполяції та оптимізації різних ітераційних методів і т. ін.

Алгоритми КГ, що використовуються для відображення вхідної та вихідної інформації, в геометричному відношенні не викликають труднощів. Проте багато задач КГ мають суто геометричний характер. Важливою проблемою є можливість одержання та перетворення наочних зображень у різних проекційно-зображувальних системах (перспектива, аксонометрія, проекції з числовими позначками) на екрані графічного дисплею в режимі графічного діалогу користувача з ЕОМ. При цьому з'являється потреба в розробленні алгоритмів, що забезпечують зворотний зв'язок.

Графічні підсистеми САПР оперують графічними та символічними образами проєктованих об'єктів і процесів. Природа прикладних моделей передусім математична — кожному станові об'єкта явно чи неявно відповідає певна математична модель. У разі конструктивного визначення нова математична модель будується на базі вже відомих математичних понять і моделей. Головне завдання комп'ютерного моделювання — реалізація моделей,

які адекватно відображають найсуттєвіші властивості об'єктів і процесів предметної сфери. Математичне визначення моделей ґрунтується на зведенні в деякому просторі систем координат можливих перетворень і множини елементарних об'єктів (точок простору).

Систему відліку для класу чи множини класів об'єктів задано, якщо кожному об'єктові відповідає набір дійсних чисел — координат об'єкта. Множини об'єктів та відношень, що обумовлюють склад об'єктів та їхні зв'язки в комп'ютерному зображенні, становлять інформаційно-логічний зміст моделі.

Технічні засоби комп'ютерної графіки. Комплекси технічних засобів (КТЗ) комп'ютерної графіки забезпечують введення графічної інформації, формування, обробку та виведення результатів у вигляді графічних зображень, текстів і редагування зображень. Відповідно до функціонального призначення розрізняють пристрої введення та виведення в діалоговому режимі даних, поданих у графічній формі, та ЕОМ, що переробляють інформацію і визначають параметри графічних зображень. Редагування зображень здійснюється за допомогою пристроїв введення та виведення, об'єднаних у графічні робочі станції.

Робочою станцією (РС) називають обчислювальну систему певного типу, до складу якої входить графічний дисплей. У стандарті GKS (графічна коренева система) РС трактуються ширше. До них зараховують ще пасивні пристрої графічного виведення інформації (графопобудувачі та растрові друкувальні пристрої), а також автономні пристрої перетворювачів інформації з графічної форми в цифрову.

Розрізняють три типи РС — для введення, виведення та введення-виведення інформації. Можлива також одночасна робота з кількома РС.

Серед пристроїв введення, що входять до складу КТЗ комп'ютерної графіки, виділяють пристрої введення графічної інформації (кодувальні планшети, сканери, цифрові телекамери, маніпулятори типу “миша” тощо) та пристрої введення неграфічних даних. До останніх належать літерно-цифрові, цифрові та функціональні клавіатури, цифрові набірні пристрої і т. ін.

Пристрої виведення графічних зображень поділяють на графічні реєструвальні пристрої, внаслідок роботи яких виготовляються графічні документи (тверді копії) та пристрої відображення графічної інформації без реєстрації, або графічні дисплеї, при роботі яких зображення формуються на екранах, що входять до складу пристроїв. Комплекси технічних засобів КГ на основі ПЕОМ названі у вітчизняній літературі автоматизованими робочими місцями (АРМ).

Останнім часом набули поширення персональні ЕОМ (ПЕОМ) як універсальні мікро-ЕОМ, розраховані на індивідуальне використання. З точки зору користувача, це новий клас ЕОМ з новими споживчими властивостями. Ними можуть користуватися не лише спеціалісти з обчислювальної техніки, але й непрофесіонали в цій галузі. Програмне забезпечення ПЕОМ орієнтоване на діалогове (інтерактивне) спілкування і має розвинені засоби навчання роботи з ним.

Як засоби документування в ПЕОМ використовуються растрові електростатичні та електромеханічні друкувальні пристрої типу принтер або

плоттер, інколи і фотонабірні пристрої, які дають змогу одержувати не лише контурні, але й напівтонові повнокольорові зображення (фотозображення).

Структура та функції інструментальних засобів

Технічні засоби КГ для зберігання та обробки інформації загалом стандартні та не мають особливої специфіки.

Інструментальні засоби КГ поділяються на дві групи: 1) засоби, що використовуються прикладними програмістами-розробниками на етапі розроблення компонентів САПР; 2) засоби, які є частиною САПР і застосовуються користувачами. До першої групи належать базові пакети прикладних програм, бібліотеки процедур генерації типових елементів і базових графічних функцій та ін. Другу групу становлять графічні редактори для інтерактивного моделювання об'єктів проектування, для введення та модифікації моделей, а також бази графічних даних зі спеціалізованими мовами введення інформації та маніпуляції нею.

У програмному забезпеченні КГ виділяють чотири рівні, залежно від орієнтації функцій на клас задач та технічні засоби.

До нульового рівня належать бібліотеки розширення мов програмування за допомогою графічних функцій для формування та виведення зображення на конкретні типи пристроїв.

У комплексах АРМ цей рівень представлено бібліотеками розширення мов програмування AutoCAD; КОМПАС, ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ, СІ та бібліотеками програм для виведення на графопобудувач.

Перший рівень реалізує найбільш загальні функції стосовно оброблення графічних даних у незалежних від конкретних типів пристроїв системах координат. Другий рівень передбачає програмне забезпечення, орієнтоване

на певну предметну сферу (ділова, ілюстративна, інженерна, художня, анімаційна графіка). Третій рівень становлять засоби, що забезпечують задання, моделювання та оброблення даних про об'єкти певного класу.

7.2. БАЗОВІ ЕЛЕМЕНТИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Системи координат. Залежно від характеру задач та виду об'єктів у КГ використовуються різні координатні системи: декартова, афінна, полярна, циліндрична, сферична та ін. Координатна система являє собою сукупність правил, за якою будь-якій точці простору відповідає набір чисел (координат).

Кількість координат, необхідних для визначення точки, обумовлює вимірність простору.

Залежно від структури зображення та від процесу оброблення графічних даних використовуються локальна, глобальна, світова, приладова та інші координатні системи. Локальна система координат — це три- чи двовимірна система власних координат об'єкта. Вона може бути декартовою, афінною, полярною, циліндричною, сферичною, тощо. Глобальна система координат три- чи двовимірна і не обов'язково декартова, в ній відбувається взаємозв'язок між об'єктами. Світова система — три- чи двовимірна прямокутна декартова система координат об'єктів або процесів, що моделюються. Вона є вхідною системою координат базових графічних систем. Приладова система — двовимірна нормалізована декартова система координат, в якій зображення виводяться на екран дисплея.

Нормалізованими називають координати, значення яких одержують діленням на певний нормувальний множник h . Наприклад, якщо частину декартового простору, обмежену кубом з ребром a , треба відобразити в частину того самого простору, обмежену кубом з ребром a' то $h = a : a'$. Якщо відображення здійснюється в частину, обмежену одиничним кубом, то й нормалізовані координати змінюються від нуля до одиниці. В обох випадках частину відображення називають нормалізованою.

Координати світової системи іноді зводять до нормалізованого вигляду. У приладовій системі координати завжди нормалізовані. Найчастіше їх задають у десяткових частках у діапазоні від 0 до 1 або в цілих одиницях растру (в пікселях) екрана дисплея (розмір 1024×1024 одиниць растру).

Афінна та декартова системи координат використовуються в КГ найчастіше. Координати точки, як правило, розглядають у вигляді вектора — рядка $[xyz]$ або вектора-стовпця $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$.

Якщо в площині (просторі) задано вихідну афінну систему координат $Oxy(Oxyz)$ та деяку нову систему $O'x'y'(O'x'y'z')$, то перетворення називають афінним. Воно полягає в тому, що точці P площини (простору)

ставиться у відповідність точка P' , яка в новій системі має ті самі координати, що й точка P .

З аналітичної геометрії відомо, якщо задано дві декартові (афінні) системи координат, то точка P , яка в системі координат Oxy має координати $[x, y]$, у системі $O'x'y'$ визначатиметься координатами $[x', y']$ за формулами:

$$\begin{aligned} x &= ax + by + m; \\ y &= cx + dy + n; \end{aligned} \quad \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} \neq 0, \quad (7.2.1)$$

де a, b, c, d — коефіцієнти розкладання векторів $e_{x'}$ та $e_{y'}$ по векторах e_x та e_y ; m та n — координати нового початку O' відносно вихідної системи координат.

Цими формулами визначається й афінне перетворення. Але при цьому $[x, y]$ — координати точки P в системі Oxy , а $[x', y']$ — координати перетвореної точки P' у тій же системі координат, тобто Oxy .

Якщо обидві системи координат (рис. 7.2.1) прямокутні декартові з однаковими одиничними відрізками, то формули (7.2.1) набудуть вигляду:

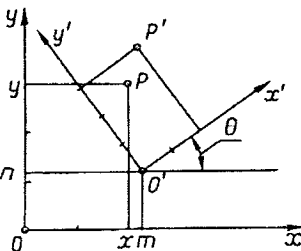
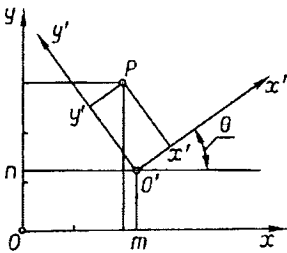


Рис. 7.2.1

$$\begin{aligned} x' &= x \cdot \cos\theta - y \cdot \sin\theta + m; \\ y' &= x \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta + n. \end{aligned} \quad (7.2.2)$$

Ці формули задають перехід від декартової системи Oxy $O'x'y'$ й одночасно власне перетворення (тобто коли обидві координатні системи — праві чи ліві). Для невласного перетворення вони матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} x' &= x \cdot \cos\theta + y \sin\theta + m; \\ y' &= x \cdot \sin\theta - y \cos\theta + n. \end{aligned} \quad (7.2.3)$$

Якщо $m \neq 0$ та $n \neq 0$, то, щоб показати (7.2.1) у матричній формі, вихідну та перетворену точки задають в однорідних координатах, які є основними в проєктивній геометрії. Однорідні координати дають змогу n -вимірний об'єкт подати в $(n+1)$ -вимірному просторі додаванням ще однієї координати — скалярного множника a . Однорідні координати дають змогу записувати невласні (нескінченно віддалені) точки простору, а також виражати афінні перетворення у зручній матричній формі.

Однорідними координатами точки P , визначеними даною афінною координатною системою, є будь-яка трійка чисел (x_1, x_2, x_3) пропорційна трійці $(x, y, 1)$. Тоді матричний запис (7.2.1) матиме вигляд:

$$[x' y' 1] = [x y 1] \times \begin{bmatrix} a & c & 0 \\ b & d & 0 \\ m & n & 1 \end{bmatrix} \quad (7.2.4)$$

Матриця

$$T = \begin{bmatrix} a & c & 0 \\ b & d & 0 \\ m & n & 1 \end{bmatrix}$$

є геометричним оператором, який може перетворювати будь-яку сукупність точок.

Афінні перетворення в площині та в просторі. Оскільки площина задається трьома точками, то її афінне

перетворення визначається трьома парами точок:

$$\begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & 1 \\ x'_2 & y'_2 & 1 \\ x'_3 & y'_3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{bmatrix} \times T, \quad (7.2.5)$$

або у символічному записі $B = A \times T$, де B і A — відповідно матриці координат перетворених та вихідних точок.

У комп'ютерній графіці найбільш поширені випадки афінних перетворень, які наведено в табл. 7.2.1. Вони

Таблиця 7.2.1
Афінні перетворення

Вид перетворення	Кількість параметрів	Матричний оператор	Ілюстрація
Перенесення	2	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ m & n & 1 \end{bmatrix}$	
Обертання навколо початку координат на кут θ проти годинникової стрілки	1	$T_v = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Обертання навколо довільного центра	3	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -m & -n & 1 \end{bmatrix} \times T_v \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ m & n & 1 \end{bmatrix}$	
Симетрія відносно осі, що проходить через початок координат	1	$T_s = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ \sin\theta & -\cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\theta = 2\alpha$	
Масштабування відносно початку координат	2 при $k_x \neq k_y$, 1 при $k_x = k_y = k$	$T_m = \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	

поділяються на прості (обертання навколо початку координат) та складні (обертання навколо довільного центра).

Аналітичний вираз афінного перетворення тривимірного простору аналогічний такому ж виразу афінного перетворення площини. Він визначається в системі координат $Oxyz$ матрицею коефіцієнтів:

$$\begin{bmatrix} a & b & h \\ c & d & f \\ p & q & r \end{bmatrix}$$

та числами m, n, l , які здійснюють перенесення зображення. Якщо нова система координат має той самий початок, що й вихідна, то перетворення у матричному вигляді запишеться так:

$$[x'y'z'] = [xyz] \times \begin{bmatrix} a & c & p \\ b & d & q \\ h & f & r \end{bmatrix}. \quad (7.2.6)$$

У тому разі, коли початок координат відрізняється від старої системи координат, то, як і у двовимірному випадку, доцільно скористатися записом в однорідних координатах:

$$[x'y'z'1] = [xyz1] \times \begin{bmatrix} a & c & p & 0 \\ b & d & q & 0 \\ h & f & r & 0 \\ m & n & l & 1 \end{bmatrix}. \quad (7.2.7)$$

Операції кадрування та відтинання.

Область світової системи координат, в якій формується зображення для виведення на графічні пристрої, називається вікном, а область приладової системи координат, на яку відображається вікно, — областю індикації. Операцію відображення вікна на область індикації називають кадруванням.

При формуванні зображення може статися так, що частина зображуваного об'єкта розміщується за межами

вікна чи області індикації. У цьому разі застосовують операцію відтинання, яка відкидає ті елементи зображення, що розташовані за межами вікна.

Оскільки вікно та область індикації прямокутні, то формули, які здійснюють операцію кадрування, мають простий вигляд. Нехай весь екран є областю індикації, а у світовій системі координат задане вікно, центр якого має координати (x_c, y_c) . Його розміри, що вимірюються від центра, дорівнюють l_x та l_y у напрямі осей O_x та O_y . Формула, що задає відображення точки (x, y) світової системи координат у точку (X, Y) приладової системи координат, має вигляд

$$X = \frac{x - x_c}{l_x}; \quad Y = \frac{y - y_c}{l_y}, \quad (7.2.8)$$

де X та Y — безрозмірні величини, що змінюються від -1 до $+1$. Якщо область індикації не покриває весь екран, то:

$$\begin{aligned} X &= \frac{x - x_c}{l_x} L_x + X_c; \\ Y &= \frac{y - y_c}{l_y} L_y + Y_c, \end{aligned} \quad (7.2.9)$$

де (X_c, Y_c) — центр області індикації, L_x, L_y — розміри області індикації.

Якщо зображення задається як список точок, то відтинання є тривіальною задачею. Коли ж зображення задається множиною відрізків прямих, задача ускладнюється. Оскільки область індикації має форму прямокутника (див. рис. 7.2.2), де a — можливі положення відрізка прямої відносно вікна; b — поділ відрізка краями вікна), то відрізкові прямої належить не більше однієї видної ділянки. У цьому випадку можна скористатися, наприклад, алгоритмом Д. Коена та А. Сазерленда, який заснований на тому, що

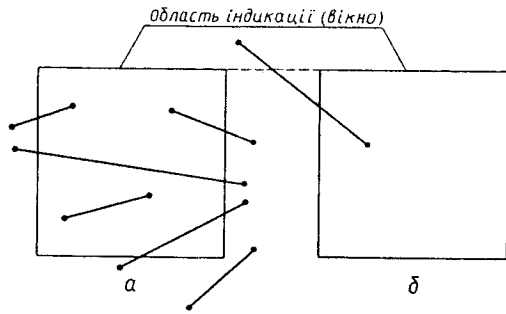


Рис. 7.2.2

кожен відрізок прямої або повністю розташований в області вікна, або його можна поділити так, щоб одна з його частин була відтята.

Щоб перевірити операцію відтинання, межі області вікна продовжують так, щоб вони ділили поверхню зображення на дев'ять підобластей. Кожній з підобластей присвоюють чотирирозрядний бітовий код; цей же код мають і кінцеві точки відрізків, що належать відповідним підобластям. Одиниця в кожному з розрядів коду означає: біт 1 — точка вище вікна; біт 2 — точка нижче вікна; біт 3 — точка праворуч від вікна; біт 4 — точка ліворуч від вікна.

Робота алгоритму починається з присвоєння 4-бітового коду кінцевим точкам відрізків за таким правилом:

1001	1000	1010
0001	0000	0010
0101	0100	0110

Кожному біту присвоюється значення 1 (істина), якщо виконується відповідна даному біту умова, якщо ж вона не виконується, то біту присвоюється значення 0 (неправда).

Для меж вікна, що дають змогу працювати з бітами, існує ефективний спосіб обчислення коду, який впли-

ває з того, що біт 1 є знаковим бітом для різниці ($y_{\max} - y$), біт 2 для ($y - y_{\min}$), біт 3 — для ($x_{\max} - x$), біт 4 для ($x - x_{\min}$). Точка розташована всередині вікна (код "зовні/всередині" дорівнює 0000), коли ці різниці не від'ємні. Відрізок перебуває всередині вікна, якщо обидва його кінці розташовані всередині вікна (обидва коди 0000). Відрізок відтинається без обчислень, якщо обидва його кінці розташовані вище, нижче, праворуч або ліворуч від вікна. У цих випадках відповідні біти в обох кодах дорівнюють одиниці.

Найчастіше відрізок частково розташований всередині вікна, а частково — зовнішнього. Тоді він ділиться на частини одним з країв вікна, і його частина, що лежить зовні вікна, відтинається.

Примітиви КГ. Примітивами в КГ називають найменші, неподільні з точки зору прикладних програм графічні елементи, які використовують як базові при побудові зображень.

Розрізняють примітиви геометричні (точки, відрізки прямих чи кривих, ділянки поверхонь тощо), текстові та символні (маркери). Для формування примітивів використовують фізичний та логічний рівні. До фізичного рівня можна зарахувати точку, відрізок прямої чи кривої, рядок тексту тощо, до логічного — найпростіші геометричні фігури, зокрема трикутник, квадрат, багатокутник, паралелепіпед, кулю, конус, циліндр тощо. У спеціалізованих геометричних мовах логічні примітиви задають геометричними змінними.

Примітиви характеризуються параметрами та атрибутами. Параметри визначають форму, розміри та розташування примітива, атрибути характеризують візуальні властивості

примітивів та їхній статус стосовно різних операцій. До візуальних властивостей об'єкта належать видність, яскравість, колір, режим мерехтіння, вид і товщина лінії, наприклад:

яскравість: пусто/мала/середня/велика/дуже велика;

колір: пусто/зелений/червоний/синій/жовтий/фуксін/голубий/білий;

режим: без мерехтіння/з мерехтінням;

вид лінії: суцільна/пунктирна/штрихова/штрихпунктирна.

Основним примітивом растрової графіки є піксель (пел) — найменший елемент поверхні візуалізації. Група пікселів, що приєднуються один до одного, називається областю. Области можна створювати двома способами: 1) суцільно заповнена пікселями область; 2) гранично (по контуру) визначена пікселями область.

Структурні одиниці інформації.

1) Елемент даних (поле) — найменша одиниця поіменованих даних, що складається з будь-якої кількості бітів

чи байтів (наприклад, опис одного примітива).

2) Агрегат даних (група полів) поіменована сукупність елементів даних, що розглядаються як одне ціле.

3) Запис — поіменована сукупність елементів чи агрегатів даних.

4) Екземпляр запису — варіант запису, що містить значення елементів даних.

Агрегат даних і запис ще називають сегментом. Сегмент — основна порція інформації, що передається прикладній програмі або одержується від неї. Файл — поіменована сукупність, що включає всі екземпляри логічних записів даного типу. Наприклад, цілий рисунок, складений з сегментів. База даних (БД) — сукупність екземплярів різних типів записів і відношень між записами, агрегатами, елементами даних, БД включає дані, що відносяться до конкретної області. Схемою даних або концептуальною моделлю називається опис загальної логічної структури БД.

7.3. ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

На відміну від двовимірних об'єктів, заданих у світових координатах, які легко виводяться на екран дисплея способом відтинання по кадровому вікну, виведення тривимірних зображень викликає певні труднощі, бо екран дисплея не має третього виміру.

На рис. 7.3.1 показано концептуальну модель виведення тривимірної геометричної інформації. Вона має кілька етапів: від об'єкта, вираженого набором графічних примітивів, зада-

них у світових координатах, до фізичних координат точок об'єкта на екрані дисплея.

Розглянемо побудову ортогональних проєкцій. Проєкціювання може здійснюватися у шести напрямках: уздовж координатних осей просторової світової системи координат та в напрямках, протилежних їм. При цьому на площині задається двовимірна світова система координат Ouv , в якій формується зображення.

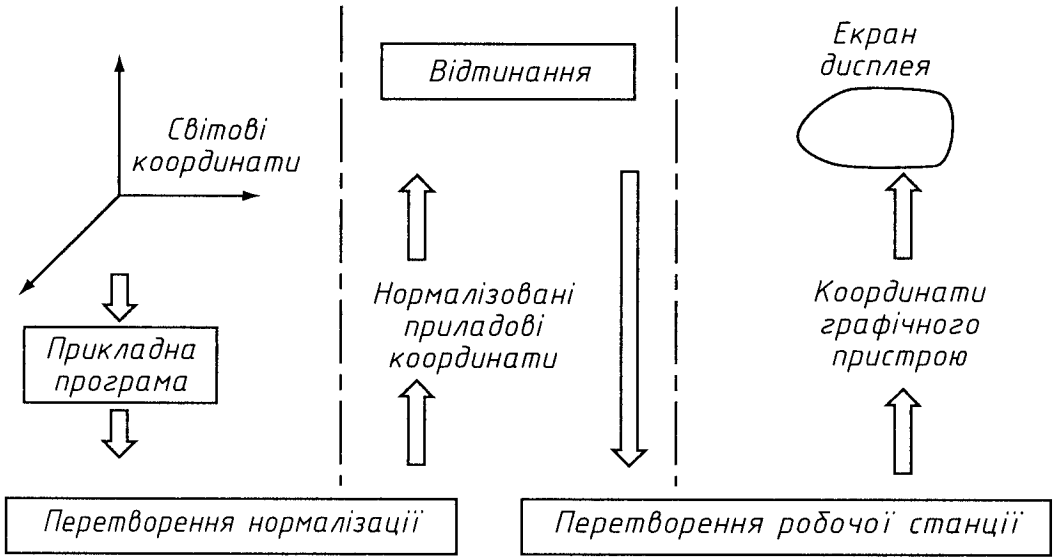


Рис. 7.3.1

На рис. 7.3.2, а показано орієнтацію осей на гранях куба та його розгортці (рис. 7.3.2, б).

У таблиці 7.3.1 наведені формули перетворення тривимірних світових координат точки $[xyz]$ на двовимірні світові координати $[u, v]$ при ортогональному проєкціюванні, де u_c, v_c — координати початку глобальної си-

стеми координат у світовій системі координат.

Приклад перетворення тривимірних світових координат у двовимірні світові. Аксонометрична система координат на площині з точністю до положення визначається п'ятьма параметрами: кут α , кут β , та три коефіцієнти спотворення — p, q, r (див. рис. 7.3.3).

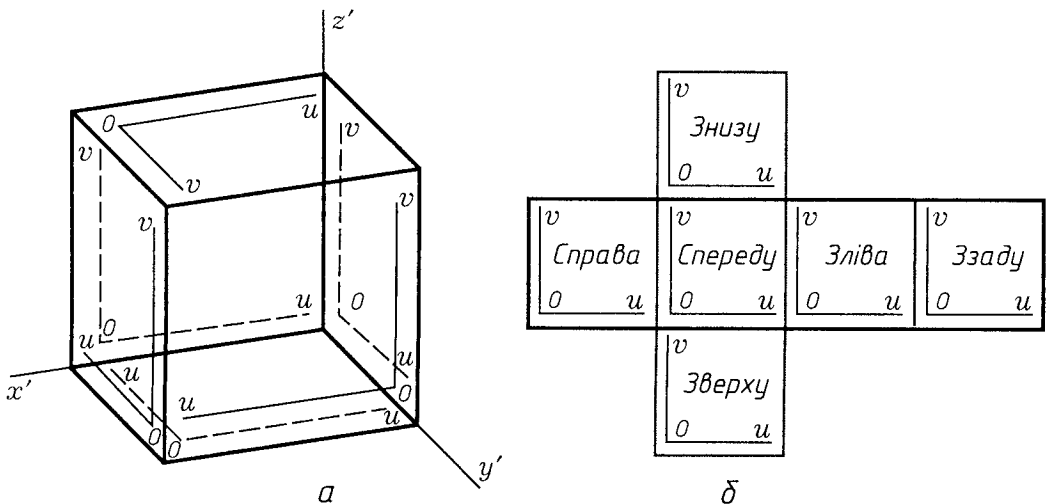


Рис. 7.3.2

Таблиця 7.3.1

Світові координати	Спереду (проти Oy)	Зверху (проти Oz)	Зліва (проти Ox)	Ззаду (по Oy)	Знизу (по Oz)	Справа (по Ox)
u	$-x + u_c$	$-x + u_c$	$y + u_c$	$x + u_c$	$-x + u_c$	$-y + u_c$
v	$z + v_c$	$-y + v_c$	$z + v_c$	$z + v_c$	$y + v_c$	$z + v_c$

За глобальними координатами точки $A(x_A, y_A, z_A)$ будуватимуть її аксонометрична проекція A' . Для комп'ютерної побудови аксонометрії достатньо зв'язати тривимірну глобальну аксонометричну систему координат $O'x'y'z'$ з двовимірною світовою Ouv , що задана на аксонометричній площині проєкцій. При цьому світові координати точки A будуть виражені через її глобальні координати за допомогою таких співвідношень:

$$u = x \rho \sin \alpha + y q \sin \beta,$$

$$v = x \rho \cos \alpha + y q \sin \beta + rz.$$

Ці співвідношення справедливі для будь-якої аксонометрії. Для одержання певної стандартної аксонометрії досить підставити у рівняння відповідні параметри.

Перспективні зображення. Апарат одержання тривимірних проєкцій

складається з центра проєкцій (власного або невластного), картинної поверхні (площини) та зображуваного об'єкта. Об'єкт задається сукупністю точок, через кожну з яких та центр проєкцій проходить пряма, що називається проєкціуючим променем.

На центральному проєкціюванні ґрунтується перспектива, а на паралельному — аксонометрія, яка хоч і менш реалістична, але дає змогу виконувати вимірювання вздовж трьох координатних осей.

Щоб одержати комп'ютерне перспективне зображення, треба виконати основні операції: зобразити об'єкт відповідною моделлю, задати апарат перспективи, обчислити перспективні координати; відігнути зображуваний об'єкт пірамідою видності; видалити невидні лінії та поверхні.

Апарат перспективи складається з таких основних елементів (див. рис. 7.3.4): точки зору C , картинної площини або картини K , на якій будуватиметься перспектива об'єкта, променів зору, з яких один (головний) промінь перпендикулярний до картини (точку перетину його з картиною називають головною точкою картини O), зорової відстані D , яка визначається відстанню від точки зору до картинної площини.

Додатковими елементами апарата комп'ютерної перспективи є: кадрове

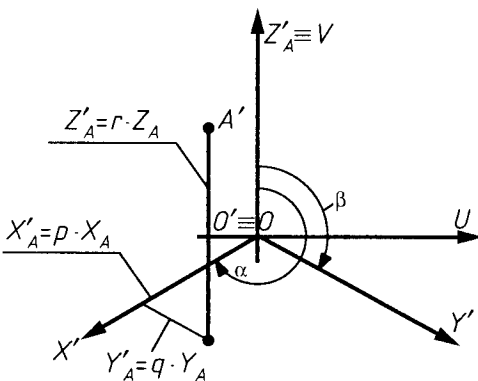


Рис. 7.3.3

вікно, в межах якого розташовується зображення; двовимірна система координат на картині Ouv , в якій обчислюються перспективні координати точок об'єкта. Початок координат розташований у головній точці картини O ; вісь U — горизонтальна, а вісь V — вертикальна. Піраміда видимості являє собою об'єм з вершиною у точці зору та ребрами, що проходять через кутові точки кадрового вікна.

Існує кілька способів обчислення перспективних координат точок. Наведемо один з них (рис. 7.3.4). Визначаємо відстані s та f від точки об'єкта A до її ортогональних проєкцій на дві взаємно перпендикулярні площини, що проходять через головний промінь, одна з яких горизонтальна, а друга — вертикальна. Знаходимо відрізок d — перспективну глибину даної точки, тобто відстань від точки зору до ортогональної проєкції точки об'єкта на головний промінь зору. З розгляду подібних трикутників маємо:

$$U_A = cD/d; \quad V_A = fD/d. \quad (7.3.1)$$

Величини s , f та d обчислюються в тривимірній системі координат як із застосуванням перетворень об'єкта чи системи координат, так і без них.

Для зображення точок об'єкта в перспективі використовують матриці перетворення розмірності 4×4 та однорідні координати. Загальний вигляд такого алгоритму:

$$V_n = V_r T_p, \quad (7.3.2)$$

де V_n — вектор перспективних координат точки; V_r — вектор однорідних координат точки; T_p — вихідна матриця, яка дає змогу одержати перспективні координати.

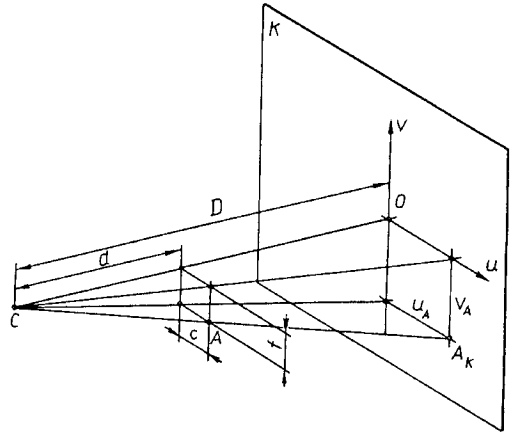


Рис. 7.3.4

Коли початок координат збігається з головною точкою картини, осі Ox та Oy збігаються з осями u та v картинної системи координат, а точка зору розташована у від'ємному напрямі осі Oz на відстані D від картини, то вираз (7.3.2) має вигляд:

$$[u \ v \ 0 \ 1] = [x \ y \ z \ 1] \times T_p.$$

Вихідну матрицю T_p обчислюємо як добуток матриць окремих перетворень у порядку їх здійснення:

$$T_p = T_1 T_2 T_3 T_4, \quad (7.3.3)$$

де T_1 — матриця паралельного перенесення; T_2 — матриця обертання навколо осі Oy ; T_3 — матриця обертання навколо осі Ox ; T_4 — матриця перспективного перетворення.

У разі побудови аксонометричного зображення використовуються ці ж матриці, за винятком матриці перспективного перетворення:

$$T_p = T_1 T_2 T_3. \quad (7.3.4)$$

Видалення невидних ліній. У комп'ютерній графіці використовують кілька алгоритмів видалення невидних ліній, кожен з яких має свої

переваги й недоліки. Значний обсяг обчислень, пов'язаних з аналізом відності, є серйозним недоліком усіх відомих алгоритмів. У більшості з них для видалення невидних ліній використовують знання топології зображуваних об'єктів. Мається на увазі, що об'єкти складаються з трикутних чи чотирикутних елементів або мають вигляд багатогранників.

При одному з підходів досліджують кожен відрізок прямої в тривимірному просторі для визначення незакритих деякою поверхнею окремих частин цієї лінії (якщо вони є). Для кожної лінії виконують аналіз відносно всіх непрозорих поверхонь, після чого зображують одержані відрізки ліній.

Зображення кривих ліній та поверхонь. Шлях рухомої точки можна визначити за допомогою значень радіуса-

вектора, яких він набуває в послідовні моменти часу (рис. 7.3.5, а). Ця залежність між r та t виражається функцією $r = r(t)$. У тривимірному просторі в координатній формі ця параметрична функція матиме вигляд:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t).$$

У параметричній формі можна задати також поверхню, яка утворюється змінною твірною, що рухається в тривимірному просторі (рис. 7.3.5, б). Послідовні положення твірної утворюють поверхню, кожену точку якої можна характеризувати часом t проходження цієї точки, твірною та параметром u , що визначає положення точки на твірній. Рівняння $r = r(u, t)$ характеризує поверхню в тривимірному просторі; при цьому параметр t не завжди є часом. Поверхню визначає будь-яка функція $r = r(u, v)$.

У координатній формі поверхня задається рівняннями:

$$x = x(u, v), \quad y = y(u, v), \quad z = z(u, v). \quad (7.3.6)$$

Якщо u або v мають певне значення, то векторне рівняння $r = r(u_0, v_0)$ визначає криву, яка належить поверхні.

Параметричний метод задання кривих ліній та поверхонь є найефективнішим у КГ, коли, наприклад, треба одержати графічне зображення їх на екрані дисплея.

При геометричному моделюванні криволінійних об'єктів у КГ найчастіше розв'язують дві задачі: заміну однієї кривої чи поверхні простішою, близькою до заданої; конструювання кривої або поверхні, що проходить крізь задані точки чи лінії. Перша задача називається апроксимацією, а друга — інтерполяцією кривої чи поверхні.

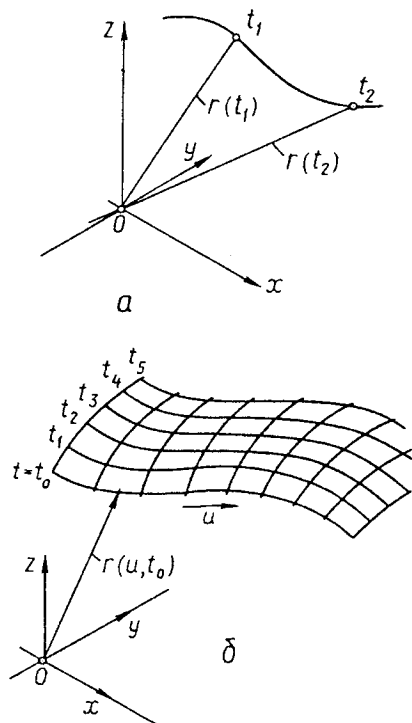


Рис. 7.3.5

Завдання інтерполяції — знайти наближені значення функції $f(x)$ у точках x , які лежать між точками x_i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$), якщо відомі значення функції $f(x_i)$ лише в цих точках: $x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n$. Якщо на площині задано точки A_1, A_2, \dots, A_n , то криву, складену з послідовності дуг $A_1A_2, A_2A_3, \dots, A_{n-1}A_n$ називають плоским обводом точок. Стиги дуг обводу називають вузлами. Коли гладкі дуги обводу мають у вузлах лише спільні дотичні, то обвід має гладкість 1-го порядку, а коли у вузлах ще й однакові радіуси кривини, то гладкість обводу буде 2-го порядку.

При побудові обводів найчастіше використовують криві 3-го алгебраїчного порядку, тобто кубічні криві. Так роблять тому, що для сегментів кривої не існує зображення нижчого порядку, яке забезпечувало б у точці з'єднання кривих неперервність положення та похилу елементів і гарантувало б проходження кінцевих точок сегмента через задані точки. Параметричний кубічний багаточлен з чотирма коефіцієнтами є параметричною кривою 3-го порядку, яка за відповідного вибору коефіцієнтів може задовольняти чотирьом вимогам (положенню кожного з кінців сегмента та дотичним векторам у них). У разі кривих вищого порядку виникає хвилястість лінії (осциляція).

Найбільш поширені три способи опису параметричних кубічних кривих: 1) метод Ерміта, в якому задають положення кінцевих точок кривої та дотичні вектори в них; 2) метод Без'є, коли задають положення кінцевих точок кривої, а для неявного задання дотичних у цих точках використовують дві інші точки, що не лежать на кривій; 3) метод В-сплайнів, у якому кінцеві точки не лежать на кривій, унас-

лідок чого можна забезпечити першу і другу похідні на кінцях сегмента.

Кожен з цих методів має свої переваги й недоліки. Так, метод Ерміта підходить до апроксимації наявних поверхонь, коли треба досягти відповідності точок і дотичних векторів, тоді як використання методу В-сплайнів зручне для апроксимації лінії і досягнення гладкості 2-го порядку. Методи Без'є та В-сплайнів підходять для роботи в інтерактивному режимі, бо їхні геометричні вектори визначаються тільки точками.

Будуючи плоскі обводи, використовують також криві 2-го порядку. На рис. 7.3.6 показано три точки A, B, C з дотичними в них. Розглянемо точки A та B з дотичними t_A та t_B , тобто задамо чотири параметри. Як відомо, єдиною чотирипараметричною кривою 2-го порядку є парабола. Побудуємо її таким чином. Продовжимо дотичні t_A та t_B до взаємного перетину в точці T_1 . З точки T_1 проведемо медіану трикутника AT_1B і знайдемо її середину E , через яку пройде парабола. Поділимо тепер відрізки ED та AD і DB на однакову кількість рівних частин. Точки параболи визначаться у взаємному перетині прямих двох пучків. Так само побудуємо параболу в трикутнику BT_2C . Одержимо обвід першого порядку гладкості з двох парабол.

Якщо крива має пройти через певну точку на відрізку ED , то матимемо п'ятий параметр, який визначить дугу еліпса. А якщо п'ята точка, через яку повинна пройти крива, лежатиме на відрізку ET_1 , то матимемо дугу гіперболи. Точки еліпса й гіперболи визначимо за допомогою відповідних променів проєкціюючих пучків, одержаних з так званого повного чотирикутника. Коли на площині задано n точок, то

можна записати поліноміальну функцію, яка забезпечує проходження через ці точки. Функція називається поліномом Лагранжа, який має вигляд:

$$P_i(x) = \sum_{i=1}^n L_i(x) y_i, \text{ де}$$

$$L_i(x) = \frac{(x-x_1)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n)}{(x_i-x_1)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)}. \quad (7.3.7)$$

Цей поліном має степінь $n-1$, він дозволяє без попереднього розв'язання системи рівнянь записувати поліноміальну функцію, що задовольняє умові проходження через n точок. При збільшенні кількості точок, через які має пройти крива, степінь полінома Лагранжа збільшується, а при великому значенні n можливі небажані осциляції (коливання) кривої.

Робота з блоками.

Побудова тривимірних об'єктів та їх наочних зображень

Блоком (підмену BLOCKS) називають набір графічних примітивів, об'єднаних у складений об'єкт, якому присвоюється певне ім'я.

Мета створення блоків — мати можливість багаторазово вставляти раніше розроблені графічні фрагменти в поточний рисунок в будь-якому масштабі під будь-яким кутом у заданому місці.

Зокрема з використанням блоків можна створювати графічні бази да-

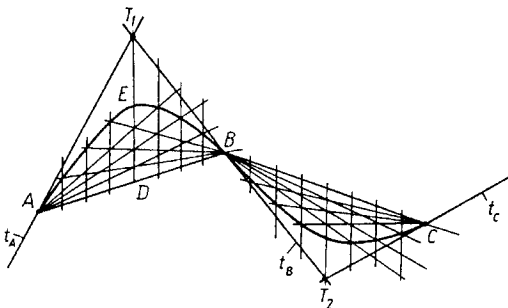


Рис. 7.3.6

них стандартних вузлів та деталей і користуватися ними, значно скорочуючи час роботи над рисунком. Блоки можуть бути вкладеними, тобто блок у блоці. Застосування блоків економить пам'ять ЕОМ. Блоком може бути визначений рисунок, що створює можливість об'єднання кількох рисунків в один.

Для роботи з блоками використовують п'ять команд:

- 1) BLOCK — створити блок;
- 2) WBLOCK — записати блок або весь рисунок на диск;
- 3) BASE — вказати на базову точку вставки;
- 4) INSERT — вставити блок;
- 5) MINSERT — вставити масив однакових блоків.

Для перейменування чи видалення блоків використовуються команди:

- RENAME — (нове ім'я);
PURGE — (видалити).

Для розбиття блока на складові частини — команда EXPLODE (розчленувати).

Розглянемо команди детальніше.

1) Команда BLOCK — створення блока. Використайте якийсь рисунок, або створіть новий рисунок.

Command BLOCK

<Enter>

Block name (or?)

ім'я блока (або?)?↵

Тут можна задати ім'я, яке присвоєно блоку або передивитися перелік уже створених блоків. Якщо введене ім'я вже присвоєно раніше створеному блоку, то виникне протиріччя і система попросить ввести нове ім'я.

Block name (or?) FRAGMENT↵

Після цього з'явиться запит:

Insertion base point:

1Ø, 2Ø <Enter>↵

(Координати базової точки для вставки: $1\emptyset$, $2\emptyset$, вона не повинна змінювати свого положення при масштабуванні або повороті). Далі система переходить до режиму вибору об'єктів.

Select objects

При цьому можуть обиратися об'єкти різних кольорів, з різними типами ліній, а також з різних шарів.

Після вказівки на кілька об'єктів відбудеться формування блоку з заданим іменем Block1.

1) Після пустого вводу всі інші об'єкти зникнуть з рисунка. Якщо ці об'єкти треба відновити на рисунку в тому ж місці, слід скористатися командою OOPS . Після формування блоку і вставки його в рисунок він розглядається як єдине ціле.

2) Команда WBLOCK. За допомогою цієї команди можна записувати будь-який існуючий блок або весь рисунок на диск. Файлу присвоюється будь-яке ім'я.

3) Команда BASE — базова точка рисунка. Якщо треба, щоб даний рисунок міг у подальшому використовуватися як зовнішній блок з базовою точкою вставки, відмінною від точки \emptyset , \emptyset , то за допомогою цієї команди слід задати координати нової базової точки вставки. Якщо цю команду не використовувати, то точкою вставки буде початок системи координат.

4) Команда INSERT — вставка блока. Для задання масштабів по осях можна скористатися опцією Corner та ввести C, тоді надійде запит координат двох точок, які сприйматимуться як кінці діагоналі масштабного прямокутника.

Слід мати на увазі, що коли на запит про ім'я блока перед його назвою поставити символ “*”, то блок буде

зруйновано і його елементи сприйматимуться як окремі об'єкти. Цього ж можна досягнути, застосувавши команду EXPLODE.

Команди завершення роботи

1) Видалення зайвих побудов. Якщо в процесі або після формування рисунка на екрані з'явилися допоміжні засічки чи лінії, їх завжди можна видалити командою REDRAW (освіжи).

У випадку, коли на екрані є орієнтована сітка, що створена командою GRID (сітка), то з закінченням роботи її необхідно видалити за допомогою тієї самої команди уведенням опції “OFF”.

2) Формування основного наливу. Основний напис можна сформувати заздалегідь, створивши бланки різних форматів та зберігаючи їх на диску під різними іменами, а тоді викликати відповідний формат (наприклад, FA4) з диска.

Виконані таким чином креслення будуть забезпечені рамками контуру та основним написом. Останній заповнюється за допомогою команди TEXT.

Побудова тривимірних об'єктів та їх наочних зображень

Для створення тривимірних об'єктів у AutoCAD передбачено три способи їх формування:

1) спосіб “виштовхування” плоских графічних примітивів по третій координаті Z;

2) формування об'єктів тривимірними графічними примітивами 3D LINE(відрізок), 3D FACE (3-грань), 3D POLY (3-полі).

3) формування сіток поверхонь спеціальними методами: протягуванням (циліндрична поверхня), обертаням навколо осі (поверхня обертанья), з'єднанням двох примітивів сім'єю

прямих ліній (лінійчата поверхня), методом Кунса (сплайнова поверхня).

Для побудови наочного зображення за допомогою команди VPOINT задаються координати x, y, z точки зору, з якої проглядається простір у напрямі до початку координат. Іншими словами, вектор VPOINT $(x, y, z) \rightarrow O(\emptyset, \emptyset, \emptyset)$ визначає напрям проєкціювання на картинну площину, яка перпендикулярна до цього вектора (прямокутна аксонометрія). Якщо задати координати точки зору $\emptyset, 1, \emptyset$ або $-1, \emptyset, \emptyset$, то визначиться вигляд спереду (фронтальна проєкція), або вигляд зліва

(профільна проєкція). Для одержання горизонтальної проєкції (плану) необхідно задати координати $\emptyset, \emptyset, 1$.

Особливості виконання тривимірних об'єктів

1. Команда LINE не формує об'єктів з "дном" та "дахом", а тільки у вигляді "стіні" з нульовою товщиною.

2. Команди TRACE, PLINE формують об'єкти з "дном" та "дахом" у тому випадку, коли вони визначають замкнений контур і (або) мають ненульову товщину.

3. Команда SOLID завжди формує об'єкти з "дном" та "дахом".

7.4. ТИПИ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМАХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Інформація про геометричні характеристики об'єкта використовується для одержання графічного зображення і розрахунку міцнісних і кінематичних параметрів, необхідних для його конструювання.

У разі традиційного конструювання обмін інформацією здійснюється на основі креслень з використанням нормативно-довідкової документації. У системах автоматизованого конструювання обмін реалізується на основі внутрішньо-машинного уявлення об'єкта, в вигляді геометричної моделі.

Геометрична модель тим ефективніша, чим більше вона враховує обмежень, пов'язаних з реальним об'єктом, його виготовленням та експлуатацією. Двовимірні моделі дає змогу формувати зображення, складені з відрізків прямих і дуг кола, та не забезпечує відповідності (проєкційного зв'язку) між

цими виглядами. Тривимірні моделі забезпечує формування креслення об'єкта у трьох вимірах.

Геометрична модель характеризується такими властивостями, як одновимірність (модель заповнюється всею площиною), кінцевість (модель займає кінцеву частину простору) та жорсткість (модель зберігає свою форму незалежно від положення та орієнтації).

Програмне забезпечення геометричних моделей задовольняє таким вимогам:

- можливість внутрішньомашинного опису будь-якого об'єкта,
- несуперечливість інформації, тобто точка простору може належати тільки одному об'єктові.

Поряд з названими властивостями модель повинна бути відкритою, що дозволяє використовувати її як у формуванні зображень, так і в розрахунках.

Геометрична модель об'єкта містить геометричну, функціональну і технологічну інформацію, а в процес геометричного моделювання входить ряд операцій від формалізованого опису об'єкта до одержання внутрішньомашинної моделі об'єкта.

Методи геометричного моделювання дають змогу представити об'єкт у вигляді дротяної (каркасної), полігональної та об'ємної моделей.

Геометричними елементами дротяної моделі є ребро і вершина. Ця модель використовується для формування двовимірних геометричних об'єктів на площині. Дротяна модель потребує незначного обсягу пам'яті, проте не дає змоги в автоматичному режимі одержувати розрізи та перерізи, а лише формує точки їхнього контуру (рис. 7.4.1, а).

Полігональна модель подає об'єкт у вигляді контуру, обмеженого поверхнями. Точки об'єкта можуть бути задані перерізом поверхонь або множиною точок, що задовольняє відповідним геометричним умовам.

Формування полігональної моделі базується на таких положеннях:

- будь-яку поверхню можна апроксимувати (замінити) багатогранником, кожна грань якого є плоским багатокутником;

- крім плоских багатокутників у моделі можуть бути поверхні, які аналітично не описуються, для них форма визначається різними методами апроксимації поверхонь.
- полігональна модель дає змогу виконувати розрізи й перерізи в автоматичному режимі з побудовою ребер контуру (рис. 7.4.1, б), а також геометричні перетворення моделі об'єкта. При використанні полігональних моделей з'являються труднощі в нанесенні розмірів і штриховки, обумовлені відсутністю лінійних елементів. У цьому разі їх можна одержати за допомогою окремих команд у діалоговому режимі.

При формуванні об'ємних моделей визначають поверхні навколо об'єкта, які потім компонуються в потрібний об'єм. Геометричними елементами об'ємної моделі є точка, контурний елемент і поверхня. При перерізі об'ємної моделі об'єкта площиною разом з одержанням контуру перерізу автоматично виконується його штрихування (рис. 7.4.1, в).

В об'ємних моделях об'єкти можуть задаватися у вигляді різних структур: модель об'єкта визначається сукупністю поверхонь, які його обмежують комбінацією елементарних

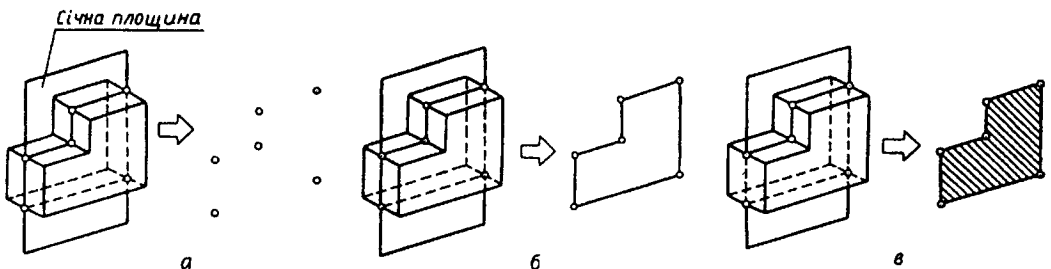


Рис. 7.4.1

об'ємів або комбінацією елементів з використанням геометричних (булевих) операцій: об'єднання (\cup), перетину (\cap), віднімання ($-$), додавання ($+$).

Геометричне моделювання складних об'єктів можна здійснювати двома методами: контактним з'єднання і з'єднання з проникненням.

Метод контактного з'єднання використовують, якщо об'ємні тіла мають поверхні, по яких ці тіла можна з'єднати. Виконання геометричних операцій у цьому разі зводиться до аналізу граничних контурів цих поверхонь. Метод контактного з'єднання базується на тому, що кожен контурний елемент поверхні має атрибут, який однозначно визначає його просторове розташування відносно іншої поверхні. Атрибут може бути зовнішнім, внутрішнім або спільним.

Метод контактного з'єднання поверхонь передбачає такі процеси:

- визначення контуру плоских поверхонь на основі їх математичного уявлення;
- визначення точок перетину контурів у їхніх сегментаціях;
- визначення атрибуту для кожного контурного елемента;
- побудову результуючого контуру тестуванням контурних елементів.

Витрати на розроблення програм і їх оброблення на ЕОМ при методі контактного з'єднання незначні, тому що операції виконуються з плоскими поверхнями.

Метод з'єднання з проникненням використовується для синтезу тривимірних геометричних об'єктів і відбувається аналогічно синтезу двовимірних геометричних об'єктів, тільки в цьому випадку використовуються не

контурні елементи, а поверхневі, і розраховуються криві перетину. Для визначення кривих перетину використовують аналітичний і числовий методи. Метод з'єднання з проникненням передбачає виконання таких операцій:

- визначення об'ємів з'єднаних елементів на основі математичного опису поверхні, визначення пар поверхонь, які перетинаються;
- аналітичне (числове) визначення кривої перетину для будь-якої пари поверхонь, що перетинаються, і вилучення сегментів кривої, які не лежать усередині поверхонь, що перетинаються;
- розподіл поверхні на окремі елементи.

Формалізований опис об'єкта в системі геометричного моделювання реалізується в діалоговому режимі. При цьому об'єкт розробляють послідовно способом агрегування елементарних об'ємів.

Використання елементарних об'ємів зменшує витрати на опис геометричного об'єкта, тому що при синтезі тривимірних об'єктів немає потреби описувати окремі контури або поверхні, оскільки вони визначаються за допомогою одного оператора конкретної вхідної мови.

Одним з ефективних є метод опису макрокоманд або елементів зі змінними розмірами і формою. Моделі об'єктів зберігаються в бібліотеці у вигляді готових згенерованих елементів. Використання методу макрокоманд у двовимірних системах геометричного моделювання дає змогу не тільки обробляти модель, але й визначати розміри елементів при дотриманні заданої точності.

7.5. РОЗРОБКА ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ І КРЕСЛЕНЬ

У системах комп'ютерної графіки об'єкт формується з базових графічних елементів, які запитуються користувачем і додаються один до одного для одержання необхідного зображення.

Існує декілька способів визначення та введення базових графічних елементів (точок, ліній, дуг, кіл тощо) у системах комп'ютерної графіки.

Точку можна визначати: позначенням місцезосташування її на екрані дисплея за допомогою органів керування курсором, введенням координат з використанням літерно-цифрової клавіатури, заданням зміщення (по координатах x , y) відносно раніше сформованої точки, побудовою прямої, яка проходить крізь задану точку паралельно іншій прямій або перпендикулярно до неї.

Дугу чи коло визначають, задаючи координати центра і значення радіуса або координати центра і точки на колі, будуючи криву, яка проходить через три задані точки.

Для побудови конічних перерізів (еліпса, параболи, гіперболи тощо) задають п'ять (для параболи — чотири) точки.

Щоб визначити поверхню обертання, задають деяку пряму (криву) та вісь, навколо якої вона обертається.

Технічне креслення складається з базових та допоміжних графічних елементів. Допоміжними є такі елементи, як штриховка, розміри, спеціальні символи (умовні знаки для позначення відхилень форми та розташування поверхонь, позначення швів зварних

з'єднань та ін.) і текст. Здатність відізнати базові графічні елементи, які описують модель об'єкта, від допоміжних (пояснювальних) елементів креслення є основною вимогою до систем комп'ютерної графіки.

Одним зі способів відокремлення базових графічних елементів від допоміжних є метод шарів. Цей метод дає змогу поділити креслення на певну кількість площин (шарів), за якою з яких можна закріпити різні графічні елементи (рис 7.5.1). Кожну площину можна вивести на екран окремо, і на ній виконувати різні перетворення та редагування зображення. Метод шарів з успіхом використовується при формуванні складальних креслень, оскільки окремі деталі, розташовані в різних шарах, можна або вилучити, або зобразити лініями різного кольору.

При виконанні штриховки кожен елемент контуру, що обмежує ділянку, яка буде заштрихована, повинен бути вказаний (див. рис 7.5.2). Після задання виду, кроку (1) та кута (2) штриховки за командою "Заштрихувати обмежену контуром площу" виконується штригування. Деякі системи комп'ютерної графіки дозволяють виконувати асоціативне штригування. Тобто у разі зміни геометричних розмірів деталі штриховка автоматично приводиться у відповідність (див. рис 7.5.3).

Нанесення розмірів на кресленні може виконуватись у діалоговому, напівавтоматичному та автоматичному режимах.

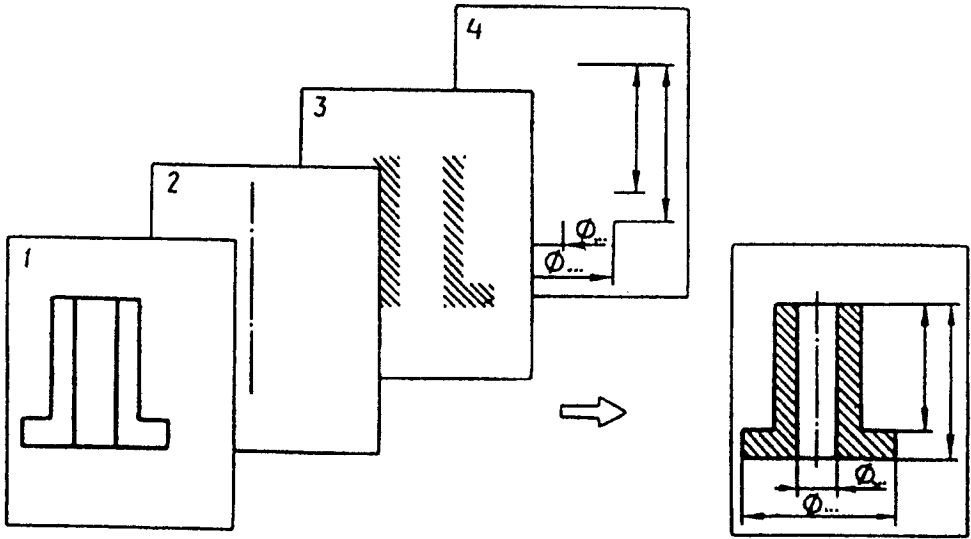


Рис. 7.5.1

У діалоговому режимі користувач формує кожен розмір з окремих елементів (виносних і розмірних ліній, розмірних чисел, граничних відхилень розмірів). Такий режим використовується в тому разі, коли варіант нанесення розмірів не передбачений графічною системою.

При напівавтоматичному нанесенні розмірів користувач тільки ідентифікує елемент і позиціонує розмірне число у потрібній точці креслення. На основі цієї інформації графічна система автоматично формує розмірну та виносні лінії і вказує розмірне число.

Автоматичне нанесення розмірів використовується в спеціалізованих графічних системах розробки певного класу деталей (наприклад, деталі типу "тіла обертання"). Основний недолік автоматичного нанесення розмірів полягає в появі при оформленні креслення, відмінного від базового, зайвих розмірів, які користувач вилучає в діалоговому режимі.

Сучасні системи комп'ютерної графіки дозволяють виконувати асоціативне нанесення розмірів, яке дає змогу при виконанні операції зміни (наприклад, довжини якогось елемента на

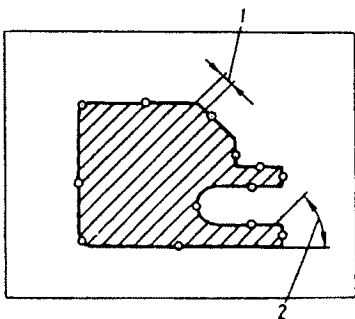


Рис. 7.5.2

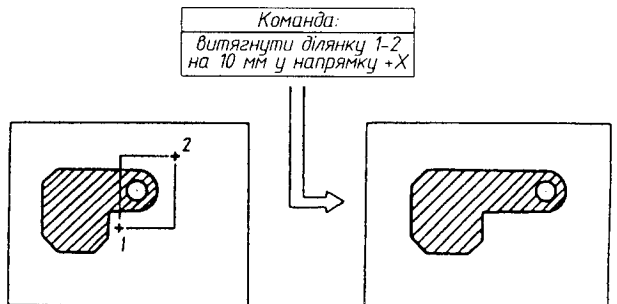


Рис. 7.5.3

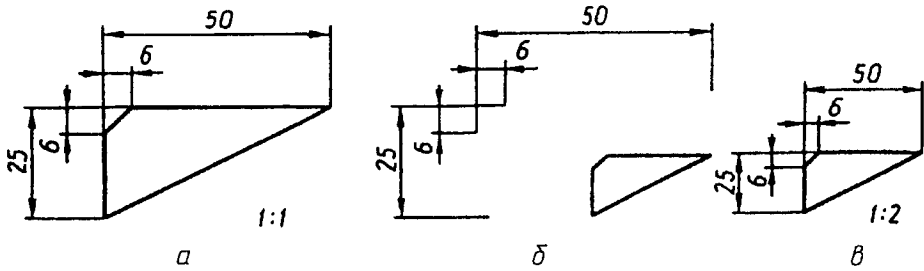


Рис. 7.5.4

зображенні) автоматично змінювати й розмір цього елемента. Іншою можливістю використання асоціативного нанесення розмірів є зміна масштабу зображення (рис. 7.5.4). При цьому залишаються незмінними параметри розмірів (висота шрифту, відстань між розмірними лініями, розмір стрілки).

Поряд із зазначеними перевагами асоціативне нанесення розмірів має такі недоліки, як уповільнена робота системи, необхідність більшого обсягу пам'яті, а також те, що при вилученні елемента разом з ним вилучається й розмір. Ці недоліки частково компенсуються у спрощеній формі асоціативного нанесення розмірів, де виносні й

розмірні лінії розглядаються й виконуються як елементи геометрії, а розмірне число вираховується автоматично за довжиною розмірної лінії.

На кресленнях текст використовується в основному написі, у специфікації, таблицях, у символах та позначеннях розмірів. Формування тексту полягає у виборі його параметрів (тип і висота шрифту) та позиціонуванні за допомогою курсора або заданням координат.

Зміна змісту або коригування тексту виконується за допомогою графічного редактора тексту (наприклад, помилку можна виправити без набору всього тексту заново).

7.6. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

До сучасних систем комп'ютерної графіки належать такі системи як AutoCAD, CADKEY, Solid Works, Mechanical Desktop, Компас.

Найбільш популярною системою серед користувачів є універсальна система AutoCAD англійської фірми Autodesk. На базі цієї системи побудовано багато спеціальних програм орієнтованих на розробку певних видів обладнання.

У системі AutoCAD забезпечується зв'язок з усіма пристроями на основі ПЕОМ, куди входять базовий блок, дисководи, дисплей, клавіатура, принтер (друкувальний пристрій). Додатково можна встановити планшет і графопобудовник.

Користувач має змогу вводити та компоувати рисунки проєктованих об'єктів на екрані графічного дисплея. AutoCAD є прикладом організації

гнучкої діалогової графічної системи на ПЕОМ.

Ядро системи AutoCAD має такі основні компоненти: блоково-ієрархічну пошарову модель графічних об'єктів; розвинений базовий набір функцій щодо формування та модифікації цієї моделі в діалоговому режимі; орієнтовані на конструкторів засоби організації інтерфейсу користувача на основі ієрархічних меню та (або) літерно-цифрових директив; засоби розширення системи на рівні конструювання меню для нових команд користувача та об'єктів.

Система AutoCAD працює в діалоговому режимі. Основним засобом діалогу є система меню, тобто система варіантів можливих дій користувача.

Розглянемо опис основних команд та принципи розробки зображень у графічній системі AutoCAD.

Усі команди AutoCAD можна розподілити на окремі групи (підменю) за призначенням. У кореневому (головному) екранному меню виведені імена підменю:

- UTILITY — Утиліти;
- DRAW — Команди рисування;
- EDIT — Команди редагування;
- JNQUIRY — Команди отримання довідок;
- DISPLAY — Команди управління зображенням;
- LAYER — Команди керування властивостями об'єктів;
- SETTINGS — Команди установки режимів;
- BLOCKS — Команди роботи з блоками;
- DIM — Команди простановки розмірів;
- PLOT — Команди вибору пристрою відображенні креслення.

Переходячи з коріння на підменю можна отримувати доступ до будь-яких засобів AutoCAD. Вибір елемента кореневого меню приводить до появи на екрані розшифровки відповідного підменю. Якщо команди підменю не вміщуються на одній сторінці, то вибором елемента NEXT можна продовжити перегляд команд на наступній сторінці. Елемент PREVIOUS дозволяє повернутися до попередньої сторінки підменю. Вихід з одного підменю та перехід до іншого здійснюється через вибір елемента AutoCAD та подальшого вибору імені підменю.

Розглянемо найпростішу команду отримання допомоги. У випадку натиснення ENTER або <?> при відповіді на підказку "Command:" з'являється наступний додатковий запит:

Command name (ENTER for list):

Ім'я команди (ENTER для списку):

Якщо у відповідь натиснути ENTER, то на екрані з'явиться список усіх команд AutoCAD та дисплей автоматично переходить у текстовий режим. Натисніть F1, щоб повернутися до графічного режиму. При бажанні отримати довідку по конкретній команді на цей запит, наберіть ім'я потрібної команди.

1. Команди рисування (Підменю DRAW — РИСУЙ)

Рисунок у системі AutoCAD створюється з окремих графічних примітивів. Примітив — це графічний елемент, який можна накреслити за допомогою однієї команди.

Система містить наступні основні команди креслення примітивів:

1. POINT (ТОЧКА)
2. LINE (ВІДРІЗОК)
3. ARC (ДУГА)
4. CIRCLE (КОЛО)

- 5. TRACE (СМУГА)
- 6. PLINE (ПОЛІЛІНІЯ)
- 7. ELLIPSE (ЕЛІПС)
- 8. POLYGON (БАГАТОКУТНИК)
- 9. DONUT (КІЛЬЦЕ)
- 10. SOLID (ФІГУРА)
- 11. TEXT (ТЕКСТ)

Після введення команди з'являються підкоманди (опції), які пропонують варіанти побудови графічних примітивів. Підкоманди висвічуються у вигляді підказки в командному рядку або екранному меню у разі вибору команди з екранного меню. Після задання опцій графічний примітив креслиться на екрані.

POINT (ТОЧКА)

Точку на кресленні можна задати декількома способами:

- а) за допомогою координат x , y , що вводяться з клавіатури.

Наприклад:

point 7,15, де $x = 7$, $y = 15$.

- б) введенням точки, що знаходиться на певній відстані від іншої точки, з використанням спеціального знаку @, наприклад:

Command: POINT ↵ @ 32, 53 ↵, де
32 — зміщення по осі x , тобто Δx .
53 — зміщення по осі y , тобто Δy .

Знак @ означає, що координати вибираються відносно останньої сформованої точки.

- в) задання точки за допомогою курсору та "мишки". На місце потрібної точки вказується курсором та натискається клавіша ENTER.

LINE (ВІДРІЗОК)

За допомогою команди LINE можна збудувати відрізок або ламану по двох точках:

Command: LINE ↵
From point:

Від точки:

Одним з приведених вище способів вводяться координати першої точки відрізка або ламаної. Якщо натиснути ENTER, не вводячи координати точки, то вибраною буде вважатися остання побудована точка відрізка.

To point:

До точки:

Одним з приведених вище способів вводяться координати другої точки відрізка або ламаної.

При побудові відрізків іноді зручно використовувати неявні способи задання точки, за допомогою об'єктних прив'язок. У відповідь на уточнюючу команду треба ввести одну з вибраних об'єктних прив'язок, підтверджуючи вибір клавішею ENTER (табл. 7.6.1)

Таблиця 7.6.1

Побудова відносно вказаного об'єкта	Об'єктна прив'язка
Перпендикуляр	Perp
Дотична	Tan
Перетин	Int
Кінець	End
Середина	Mid
Центр	Cen
Точка	Node
Об'єкт	Near

PLINE (ПОЛІЛІНІЯ)

Команда PLINE дозволяє створювати об'єкти, що називаються полілініями, тобто складаються з сегментів ліній та дуг. Креслиться лінією заданої ширини (див. рис. 7.6.1.)

Command: PLINE ↵

From point: t1 ↵

Current line — width is 0.000

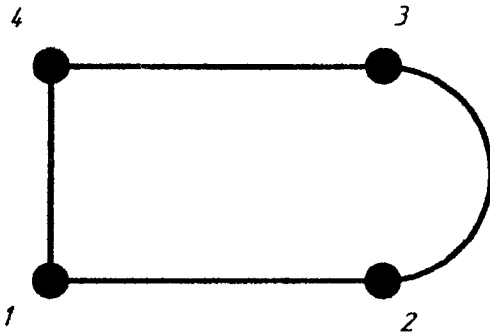


Рис. 7.6.1

Поточна ширина лінії 0.

Це значення до його зміни використовується для усіх сегментів полілінії при цьому є наступна підказка

Arc / Close / Halfwidth / Length / Undo / Width / < End point of line>: W ↵

Дуга /Замкни/ Напівширина / Довжина / Відміни / Ширина / “Кінцева точка лінії”: можливі варіанти відповідей

Arc (Дуга) — переводить команду PLINE до режиму рисунку дуги;

Close (Замкни) — створює замкнуту полілінію;

Halfwidth (Напівширина) — дозволяє ввести значення, що дорівнює напівширині полілінії;

Lengh (Довжина) — будує сегмент полілінії заданої довжини в тому ж напрямку, що і попередній;

Undo (Відміна) — видаляє останній накреслений сегмент полілінії;

Width (Ширина) — дозволяє ввести значення, що дорівнює ширині полілінії.

При відповіді треба набрати тільки першу літеру вибраної опції. Якщо задати координати x та y точки, то будуватиметься відрізок лінії нульової товщини від першої до кінцевої точок лінії, тому спочатку треба задати ширину лінії **Starting width <0,000>:я0:** Початкова ширина **<0,000>:** **Ending width <1.000>:я0:** Кінцева ширина **<1.000>:**

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width< End point of line >: t.2 ↵

Дуга / Замкни / Напівширина / Довжина / Відміни / Ширина / “Кінцева точка лінії”:

-Arc /Close/ < End point of line >: A ↵

У випадку вибору опції **Arc** видається наступна підказка

Angle / Center / Close / Direction / Halfwidth / Line / Radius /

Кут / Центр / Замкни / Напрямок / Напівширина / Відрізок / Радіус /

Second point /Undo/ Width /<End point of arc>: t3 ↵

Друга точка / Відміни / Ширина / <Кінцева точка дуги>;

де **Angle** — рисування дуги за її кутом;

Center — центральна точка дуги;

Direction — напрямок рисування дуги, якщо вона не є дотичною до попереднього сегменту;

Line — повернення до режиму рисування прямої лінії;

Radius — дозволяє вводити дугу за її радіусом;

Second point — запитує 2-у точку дуги.

Angle/center/ <End point of aro : L ↵

Arc/Close/<End point of line> : t 4 ↵

Arc/Close/<End point of line> : C ↵

DONUT (Кільце)

Команда DONUT (див. рис. 7.6.2) використовується для відображення кіл, виконаних суцільною товстою лінією, товщина S якої дорівнює:

$$S = (D \text{ зовн} - D \text{ вн}) / 2$$

Command: DONUT ↵

Inside Diameter <0,5>:29 ↵

Внутрішній діаметр <поточний>:

Outside Diameter <0,1>: 31 ↵

Зовнішній діаметр <поточний>:

Center of donut: tl ↵

Центр кільця:

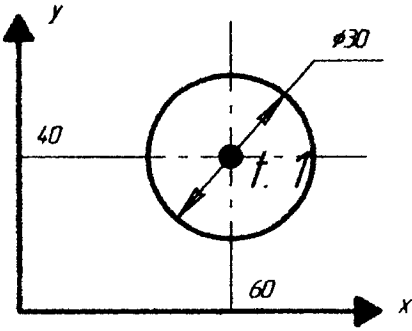


Рис. 7.6.2

POLYGON (БАГАТОКУТНИК)

Ця команда дозволяє будувати правильний багатокутник з кількістю сторін від 3 до 1024. Розміри багатокутника задаються за допомогою радіуса R описаного (вписаного) кола або довжини його сторони. Багатокутник викреслюється лінією нульової товщини.

Command: POLYGON ↓

Number of sides: ↓

Ввести будь-яке ціле число

Число сторін:

Edge / <Center of polygon>: ↓

Довжина сторони /< Центр >:

а) Якщо вказати точку (тобто центр багатокутника), то виникне запитання:

Inscribed in circle / Circumscribed about circle (I/C): ↓

Вписати коло / Описати навколо кола (IC):

Після відповіді I або C запитується значення радіуса кола

Radius of circle: ↓

Будується багатокутник, нижня сторона якого розташовується горизонтально.

б) Якщо відповісти E (Edge), то виникне запит на введення першої та другої точок сторони багатокутника.

Command: POLYGON ↓

Number of sides: ↓ **Edge/<Center of polygon>:E** ↓ **First end point of edge:** ↓

Перша кінцева точка сторони:

Second end point of edge: ↓

Друга кінцева точка сторони:

Ці дві точки визначають сторону багатокутника, що будується проти годинникової стрілки.

SOLID (ФІГУРА)

Команда SOLID дозволяє креслити суцільні області шляхом введення їх у вигляді чотирикутних або трикутних секцій. Вводять дві крайні точки 1 та 2 початкової грані, після чого або дві крайні точки 3 та 4 наступної грані, або тільки точку 3 та натискають клавішу "ENTER". Можна продовжувати введення граней до повної побудови тіла. Тіло є повністю зафарбованим, якщо активізовано стан FILL. Для виходу з команди натиснути клавішу "ENTER" на запит третьої точки.

Command: SOLID ↓

First point: 1,1 ↓

Second point: 2,4 ↓

Third point: 2,1,3 ↓

Fourth point: 3.5,3.5 ↓

Third point: ↓

ELLIPS (ЕЛІПС)

Ця команда дозволяє рисувати еліпс, використовуючи різноманітні параметри.

1. За двома головними осями.

Comand: ELLIPS ↓

<Axis endpoint 1> / Center/Isocircle:

Вказати 1-шу точку осі <1-й кінець осі>/ Центр/ Ізоколо:

Axis endpoint 2: Вказати 2-гу крайню точку осі.

Друга крайня точка осі;

<Other axis distance> /Rotate: ↓

<Довжина другої осі>/Поворот:

а) можна вказати число-половину другої осі. Якщо вказати точку то система сама вирахує половину другої

осі як відстань від вказаної точки до середини першої осі.

б) якщо відповісти *R* (Rotate), то система будує еліпс як прямокутну проекцію кола, діаметр якого визначений першою та другою крайніми точками першої осі. Система запитує кут нахилу площини кола до площини креслення та вираховує другу вісь, використовуючи цей кут.

Rotation around major axis: ↵

Поворот навколо великої осі:

2. По центру та осях.

Спосіб аналогічний попередньому, але замість першої крайньої точки задається центр еліпсу та одна крайня точка осі. Усі інші побудови виконуються без змін.

Command: ELLIPS ↵

<Axis endpoint 1> / Center / Isocircle: C ↵

Center of ellips: ↵

Axis endpoint: ↵

3. Побудова кола в ізометричній проекції.

Command: ELLIPS ↵

<Axis endpoint 1>/Center/Isocircle:I ↵

Center of circle:... (x,y) ↵

Центр кола:

Circle radius > / Diameter: ↵

Радіус кола / Діаметр:

CIRCLE (КОЛО)

За допомогою цієї команди коло відображається одним з нижче перелічених способів.

Command: CIRCLE 3P/2P/TTR/<Center point>: (point) ↵

3T/2T/ККР/< Центр, точка >: (точка)

Diameter <Radius>.: (radius value) ↵

Діаметр / Радіус>: (значення радіуса)

Для задання радіуса, після вказання центра кола, треба вказати точку на колі. Якщо зручніше задати діаметр а

не радіус то, у відповідь на запитання "Diameter/ <Radius>:" треба натиснути клавішу "D".

Коло можна також задати визначивши три точки, що йому належать (відповісти "3P" на запитання про центральну точку), або вказати дві кінцеві точки діаметру (відповісти "2P").

ARC (ДУГА)

Команда ARC рисує дугу (частину кола) одним з наступних способів:

- три точки дуги;
- початкова точка, центр, кінцева точка;
- початкова точка, центр, центральний кут;
- початкова точка, центр, довжина хорди;
- початкова точка, кінцева точка, радіус;
- початкова точка, кінцева точка, центральний кут;
- початкова точка, кінцева точка, початковий напрямок;
- продовження попередньої смуги або дуги.

По замовчанню дуга рисується способом "три точки". Нижче наводиться формат команди для цього методу:

ARC Center <Start point>: (point) ↵

ДУГА Центр/ <Початкова точка>: (точка)

Center/End/ <Second point>: (point) ↵

Центр/Кінець/ <Друга точка>: (точка)

End point: (point) ↵

Остання точка: (точка)

Для того, щоб вибрати потрібний спосіб побудови на запит програми введіть одну з наступних опцій:

A = Центр, кут, *D* = Початковий напрямок, *L* = Довжина хорди, *C* = Центр, *E* = Кінцева точка, *R* = Радіус.

При цьому у рядку підказки кожного разу перелічуються опції, які можна вводити на даний момент.

TRACE (СМУГА)

Команда TRACE дозволяє рисувати суцільні лінії певної ширини. За допомогою команди FILL можна керувати видимістю смуги на екрані. Якщо встановити FILL у стан "ON", то смуга буде накреслена суцільною.

Command: TRACE ↵

Trace width <current>: число або ENTER ↵

Ширина траси < поточне >:

Trom point: (point) ↵

Від точки: (точка)

To point: (point) ↵

До точки: (точка)

To point: (point) ↵

До точки: (точка) (Для закінчення смуги натисніть ENTER).

2. Команди установки формату рисунка

Для задання формату креслення служать команди LIMITS (межі) (підменю SETTINGS) і ZOOM (показ) (підменю DISPLAY). Рисунок у системі AutoCAD — це файл, що описує графічне зображення. Для визначення положення точки на кресленні використовується прямокутна система координат, початок якої знаходиться в лівому нижньому куті екрана.

Відразу після завантаження графічного редактора розмір графічної зони екрана встановлюється 12×9 умовних одиниць.

Щоб перейти до іншого формату треба змінити координати верхнього правого кута. Для цього застосовується команда LIMITS (ліміти) (рис. 7.6.3).

Command: LIMITS

ON/OFF/Lower left corner <0.0000, 0.0000>:

Вкл. / Вискл. / Нижній лівий кут

Upper right corner <12.0000, 9.0000>: 420,297

Верхній правий кут

Тепер межами рисунка будуть розміри формату А3, але видимими на екрані будуть лише ті графічні об'єкти, що попадають до графічної зони екрана 12×9. Щоб зробити видимою на екрані всю область формату А3, використовують команду ZOOM (показ) і її опцію All (все).

3. Команди редагування (підменю EDIT)

Команди редагування мають різноманітні можливості щодо об'єктів:

- видалення;
- відновлення;
- переміщення;
- копіювання;
- зміна властивостей;
- поворот і масштабування;
- дзеркальне відображення;
- розтягування;
- спряження.

Більшість команд редагування пропонують вказати об'єкти, що будуть піддаватися коригуванню. Обрані об'єкти виділяються спеціальним чином.

При вході в команди редагування програма майже завжди видає підказку:

Select objects:

(Вкажіть об'єкти):

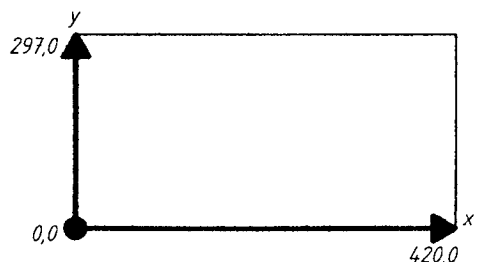


Рис. 7.6.3

Перехрестя курсору в цьому випадку здобуває форму квадрата.

Об'єкти можна вибирати в такий спосіб:

а) Прицілом. Вибирається об'єкт, що перетинається курсором (рис. 7.6.4, а);

б) рамкою Window. Використовуючи дану опцію можна вибрати об'єкти, які цілком потрапили в поле уявної рамки. При виборі цієї опції видаються наступні підказки:

Select objects: W ↵

First corner: x, y ↵

Перший кут:

Other corner: x, y ↵

Інший кут:

На ці запити необхідно ввести координати лівого нижнього і правого верхнього кутів уявної рамки (рис. 7.6.5, б).

в) за допомогою опції L (Last\Останній). Вибирається останній з накреслених об'єктів. Цією опцією може бути вибраний тільки один об'єкт.

Select objects: L ↵

г) при виборі опції P (Previous\Попередній). Відбувається вибір об'єктів, що були в наборі під час виконання попередньої команди редагування.

Select objects: P ↵

Для виходу з режиму вибору об'єктів натиснути клавішу ENTER.

ERASE (СТЕРТИ)

Команда ERASE дозволяє видалити обрані об'єкти даного рисунка.

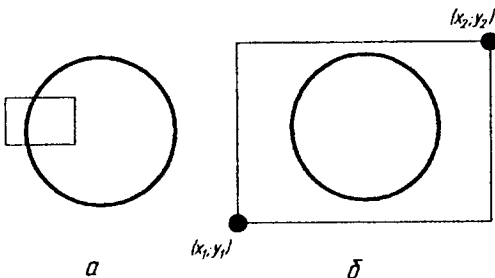


Рис. 7.6.4

Command: ERASE ↵

Select objects: вибрати об'єкти яким-небудь способом.

Обрані об'єкти будуть витерті. Для виходу з команди — CTRL+C.

OOPS

Команда OOPS відновлює на рисунку останній об'єкт, вилучений останньою командою ERASE.

Command: OOPS ↵

MOVE (ПЕРЕНЕСТИ)

Команда MOVE використовується для переміщення одного чи декількох об'єктів з одного місця рисунка в інше без зміни їхньої орієнтації і розмірів. Оригінал не зберігається.

Command: MOVE ↵

Select objects: (select)

Виберіть об'єкти: (вибір)

Base point or displacement: x 1, y 1 ↵

Базова точка чи переміщення:

Second point of displacement: x2, y2 ↵

Друга точка для переміщення:

У результаті відбудеться переміщення зображення як вказано на рисунку (див. рис. 7.6.5).

COPY (СКОПІЮВАТИ)

Команда COPY використовується для копіювання одного чи декількох об'єктів з одного місця рисунка в інший без зміни їхньої орієнтації і розмірів. Копія незалежна від оригіналу і її можна редагувати окремо.

Command: COPY

Select objects: (select)

Виберіть об'єкти: (вибір)

<Base point or displacement> /Multiple: x 1, y 1 ↵

<Базова точка чи переміщення> /Декілька:

Second point of displacements x 2, y 2 ↵

Друга точка переміщення:

Вибираємо базову точку (x_1, y_1), вказуємо другу точку (x_2, y_2) для переміщення об'єкта. Відбудеться копіювання зображення (рис. 7.6.6).

Для того, щоб одержати декілька копій необхідного набору, треба на запит **<Base point or displacement /Multiple: M ↵**

ввести M (Multiple\ Декілька).

Після цього можна вказати базову точку.

Base point: x 1, y 1 ↵

Second point or displacement: ↵

Запит "Second point or displacement" буде повторюватися, поки не припиниться введення точок для копіювання. Для виходу з команди натиснути клавішу "ENTER".

CHANGE (ЗМІНИТИ)

Команда CHANGE дозволяє змінювати властивості (шар, колір, висоту, тип лінії) існуючих об'єктів у даному рисунку.

Command: CHANGE ↵

Select objects: (select) ↵

Виберіть об'єкти: (вибір)

Properties / <Change point > : P ↵

Властивості / <Точка зміни >:

Select objects: обираємо об'єкт прицілом (точка 1)

Enter first point: x 1, y 1 ↵

Введіть першу точку

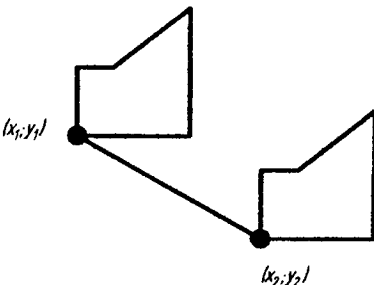


Рис. 7.6.5

Enter second point: x 2, y 2 ↵

Введіть другу точку: (див. рис. 7.6.7).

При виборі об'єкта прицілом вказана точка є першою точкою. Можна розбити лінію, смугу чи дугу на дві частини чи відрізати від них один кінець. Коло перетворюється на дугу, при цьому стирається частина кола від першої точки до другої проти годинникової стрілки.

TRIM (ОБРИЗАТИ)

Команда TRIM дозволяє обрізати об'єкти рисунка по "кромці, що ріже" яка визначається одним чи декількома об'єктами.

Command: TRIM ↵

Select cutting edge(s)...

Виберіть кромки, що ріжуть...

Select objects: вибираємо прицілом кромки, що ріжуть — відрізки 1-2, 3-4.↵

Проводиться вибір об'єктів, які складуть "кромку, що ріже". Об'єктами можуть бути лінії, дуги, кола і полілінії. Інші примітиви ігноруються.

Select objects to trim: т.5 ↵

Вибрати об'єкт, який потрібно обрізати: Вказати т.5 (ту частину об'єкта, що підлягає обрізанню (рис. 7.6.8, а).

Після визначення об'єкта відбувається його видалення (рис. 7.6.8, б) і команда знову готова до роботи на запит:

Select objects to trim:

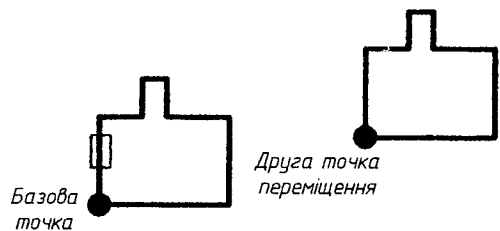


Рис. 7.6.6

MIRROR (ДЗЕРКАЛО)

Команда MIRROR дозволяє дзеркально відобразити обрані елементи щодо заданої лінії. Вихідні елементи можуть зникати чи залишатися на колишньому місці (дзеркальне копіювання).

Command: MIRROR ↵

Select objects: W ↵

Виберіть об'єкти: вікно (див. рис. 7.6.9).

First point of mirror line: x 1, y 1 ↵

Перша точка лінії відбиття:

Second point: x 2, y 2 ↵

Друга точка:

Delete old objects?: <N> ↵

Видалити старі об'єкти?: <НІ >

Вісь симетрії може розташовуватися під будь-яким кутом. Для збереження вихідного зображення об'єктів слід відповісти "N", для видалення "Y".

На базі графічної системи AutoCAD розроблено графічну систему Компас (Росія) у версії двовимірного (Компаса 2D) та трьохвимірного формування креслень (Компас 3D). Ці версії повністю адаптовані до вітчизняних стандартів на розробку та оформлення креслень.

Загальна характеристика графічної системи Компас LT (2D)

Креслярсько-конструкторський редактор КОМПАС-ГРАФІК орієнто-

ваний на швидке і зручне виконання креслень згідно зі стандартами ЄСКД.

КОМПАС-ГРАФІК 5.X розроблено спеціально для операційної системи MS Windows і він повною мірою використовує всі її можливості і переваги. Керування системою виконується за допомогою рядка спадного меню, інструментальних панелей та контекстних меню. Для зручності можна використовувати локальні системи координат, сітку, об'єктні прив'язки, а також вимірювання будь-яких геометричних параметрів на кресленні. Версія КОМПАС-ГРАФІК 5.11 LT, що використовується в навчальному процесі і створена з ознайомлювальною та навчальною метою, за функціями побудови і редагування креслення, виведенням його на друк повністю збігається з професійною версією КОМПАС-ГРАФІК 5.11, хоча і має ряд обмежень.

Система КОМПАС-ГРАФІК забезпечує:

1) введення геометричної інформації з екрана графічного дисплея персонального комп'ютера з використанням клавіатури та мишки;

2) введення елементарних графічних об'єктів: відрізків, кіл, дуг, тексту та ін.;

3) виконання допоміжних побудов (дотичних, паралельних, перпендикулярних ліній тощо);

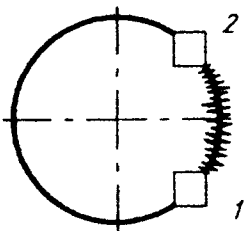


Рис. 7.6.7

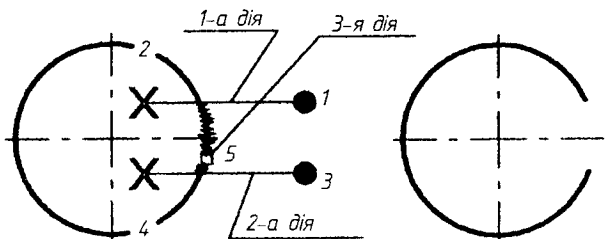


Рис. 7.6.8

4) простоту та мінімум дій під час побудови складених креслярських елементів та елементів оформлення креслення (розмірів, штрихувань, таблиць, знаків шорсткості та ін.);

5) напівавтоматичне заповнення граф основного напису;

6) редагування креслення за допомогою повороту, зсуву, масштабування, видалення та копіювання частини зображення;

7) збільшення або зменшення масштабу зображення на екрані;

8) виведення креслення на плоттер або принтер.

1. Початок та завершення роботи із КОМПАС-ГРАФІК

Для початку роботи в системі досить клацнути мишкою на її піктограмі на робочому столі Windows.



Компас-3D
LT 5.11

Для початку роботи з новим кресленням необхідно клацнути мишкою на піктограмі із зображенням формату з основним написом "Новий лист":



У тому разі, якщо необхідно продовжити роботу з кресленням, що вже

існує або створене на попередніх сеансах роботи, потрібно клацнути мишкою на піктограмі "Відкрити документ" та в діалоговому вікні, що відкрилося, вибрати документ, необхідний для подальшої роботи:



Після завершення роботи з документом (кресленням) його необхідно зберегти в своїй папці і присвоїти йому ім'я для подальшої роботи з ним.

Для завершення сеансу роботи з редактором КОМПАС-ГРАФІК досить клацнути мишкою на піктограмі "Закрити" в правому верхньому куті вікна документа, а потім — вікна системи:



2. Вікно документа

Вікно документа зазвичай займає основну частину програмного вікна КОМПАС-ГРАФІК LT. Тут розміщене зображення відкритого креслення.

Заголовок програмного вікна розташовано у верхній частині вікна. У ньому відображено важливу інформацію: назву і номер версії програми, тип відкритого документа (або фрагмента), повний шлях папок, що визначають його положення на жорсткому диску, та ім'я документа.

Рядок меню розташовано у верхній частині програмного вікна одразу під заголовком.

Панель керування розташована у верхній частині вікна системи одразу під рядком меню. На цій панелі розташовані кнопки, що дають можливість звернутись до найчастіше використовуваних у роботі з КОМПАС-ГРАФІК LT команд.

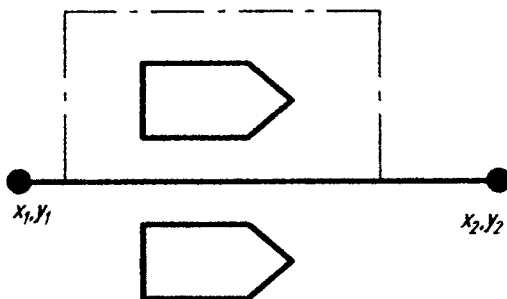


Рис. 7.6.9

Рядок повідомлень розташований у самому низу програмного вікна КОМПАС-ГРАФІК LT. У ньому відображено різні повідомлення та запити системи.

Потрібно уважно стежити за його станом. Це допоможе правильно реагувати на запити та повідомлення системи та уникнути помилок при виконанні побудов, особливо на початку.

Рядок поточного стану розташований у нижній частині вікна КОМПАС-ГРАФІК LT одразу над рядком повідомлень. У цьому рядку відображено параметри поточного документа — вид (якщо документ є аркушем креслення), шар, масштаб відображення у вікні та ряд інших параметрів.

Інструментальна панель розташована в лівій частині вікна системи. Панель складається із п'яти окремих сторінок, кожна з яких містить набір кнопок, згрупованих за функціональною ознакою.

3. Робота з видом

У системі КОМПАС-ГРАФІК видом називають будь-яке ізольоване зображення на кресленні, а не окрему проекцію деталі в строго геометричному розумінні. Креслення може складатись із одного або кількох видів (за бажанням користувача).

Використання шарів в системі КОМПАС-ГРАФІК

Для ефективного розроблення складних креслень з великим обсягом інформації в системі КОМПАС-ГРАФІК передбачене використання шарів. Кількість шарів може бути до 255, але всі шари належать лише до одного виду.

4. Допомога в роботі

При виникненні ускладнень під час роботи з системою КОМПАС-ГРАФІК можна швидко отримати необхідну довідку. Для цього існує довідкова система, що містить інформацію про команди, клавіатурні комбінації, типові послідовності виконання різних операцій та ін. Для отримання необхідної інформації можна скористатись одним із способів:

- натисканням клавіші F1 для отримання підказки для поточної операції;
- з меню “Довідка” шляхом вибору відповідного розділу або терміну;
- кнопкою “Довідка” на панелі керування для отримання підказки по об'єктах робочого екрана.

Крім цього, швидко отримати коротку інформацію про будь-яку кнопку можна за допомогою ярликів-підказок, що з'являються при підведенні і затриманні курсору на потрібній кнопці.

7.7. ФОРМУВАННЯ КРЕСЛЕНЬ У ГРАФІЧНІЙ СИСТЕМІ КОМПАС LT (2D)

Формування креслень складається із наступних етапів:

- побудова зображень (видів, розрізів та перерізів);
- нанесення розмірних ланцюгів;
- нанесення спеціальних знаків умовних позначень;

- оформлення основного напису.

Розглянемо приклади формування типових деталей в середовищі графічного редактора КОМПАС-ГРАФІК.

1. Алгоритм побудови креслення деталі типу тіла обертання (див. рис. 7.7.1)

КІГ КГ 06.02.23.001

Перф. поштов.

Сторон. №

КОМПАС 5 (с/1996-2002 АО АСКОН, Россия. Все права защищены.
 Взам. инв. №, № инв. № дубл. Подп. и дата

КІГ КГ 06.02.23.001

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.				4		1:1
Проб.						
Т.контр.				1	1	1
И.контр.						
Упр.						

Штуцер

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

КОМПАС-3D LT 5.11 (некоммерческая версия) Копировал

Формат А4

Рис. 7.7.1

1. Визначення координат базових точок зображень деталі (штуцера)

№ точки	Координати	
1	-5	0
2	47	0
3	0	0
4	0	12
5	20	12
6	22	12
7	22	14
8	29	14
9	29	12
10	31	12
11	42	12
12	42	0
13	21	12
14	30	12
15	18	0

№ точки	Координати	
16	18	6
17	42	6
18	0	8
19	18	7
20	0	10,2
21	20	10,2
22	20	-12
23	20	-10,2
24	10	12
25	21	7
26	32	5
27	26	-8
28	10	10
29	0	0
30	-7	0

2. Побудова зображень

Вид 1

- Відрізок, осьова, т. 1-2.
- Контур, основна, т. 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12.
- Фаска, $\alpha = 45$, $L = 2$, (3-4)-(4-5).
- Коло $R = 1$ з центром в т. 13, 14.
- Видаляємо зайві дуги, відрізки.
- Прямокутник, основна, т. 15-17.
- Відрізок, тонка, т. 15-17, т. 16-12.
- Контур, основна, т. 18-19-16.
- Відрізок, тонка, т. 20-21.
- Симетрія, вісь (1-2).
- Відрізок, основна, т. 22-23.
- Крива Без'є, лінія обриву, т. 24-25-26-12.
- Видаляємо зайві відрізки.
- Кутова прив'язка, вертикальні відрізки з точок 5,6,9,10 до перетину з кривою 24-12.
- Штриховка т. 27-28.

Вид 2

- Коло, основна, осі, ц. = т. 29, $R = 14$.
- Коло, основна, ц. = т. 29, $R = 12$.
- Дуга, тонка, ц. = т. 29, $R = 10,2$, $\alpha_1 = 100$, $\alpha_2 = 15$.
- Коло, основна, ц. = т. 29, $R = 8$.
- Коло, основна, ц. = т. 29, $R = 7$.
- Багатокутник, $N = 6$, $R_{опис} = 7$ ц. = т. 29, з вершиною в т. 30.

На рис. 7.7.2 наведено приклад оформлення креслення штуцера.

2. Алгоритм побудови креслення деталі із стандартизованими елементами (див. рис. 7.7.3)

1. Визначення координат базових точок зображень деталі (зубчастого колеса)

№ точки	Координати	
1	-5	0
2	50	0
3	0	0
4	0	56
5	36	56
6	36	30
7	45	30
8	45	0
9	-5	52
10	41	52
11	3	35,5
12	33	35,5
13	0	47
14	36	47
15	0	40
16	9	40
17	9	30

№ точки	Координати	
18	0	30
19	27	40
20	36	40
21	27	30
22	9	32,7
23	27	38,3
24	0	22
25	45	22
26	20	40
27	20	25
28	20	-25
29	20	-40
30	0	0
31	-5	22
32	5	22
33	0	-18

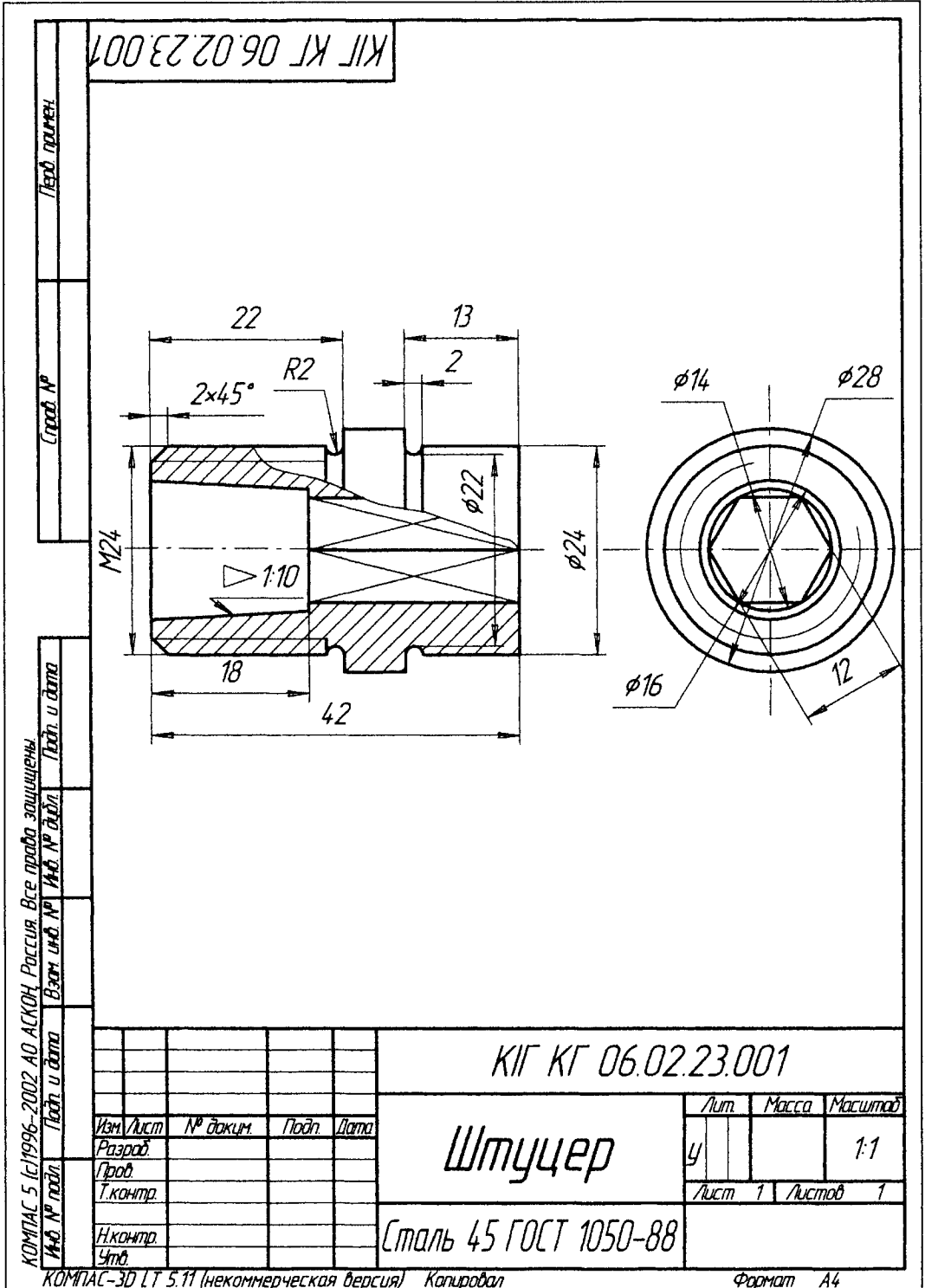


Рис. 7.7.2

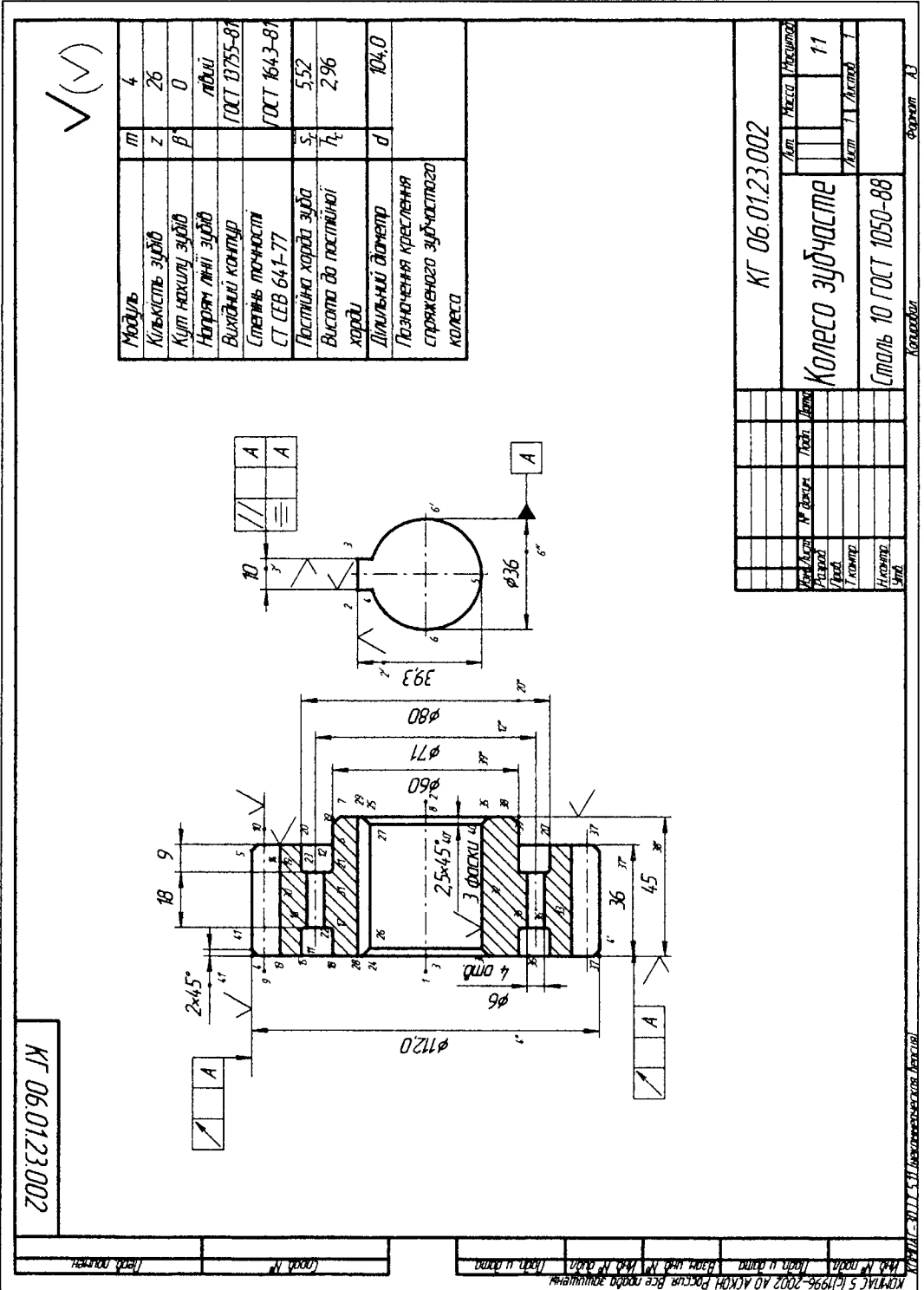


Рис. 7.7.3

2. Побудова зображення

Вид 1

- 2.1. Відрізок, осьова, т. 1–2.
- 2.2. Контур, основна, т. 3–4–5–6–7–8.
- 2.3. Фаска $\alpha = 45$, $L = 2$ (3–4)–(4–5), (4–5)–(5–6).
- 2.4. Фаска $\alpha = 45$, $L = 2,5$ (6–7)–(7–8).
- 2.5. Відрізок, осьова, т. 9–10, т. 11–12.
- 2.6. Відрізок, основна, т. 13–14.
- 2.7. Контур, основна, т. 15–16–17–18, т. 20–19–21–6.
- 2.8. Скруглення, $R = 1$ (15–16)–(16–17), (18–17)–(17–16), (20–19)–(19–21), (19–21)–(21–6).
- 2.9. Прямокутник, основна, т. 22–23.
- 2.10. Симетрія відносно осі 1–2.
- 2.11. Відрізок, основна, т. 24–25, т. 34–35.
- 2.12. Видаляємо допоміжні горизонтальні прямі по виду 2.
- 2.13. Фаска $\alpha = 45$, $L = 2,5$, (18–24)–(24–25), (24–25)–(25–7), (3–34)–(34–35), (34–35)–(35–8).
- 2.14. Будуємо вертикальні відрізки з точок 26 і 27 до перетину з прямою 34–35.
- 2.15. Відрізок, основна, т. 28–29.
- 2.16. Штриховка, т. 30,31,32,33.

Вид 2

- 2.17. Коло, основна, осі, $R = 18$, ц. = т. 1.
- 2.18. Відрізок, основна т. 2–3.
- 2.19. Кутова прив'язка, вертикальні відрізки з точок 2, 3 до перетину з колом.
- 2.20. Видаляємо зайву дугу.
- 2.21. Допоміжні горизонтальні прямі по т. 4, 5.

3. Нанесення розмірів

- 3.1. Лінійний вертикальний розмір, діаметр вершин зубців d_a , т. 4–4'–4'', t×t: $\emptyset 112$.

- 3.2. Лінійний вертикальний розмір, діаметр технологічних отворів d_m , т. 6–36'–36'', t×t: $\emptyset 6$, 4 отв.
- 3.3. Лінійний горизонтальний розмір від загальної бази:
 - ширина вінця зубчастого колеса b , т. 37–37'–37'', t×t: 36;
 - довжина маточини l_m , т. 37–38'–38'', t×t: 45.
- 3.4. Лінійний вертикальний розмір, діаметр вершин зубців d_m , т. 39–39'–39'', t×t: $\emptyset 60$.
- 3.5. Лінійний вертикальний розмір, діаметр розташування технологічних отворів D_1 , т. 12–12'–12'', t×t: $\emptyset 71$.
- 3.6. Лінійний вертикальний розмір, внутрішній діаметр обіду D_0 , т. 20–20'–20', t×t: $\emptyset 80$.
- 3.7. Лінійний горизонтальний розмір фаски посадкового отвору c , т. 35–40–40', t×t: $2,5 \times 45$, 3 фаски.
- 3.8. Лінійний горизонтальний розмір фаски по торцях зубчастого колеса f , т. 4–41–41', t×t: 2×45 .
- 3.9. Лінійний горизонтальний розмір фаски, товщина диска зубчастого колеса k , т. 22–23–23', t×t: 18.
- 3.10. Лінійний горизонтальний розмір шпонкового паза в посадковому отворі колеса b_1 , т. 2–3–3', t×t: 10.
- 3.11. Лінійний вертикальний розмір $d_0 + t_2$, т. 5–2–2' t×t: 39,3.
- 3.12. Лінійний горизонтальний розмір, діаметр посадкового отвору d_0 , т. 6–6'–6'', t×t: $\emptyset 36$.

На рис. 7.7.4 наведено приклад оформлення креслення зубчастого колеса.

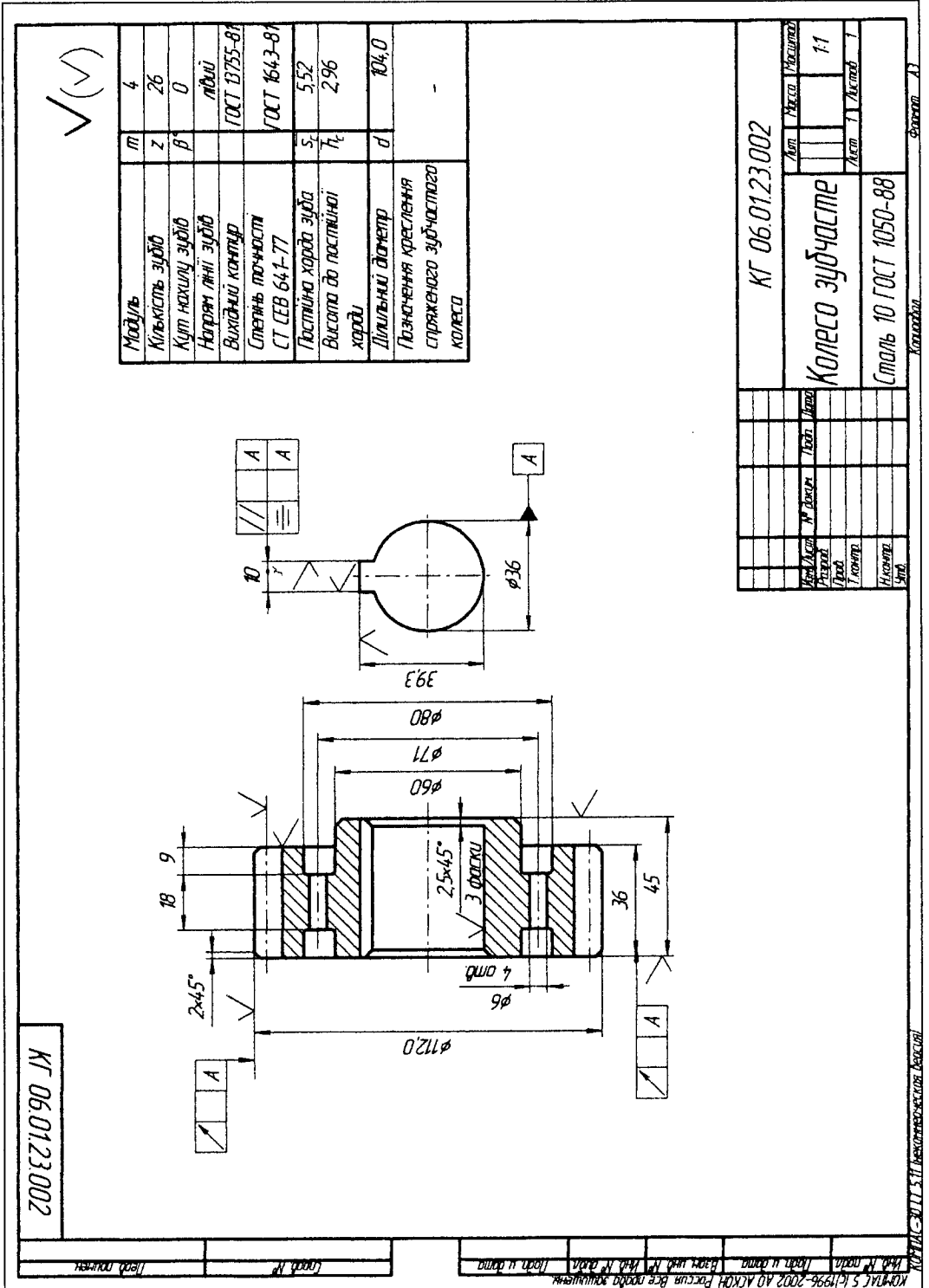


Рис. 7.7.4

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абревіатура (лат. abbrevio — скорочую) — складноскорочене слово, утворене з перших букв словосполучення (наприклад, ЕОМ — електронно-обчислювальна машина) або з його початкових слів.

Абрис — обрис предмета, нанесений за допомогою ліній.

Абсциса (лат. abscissa — відрізана) — координата точки по осі x у декартовій системі координат, що визначає її положення на площині або у просторі.

Аксонетрична проекція — паралельна проекція предмета з розташуванням його аксонетричних осей, яка дає наочне зображення предмета.

Аксонетрія (грец. axon — вісь і metro — вимірюю) — спосіб зображення предметів на площині, що полягає в паралельному проєціюванні на яку-небудь площину предмета разом з обраною системою координат.

Алгоритм (лат. algorithmus, що пов'язано з іменем узбецького вченого IX століття Аль-Хорезмі) — система правил, що визначає дії чи операції, на основі послідовного виконання яких відбувається розв'язання поставленого завдання.

Аналіз графічного складу зображення — визначення геометричних побудов, необхідних для побудови контуру зображення.

Аналогія (грец. analogia — відповідність) — подібність, схожість між предметами за певними ознаками.

Апліката (лат. applicatus — прикладений) — координата точки по осі z у декартовій системі координат, що визначає її положення у просторі.

Апроксимація (лат. appoximo — наближаюсь) — наближена заміна складних об'єктів іншими, більш простими (наприклад, заміна кривих ліній ламаними).

Арабські цифри — назва десяти математичних знаків 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, за допомогою яких у десятковій системі числення записуються будь-які числа.

Арка (лат. arcus — дуга, вигин) — криволінійне перекриття прорізів у стіні (вікон, воріт, дверей) чи прольотів між двома опорами (колонами, стояками мосту тощо).

Архітектура (лат. architecture — будівничий) — мистецтво створення (проекування й побудови) будинків, споруд та їхніх комплексів, а також художній характер будівлі.

Асиметрія (грец. asymmetria — невідповідність) — відсутність або порушення симетрії.

Багатогранник — геометричне тіло, з усіх боків обмежене плоскими багатокутниками — гранями.

Багатокутник — фігура, обмежена плоскою замкнутою ламаною лінією.

База (грец. basis — основа) — основа або опора будь-чого. У кресленні базою називають вихідну поверхню, лінію чи точку, котра визначає положення деталі у механізмі (конструктивна база) чи при обробці або вимірюванні (технологічна база).

Бісектриса (лат. bis — двічі і seco — розсікаю) — пряма, що проходить через вершину кута і ділить його навпіл.

Бал — поширена у машинах і механізмах деталь, що передає обертальні зусилля чи підтримує інші деталі, які обертаються на ньому чи разом з ним (зубчасті колеса, шківів, зірочки тощо).

Ватман (від прізвища власника англійської паперової фабрики Whatman) — цупкий папір найвищого гатунку для виконання креслень.

Вектор — (лат. vector — той, що несе) — відрізок прямої, що має певний напрямок (направлений відрізок), який вказує стрілка на його кінці.

Величина — узагальнене поняття таких конкретних понять (довжини, площі, об'єму, ваги), які можна виразити додатним відношенням однорідних їм величин, обраних за одиницю вимірювання.

Вертикальний розріз — розріз, виконаний січними площинами, перпендикулярними до горизонтальної площини проєкцій.

Взаємозамінність — здатність однойменних і однотипних деталей займати своє місце у виробі при його складанні або під час ремонту без їх додаткової обробки, припасування чи регулювання.

Вигляд — зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета.

Вигляд головний — зображення предмета на фронтальній площині проєкцій, яке дає найбільш повне уявлення про його форму і розміри, відносно якого розташовують інші основні види.

Вигляд додатковий — зображення предмета або його частини, утворене на площині, яка не паралельна основним площинам проєкцій.

Вигляд місцевий — зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета.

Вигляд основний — вид, утворений на одній з основних площин проєкцій (горизонтальній, фронтальній чи профільній). Вид, одержаний на фронтальній площині проєкцій — вид спереду (головний вигляд). Вид, одержаний на горизонтальній площині проєкцій — вид зверху. Вид, одержаний на профільній площині проєкцій — вид зліва.

Видимість на кресленні — прийнята умовність зображення на кресленні видимих і невидимих контурів предметів. Проявом цієї умовності є зображення видимих контурів суцільною товстою основною лінією, а невидимих — штриховою.

Виконавчий розмір — розмір, необхідний для виготовлення виробу.

Вимірювання — знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою призначених для цього вимірювальних засобів.

Вимірювання розміру — знаходження числового значення лінійної або кутової величини за допомогою вимірювального засобу.

Винесений елемент — додаткове окреме, звичайно збільшене, зображення частини предмета для з'ясування його форми, розмірів, шорсткості поверхні та інших даних.

Винесений переріз — переріз розташований на кресленні поза контуром вигляду предмета чи в розриві між частинами вигляду згідно з напрямом стрілок біля лінії перерізу.

Винесна лінія — лінія, яка обмежує вимірювану частину предмета, зображеного на кресленні.

Виріб — одиниця промислової продукції, кількість якої обчислюють у штуках (примірниках) (ДСТУ 2391).

Відрізок — частина прямої, обмежена з обох кінців (позначають великими буквами, поставленими біля його кінців, наприклад АВ).

Вісь обертання — нерухома пряма лінія, навколо якої обертається твірна поверхня обертання.

Вісь проєкцій — лінія перетину двох взаємно перпендикулярних площин проєкцій.

Габаритний розмір — виконавчий чи довідковий розмір, який визначає граничні зовнішні (чи внутрішні) обриси виробу.

Геометрична побудова — сукупність графічних дій, спрямованих на утворення елемента контуру зображення на кресленні.

Геометричне тіло — замкнута частина простору, обмежена плоскими або іншими поверхнями чи їх поєднанням.

Геометрія — (грец. geometria — вимірювання землі) — розділ математики, що вивчає просторові відношення і форми реального світу.

Геометрія нарисна — наука, що пояснює і обґрунтовує способи побудови зображень просторових форм на площині і розв'язування на ній просторових задач.

Горизонтальний розріз — розріз, виконаний січними площинами, паралельними до горизонтальної площини проєкцій.

Готовальня — набір креслярських інструментів, зібраних у спеціальному футлярі.

Грань багатогранника — плоский багатокутник, що є частиною поверхні багатогранника і обмежений його ребрами.

Графік (грец. graphikos — зображений) — графічне зображення кількісної залежності якого-небудь явища чи процесу.

Графіка (грец. grapho — пишу, креслю, малюю) — вид образотворчого мистецтва, основним зображувальним засобом якого є рисунок, виконаний на папері олівцем штрихами і лініями без застосування фарб.

Графічний (грец. graphikos — зображений) — накреслений, поданий у вигляді креслення чи рисунка.

Графічний (конструкторський) документ — конструкторський документ, який являє собою переважно графічне зображення виробу та (чи) його складових частин, будови та принципу роботи, внутрішніх і зовнішніх зв'язків його функціональних частин.

Декартова система координат — прямокутна система координат, призначена для визначення положення точки на площині (система двох координат) або у просторі (система трьох координат), у якій масштаби по всіх осях однакові.

Деталювання — процес розробки і виконання креслень деталей за кресленням складальної одиниці.

Деталь — виріб, виготовлений із матеріалу однієї марки без застосування складальних операцій.

Диметрія — аксонометрична проекція з коефіцієнтами спотворення, однаковими по двох осях.

Діагональ (грец. diagonios — проведений від кута до кута) — відрізок прямої, що сполучає дві несуміжні вершини багатокутника.

Діаметр (грец. diametros — поперечник кола) — найбільша з відстаней між двома точками кола. Вимірюється відрізком пря-

мої, який з'єднує ці точки і проходить через центр кола.

Довідковий розмір — розмір, який не потребує виконання за даним кресленням і який подають для зручності користування кресленням.

Дотична — пряма, що має із замкненою кривою лише одну спільну точку.

Дотична до кола — пряма, що проходить через точку кола перпендикулярно до радіуса, проведеного в цю точку.

Дублікат — конструкторський документ, ідентичний із правдником. Виконується на будь-якому матеріалі, придатний для виготовлення з нього копій, і засвідчений підписом особи, яка відповідає за випуск документа.

Дюйм (голл. duim — великий палець) — одиниця довжини в англійській і американській системах мір. Один дюйм дорівнює 25,4 мм.

Електромонтажне креслення — креслення, яке містить дані, необхідні для виконання електричного монтажу виробу.

Елемент деталі — частина деталі певної форми та конструкції, призначена для виконання певної функції. До найпоширеніших елементів деталей належать фаски, канавки, проточки, пази, буртики, плоскі грані, рифлення тощо.

Елемент схеми — функціональна складова частина схеми, яка позначає частину виробу і може бути розподілена на частини самостійного функціонального призначення.

Еліпс (грец. elleipsis — нестача) — плоска замкнута крива у вигляді овала.

Ескіз — графічний документ тимчасового користування, виконаний від руки без використання креслярських інструментів, в окомірному масштабі зі збереженням приблизної пропорційності елементів зображуваного предмета і дотриманням правил виконання і оформлення креслень.

Ескізний конструкторський документ — креслення, виконане без дотримання масштабу і призначене для разового використання.

Загальна схема — схема, яка показує складові частини комплексу і з'єднання їх між собою на місці експлуатації.

Зазор — додатна різниця між двома спряженими поверхнями деталей, що забезпечує можливість їх відносного переміщення у з'єднанні.

Заокруглення — плавний перехід по дузі кола від одного елемента контура зображення до іншого.

З'єднання деталей — декілька деталей, скріплених між собою певним способом з метою утворення деякої частини виробу.

З'єднання нерознімне — з'єднання деталей, що не передбачає можливості їх розбирання, тобто їх не можна розібрати без пошкодження або руйнування самих деталей чи елементів, що їх скріплюють.

З'єднання рознімне — з'єднання деталей, повторне складання і розбирання яких можливе без пошкодження чи руйнування самих деталей і елементів, що їх скріплюють.

Зображення головне — зображення предмета, утворене на фронтальній площині проєкцій.

Зображення наочне — зображення, призначене давати цілісне просторове уявлення про об'ємний предмет.

Зображення предмета — відтворення предмета на площині креслення.

Зовнішній обрис (предмета) — складова частина схеми, яка являє собою спрощене зображення зовнішнього вигляду предмета в ортогональній чи аксонометричній проєкції, необхідне для одержання уявлення про його зовнішню форму.

Ізометрія — аксонометрична проєкція з коефіцієнтами спотворення, однаковими по всіх трьох осях.

Квадрат — прямокутник, у якого всі сторони рівні.

Коефіцієнт спотворення — відношення довжини проєкції відрізка до справжньої довжини цього відрізка.

Кола концентричні — кола різних радіусів, що проведені з одного центра.

Коло — плоска замкнута крива, всі точки якої однаково віддалені від її центра.

Компоновка креслення — раціональне розміщення зображень на полі креслення для якнайповнішого і рівномірного використання його площі.

Компонувати — утворювати з окремих частин певне поєднання.

Конструкторська документація — сукупність конструкторських документів, які містять дані, необхідні для розроблення, виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації виробу, в тому числі і ремонту.

Конструкторський документ — документ, який окремо чи разом з іншими документами визначає склад і будову виробу та містить необхідні дані для розроблення, виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації і ремонту виробу.

Конструкція (лат. constructio — побудова, складання) — побудова, розміщення частин виробу, його склад.

Конструювання — створення конструкції виробу відповідно до проекту або розрахунків.

Контур (франц. contour — обрис) — обрис якого-небудь предмета, лінія, яка окреслює форму.

Контур зображення — сукупність геометричних елементів, що окреслюють певне зображення на кресленні.

Конус круговий — геометричне тіло, обмежене замкнутою конічною поверхнею і круглою основою, яка перетинає всі її твірні.

Конусність — відношення діаметра кола основи прямого конуса до його висоти, а для зрізаного конуса — відношення різниці діаметрів кіл основ до висоти (відстані між центрами цих основ).

Конфігурація (лат. configuratio — надання форми, розміщення) — зовнішній вигляд, обрис, а також взаємне розміщення яких-небудь предметів або їх частин.

Координата (лат. co — разом і ordinatus — упорядкований, визначений) —

число, яким визначають положення точки на прямій, площині, у просторі.

Копія — точне відтворення якого-небудь документа чи зображення (графічного, текстового тощо).

Косинець — креслярський інструмент у вигляді плоского прямокутного трикутника для проведення ліній і побудови кутів на кресленні.

Креслення — графічний документ, який визначає конструкцію виробу та містить необхідні дані для розроблення, виготовлення, контролю, монтажу, експлуатації та ремонту виробу.

Креслення деталі — графічний документ, що містить зображення деталі та інші дані, необхідні для її виготовлення і контролю.

Креслення загального виду — креслення, яке визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи виробу.

Креслення складальне — графічний документ, що містить зображення складальної одиниці та інші дані, потрібні для її складання (виготовлення) і контролю.

Креслярське приладдя — інструменти і пристрої для виконання креслярсько-графічних робіт.

Круг — частина площини, яка обмежена колом і містить його центр.

Куб — правильний багатогранник, верхню якого утворюють шість квадратів.

Кут двогранний — фігура, утворена двома півплощинами (гранями), які виходять із спільної прямої (ребра).

Кут плоский — фігура, утворена двома променями (сторонами), що виходять з однієї точки (вершини).

Кутовий розмір — розмір виробу, поданий у кутових одиницях виміру.

Ламаний розріз — складний розріз, виконаний за допомогою січних площин, що перетинаються.

Лекало — креслярський інструмент у вигляді фігурної лінійки для проведення або перевірки на кресленнях кривих ліній.

Лінії побудови — лінії, якими попередньо виконують графічні побудови зображень на кресленнях.

Лінійка — креслярський інструмент, за допомогою якого проводять лінії на площині і виконують лінійні вимірювання.

Лінійний розмір — розмір виробу, поданий у лінійних одиницях виміру.

Лінія (лат. *linea* — лляна нитка) — множина всіх послідовних положень точки, що рухається. За визначенням Евкліда, “лінія — це довжина без ширини”.

Лінія видимого [невидимого] контуру — лінія контуру видимих [невидимих] поверхонь предмета.

Лінія контуру — лінія обрису на кресленні предмета, його поверхонь, розрізу чи перерізу.

Лінія крива — лінія, що утворюється, коли рухома точка весь час змінює напрямку руху.

Лінія ламана — лінія, утворена різнонаправленими відрізками прямої, які не перетинаються між собою.

Лінія лекальна — лінія змінної кривизни, яку проводять за допомогою лекала.

Лінія обриву — лінія, яка обмежує частину зображення предмета на кресленні й використовується переважно для спрощення зображення предметів незмінної форми перерізу і великої протяжності.

Лінія перерізу — лінія, яка визначає напрямок січної площини, яка уявно розтинає предмет, зображений на кресленні.

Лінія переходу — лінія перетину поверхонь предмета.

Лінія плоска — лінія, у якій всі точки належать одній площині.

Лінія проєкційного зв'язку — лінія, що сполучає проєкції точки на виглядах креслення.

Лінія пряма — лінія, що утворюється, коли рухома точка має незмінний напрямковий руху.

Макет — об'ємний засіб навчання, який відображає тільки зовнішній вигляд

натуральних об'єктів, не пояснюючи їх внутрішнього змісту.

Масштаб — відношення розмірів на кресленні до дійсних розмірів зображеного на ньому предмета.

Масштаб зменшення [збільшення] — масштаб зображення, значення якого менше [більше] ніж одиниця.

Масштаб зображення — відношення розмірів об'єкта, зображеного на кресленні, до дійсних значень.

Місцевий вигляд — зображення окремо обмеженої ділянки поверхні предмета.

Місцевий розріз — розріз, призначений для з'ясування будови предмета в окремому обмеженому місці.

Накладений переріз — переріз, розташований безпосередньо на вигляді предмета, уздовж сліду січної площини.

Нанесення розмірів — проведення вихідних і розмірних ліній і постановка розмірних чисел відповідно до існуючих вимог і правил.

Наочність — особливість графічного зображення, що дає можливість полегшувати уявлення про зображений предмет.

Номинальний розмір — розмір, відносно якого визначають граничні розміри, і який служить початком відліку відхилень.

Об'єкт — фрагмент реальності, на який спрямована активність пов'язаного з ним суб'єкта.

Обрис поверхні — зовнішній контур поверхні на її проекції.

Овал — опукла геометрична фігура, обмежена попарно спряженими дугами кіл, центри яких знаходяться всередині фігури.

Олівець — графітний стержень у спеціальній оправі для проведення ліній і нанесення написів.

Ордината (лат. *ordinatus* — упорядкований) — координата точки по осі *y* в декартовій системі координат, що визначає її положення на площині або у просторі.

Оригінал — конструкторський документ, виконаний на будь-якому матеріалі і

призначений для виготовлення з нього правдника конструкторського документа.

Ортогональна проекція — паралельна проекція предмета чи його частини на площині, перпендикулярній до напрямку проєкційних променів, що являє собою суміщену з кресленням одну з граней пустотілого куба, всередині якого уявно розміщено предмет.

Основний вигляд — вигляд предмета, що є результатом суміщення його зображення на одній з граней пустотілого куба, всередині якого уявно розташовано предмет, із площиною креслення.

Основний конструкторський документ — конструкторський документ, який окремо чи в сукупності з іншими зазначеними в ньому конструкторськими документами повністю й однозначно визначає певний виріб та його склад. Основним конструкторським документом для складальних одиниць, комплексів та комплектів є специфікація, а для деталей — креслення деталі.

Основний напис — 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.

Основний формат — формат конструкторського документа, якому віддають перевагу, розміри сторін якого 1189 мм × 841 мм, або одержані послідовним поділом його на дві рівні частини паралельно до меншої сторони до формату 297 мм × 210 мм, включно.

Осьова лінія — лінія, яка є віссю симетрії зображеного на кресленні предмета чи його поверхні.

Папір креслярський — папір, призначений для виконання креслярських робіт.

Паралелепіпед — призма, основою якої є паралелограм (наприклад квадрат, ромб або прямокутник).

Прямокутна ізометрична проекція — прямокутна аксонометрична проекція предмета без спотворення чи з однаковим спотворенням його розмірів на аксонометричних осях X , Y , Z .

Прямокутник — паралелограм, у якого всі кути прямі.

П'ятикутник — п'ятикутний фігура, обмежена замкнутою ламаною лінією з п'яти відрізків прямої.

Рамка креслення — розміщення певних відрізків від країв аркуша прямокутник, який обмежує місце виконання креслення.

Рейсина (нім. *Reisen*) — креслити і креслення спеціальна креслярська лінійка для виконання геометричних побудов, яка забезпечує високу точність проведіння паралельних ліній.

Рисунок технічний — наочне (аксонометричне) зображення предмета, виконане від руки, з додержанням його пропорцій в розмірах на око.

Різба — утворені на зовнішній чи внутрішній поверхні деталі однакові за формою і розмірами гвинтові виступи і канавки.

Розортка багатогранника — сукупність багатокутників, що утворюють його грані, розміщені із однією площиною.

Розортка поверхні — площка фігура, що утворюється, розрізанням поверхні тіла вздовж якоїсь лінії і суміщенням її з площиною.

Розмір — кількісний вираз лінійної або кутової величини.

Розмір прифту — розмір, який визначається висотою великих літер прифту в міліметрах.

Розміри на кресленні — числові дані в певній системі одиниць, що характеризують лінійні та кутові величини зображеного виробу і його елементів і не залежать від масштабу і точності виконання креслення.

Розмірна лінія — лінія для позначення розміру зображеного на кресленні предмету та чи його частини.

Принципова схема — схема, яка визначає повний склад елементів і зв'язків між ними і, як правило, дає детальне уявлення про принцип роботи виробу чи устави.

Проекція — зображення просторової форми, яке дістали проєкціонування її на будь-яку поверхню.

Проекція аксонометрична — наочне зображення, утворене на основі паралельного проєкціонування предмета разом з обраною системою координат на яку-небудь площину.

Проекція прямокутна — проекція предмета на площину, утворена прямокутним проєкціонуванням.

Проекціонування — процес утворення зображення просторової форми на будь-якій поверхні за допомогою світлових чи уявних зорових (проєкціонних) променів.

Проекціонування паралельне — спосіб проєкціонування, при якому всі проєкціючі промені паралельні між собою і одночасно паралельні певному напрямку проєкціонування.

Проекціонування прямокутне — вид паралельного проєкціонування, при якому напрямку проєкціонування перпендикулярний до площини проекції.

Проекціонування центральне — спосіб проєкціонування, при якому всі проєкціючі промені виходять з однієї точки — центра проєкціонування.

Промінь проєкціонуючий — уявний промінь, проведений через об'єкт проекції до вання у напрямку площини проекції до перетину з нею.

Проеції позріз — позріз, виконаний однією січною площиною.

Профільний позріз — вертикальний розріз, виконаний січними площинами, паралельними до профільної площини проекції.

Прямокутна диметрична проекція — прямокутна аксонометрична проекція предмета без спотворення чи з однаковим спотворенням його розмірів на аксонометричних осях X і Z відповідно зменшеними в двічі розмірами на осі Y .

Принципова схема — схема, яка визначає повний склад елементів і зв'язків між ними і, як правило, дає детальне уявлення про принцип роботи виробу чи устави.

Проекція — зображення просторової форми, яке дістали проєкціюванням її на будь-яку поверхню.

Проекція аксонометрична — наочне зображення, утворене на основі паралельного проєкціювання предмета разом з обраною системою координат на яку-небудь площину.

Проекція прямокутна — проекція об'ємного предмета на площині, утворена прямокутним проєкціюванням.

Проекціювання — процес утворення зображення просторової форми на будь-якій поверхні за допомогою світлових чи уявних зорових (проєкціюючих) променів.

Проекціювання паралельне — спосіб проєкціювання, при якому всі проєкціюючі промені паралельні між собою і одночасно паралельні певному напрямку проєкціювання.

Проекціювання прямокутне — вид паралельного проєкціювання, при якому напрямок проєкціювання перпендикулярний до площини проєкцій.

Проекціювання центральне — спосіб проєкціювання, при якому всі проєкціюючі промені виходять з однієї точки — центра проєкціювання.

Промінь — частина прямої, обмежена з одного боку точкою (напівпряма).

Промінь проєкціюючий — уявний промінь, проведений через об'єкт проєкціювання у напрямку площини проєкцій до перетину з нею.

Простий розріз — розріз, виконаний однією січною площиною.

Профільний розріз — вертикальний розріз, виконаний січними площинами, паралельними до профільної площини проєкцій.

Прямокутна диметрична проекція — прямокутна аксонометрична проекція предмета без спотворення чи з однаковим спотворенням його розмірів на аксонометричних осях X і Z відповідно зменшеними вдвічі розмірами на осі Y .

Прямокутна ізометрична проекція — прямокутна аксонометрична проекція предмета без спотворення чи з однаковим спотворенням його розмірів на аксонометричних осях X , Y , Z .

Прямокутник — паралелограм, у якого всі кути прямі.

П'ятикутник — плоска фігура, обмежена замкнутою ламаною лінією з п'яти відрізків прямої.

Рамка креслення — розміщений на певній відстані від країв аркуша прямокутник, який обмежує місце виконання креслення.

Рейсшина (нім. *reisen* — креслити і *schiene* — рейка) — спеціальна креслярська лінійка для виконання геометричних побудов, яка забезпечує високу точність проведення паралельних ліній.

Рисунок технічний — наочне (аксонометричне) зображення предмета, виконане від руки, з додержанням його пропорцій в розмірах на око.

Різьба — утворені на зовнішній чи внутрішній поверхні деталі однакові за формою і розмірами гвинтові виступи і канавки.

Розгортка багатогранника — сукупність багатокутників, що утворюють його грані, суміщених із однією площиною.

Розгортка поверхні — плоска фігура, що утворюється, розрізанням поверхні тіла вздовж якоїсь лінії і суміщенням її з площиною.

Розмір — кількісний вираз лінійної або кутової величини.

Розмір шрифту — розмір, який визначається висотою великих літер шрифту в міліметрах.

Розміри на кресленні — числові дані в певній системі одиниць, що характеризують лінійні та кутові величини зображеного виробу і його елементів і не залежать від масштабу й точності виконання креслення.

Розмірна лінія — лінія для позначення розміру зображеного на кресленні предмета чи його частин.

Розмітка — нанесення на заготовку плоскої деталі контурів її зображення, осьових, центрових та інших ліній і знаків.

Розрив — умовний спосіб скорочення на кресленнях зображень довгих виробів.

Розріз — ортогональна проекція предмета, який уявно розсічено однією чи декількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь.

Ромб — паралелограм, у якого всі сторони рівні.

Сегмент (лат. segmentum — відрізок, смуга) — плоска фігура, обмежена дугою кривої та хордою, що стягує її кінці.

Сегмент круговий — частина круга, обмежена дугою його кола і хордою, що стягує цю дугу.

Сектор (лат. sector — той, що розсікає) — частина плоскої фігури, обмежена двома напівпрямими, що виходять із внутрішньої точки фігури, і дугою контура.

Сектор круговий — частина круга, обмежена двома його радіусами і дугою кола цього круга.

Символ (грец. symbolon — знак, прикмета, ознака) — умовне позначення будь-якого предмета, величини або явища (символи математичні, хімічні, логічні, графічні тощо).

Симетрія (грец. symmetria — співрозмірність) — властивість геометричних фігур, яка полягає у чіткій відповідності розміщення їх парних частин відносно деякої середньої (центральної) лінії.

Система конструкторської документації (СКД) — комплекс державних стандартів, який встановлює взаємопов'язані правила та положення щодо порядку розроблення, оформлення й обігу конструкторської документації.

Складальна одиниця — виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою складальними операціями на підприємстві-виробнику.

Складальне креслення — креслення, яке являє собою зображення складальної одиниці та інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю.

Складний розріз — розріз, виконаний декількома січними площинами.

Специфікація — текстовий конструкторський документ, який визначає склад специфікованого виробу та розробленої на нього конструкторської документації.

Спряження ліній — плавний перехід між двома лініями (між двома прямими, між прямою і дугою або між двома дугами) у вигляді дуги кола.

Стандарт (англ. standard — норма, зразок, мірило) — нормативно-технічний документ, який встановлює єдині обов'язкові вимоги до чогось (наприклад, вимоги до виконання та оформлення креслень).

Стереометрія — розділ елементарної геометрії, в якому вивчаються властивості просторових фігур.

Стрілка — гостре закінчення розмірної чи вказівної лінії на кресленні.

Структурна схема — схема, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення.

Ступінчастий розріз — складний розріз, виконаний декількома паралельними січними площинами.

Сфера — поверхня, всі точки якої рівновіддалені від однієї точки — центра сфери.

Схема (СКД) — графічний конструкторський документ, на якому умовно зображено чи позначено складові частини виробу і зв'язки між ними.

Схема розташування — схема, яка позначає відносне розташування складових частин виробу чи їх сукупності.

Схема технічна — графічний документ, на якому показано у вигляді умовних зображень і позначень складові частини виробу і зв'язки між ними.

Твірна — лінія, яка, переміщуючись у просторі, утворює поверхню.

Текстовий документ — конструкторський документ, який являє собою, суцільний чи поділений на графи текст.

Технічний рисунок — наочне (аксонометричне) зображення предметів,

побудоване від руки, без застосування креслярських інструментів, в окомірному масштабі.

Топографія — прикладний розділ геодезії, що вивчає методи зйомки місцевості з метою зображення її на плані.

Транспортир — креслярський інструмент, призначений для вимірювання і побудови кутів на кресленні.

Трапеція — чотирикутник, у якого дві протилежні сторони паралельні (основи), а дві інші — не паралельні (бічні сторони).

Трапеція рівнобічна — трапеція, у якої бічні сторони рівні.

Трафарет — пластинка з металу чи пластмаси, в якій прорізано фігури, букви, символи тощо, призначені для відтворення.

Трикутник — частина площини, обмежена трьома відрізками прямих (сторони трикутника), які попарно мають по одному спільному кінцю (вершини трикутника).

Трикутник гострокутний — трикутник, у якого всі кути гострі.

Трикутник прямокутний — трикутник, у якого один кут прямий.

Трикутник рівнобедрений — трикутник, у якого дві сторони рівні.

Трикутник рівносторонній — трикутник, у якого всі сторони рівні.

Трикутник тупокутний — трикутник, у якого один кут тупий.

Установчий розмір — виконавчий чи довідковий розмір, який визначає величину елементів, зв якими даний виріб установлюють в іншому виробі або на місці монтажу.

Фігура (лат. figura) — зовнішній обрис, вигляд, форма предмета.

Фігура геометрична — конкретно визначена сукупність точок, ліній або поверхонь (наприклад, трикутник, трапеція, піраміда тощо).

Фігура плоска — фігура, всі точки якої належать одній площині.

Формат — розміри зовнішньої рамки листа конструкторського документа.

Формат креслення — встановлені розміри аркуша креслярського паперу.

Фронтальний розріз — вертикальний розріз, виконаний січними площинами, паралельними до фронтальної площини проєкції.

Функціональна схема — схема, яка пояснює певні процеси, що відбуваються у виробі (установі) загалом чи в його окремих функціональних колах.

Хорда (грец. chorde — струна) — відрізок прямої, що сполучає дві довільні точки кривої лінії.

Центрова лінія — лінія, яка проходить через центр поверхні обертання предмета, зображеного на кресленні.

Циліндр (грец. cylindros — крутити) — геометричне тіло, обмежене замкнутою циліндричною поверхнею і двома паралельними круглими основами, відстань між якими є висотою циліндра.

Циліндр похилий — циліндр, у якого твірні не перпендикулярні до його основи.

Циліндр прямий — циліндр, у якого твірні перпендикулярні до його основи.

Циркуль коловий (лат. circulus — коло, круг) — креслярський інструмент для проведення кіл заданих розмірів.

Чотирикутник — плоска фігура, утворена замкнутою лінією, яка складається з чотирьох ланок.

Шаблон (нім. Schablone — взірць, зразок) — інструмент у вигляді плоскої пластини певної форми і розмірів (інколи з прорізами), призначений для проведення кривих ліній або деяких складних контурів на кресленнях.

Шестикутник — плоский багатокутник, який має шість сторін.

Шестикутник правильний — шестикутник, у якого всі сторони і кути рівні між собою.

Шрифт креслярський — упорядкована сукупність літер, цифр і знаків, призначених для виконання написів і позначень на всіх видах креслень і технічних документах.

Штриховка — умовне графічне позначення матеріалів на кресленні за допомогою ліній і штрихів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. ДСТУ 3321-96. Держстандарт України. — К. 1996. — 80 с.
2. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. — М., 1991. — 238 с.
3. В. М. Богданов, А. П. Верхола, Б. Д. Коваленко, В. Є. Михайленко, В. М. Нігора, Т. А. Ткачук. Інженерна графіка. Довідник / За ред. А. П. Верхоли. — К.: Техніка, 2001. — 268 с.
4. Верхола А. П., Коваленко Б. Д., Малезик И. Ф. и др. Справочное руководство по черчению. — М.: Машиностроение, 1989. — 864 с.
5. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна графіка / За ред. В. Є. Михайленка. — К.: Каравела, 3-тє вид., 2004. — 288 с.
6. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка / За ред. В. Є. Михайленка. — К.: Каравела, 3-тє вид., 2004. — 344 с.
7. Михайленко В. Є., Найдиш В. М., Підкоритов А. М., Скидан І. А. Інженерна та комп'ютерна графіка. — К.: Вища школа, 2-ге вид., 2002. — 344 с.
8. Михайленко В. Є., Найдиш В. М., Підкоритов А. М., Скидан І. А. Збірник задач з інженерної та комп'ютерної графіки. — К.: Вища школа, 2002. — 160 с.
9. Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації. — К.: Каравела, 3-тє вид., 2003. — 160 с.
10. Верхола А. П. Словник з креслення: Навч. посіб. — К.: Вища школа, 1994. — 204 с.
11. Методика викладання креслення в школі: Посібник для вчителя / А. П. Верхола, В. Я. Науменко, В. Г. Мазур, Е. В. Рафаловський / За ред. А. П. Верхоли. — К.: Рад. шк., 1989. — 128 с.
12. Верхола А. П. Графическая подготовка учащихся в школе. — К.: Рад. шк., 1985. — 128 с.
13. Верхола А. П. Читання креслень у школі: Навч.-метод. посіб. — К.: Рад. шк., 1987. — 120 с.
14. Верхола А. П. Лисянський В. М. Читання та деталювання складальних креслень. — К.: Рад. шк., 1974. — 88 с.
15. Верхола А. П. Оптимизация процесса обучения в вузе: Монография. — К.: Вища школа, 1979. — 176 с.
16. Верхола А. П. Аспекти оптимизации графической подготовки студентов в техническом вузе // Вестник СевГТУ. Педагогика. — Севастополь: Севастоп. гос. техн. ун-т, 2001. — с. 157-164.
17. Верхола А. П. Дидактические основы оптимизации процесса обучения дисциплинам ВУЗа. Современные проблемы дидактики высшей школы. — Донецк: ДонГУ, 1997. — с. 61-70.
18. Сидоренко В. К. Креслення. Підручн. для учнів загальноосв. навч.-виховн. закл. — К.: Арка, 2002. — 224 с.
19. Лазарєв М. І. Полісистемне моделювання змісту технологій навчання загальноінженерних дисциплін. Монографія. — Х.: НФаУ, 2003. — 356 с.
20. Атанов Г. О. Діяльнісний підхід у навчанні. — Донецьк: ЕАИ-прес, 2001. — 160 с.
21. Электротехнический справочник. Том. I. Общие вопросы. Электротехнические материалы. — Москва: Энергоатомиздат, 1985. — 488 с.

**Серія “Вища освіта в Україні”
Заснована в 1999 р.**

Навчальне видання

**Арнольд Павлович ВЕРХОЛА
Володимир Миколайович БОГДАНОВ
Борис Дмитрович КОВАЛЕНКО
Володимир Миколайович ШГОРА
Ростислав Арсентійович ТКАЧУК
Всеволод Євдокимович МИХАЙЛЕНКО**

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА: креслення, комп'ютерна графіка

Керівник видавничих проєктів Ю. В. Піча
Літературний редактор В. А. Корнієнко
Комп'ютерна верстка А. О. Гуменюк

Здано в набір 24.12.2004 р. Підписано до друку 01.04.2005 р.
Формат 70x100/16. Папір офсетний. Гарнітура Excelsior. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 25. І. Обл.-вид. арк. 24,4.
Тираж 625. Зам. № 6—128.

Видавництво «Каравела»
просп. Рокосовського, 8а, м. Київ, 04201, Україна.
Тел. (044) 592-39-36. E-mail: caravela@ukr.net.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи:
ДК № 2035 від 16.12.2004 р.

Виготовлено в ЗАТ «Київська книжкова фабрика»,
03151, Київ, вул. Ушинського, 40.
Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів
видавничої справи: серія ДК № 787 від 28.01.2002 р.

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА: креслення, комп'ютерна графіка

У відповідності із чинними стандартами України викладено основні нормативні вимоги та правила виконання різноманітних креслень.

Характерною відмінністю змісту та структури запропонованого навчального посібника від аналогічних видань є орієнтація його на студентів, у яких практично відсутня довузівська графічна підготовка. У ньому, крім необхідної загальноприйнятої інформації, деталізовано дані щодо оформлення креслень, виконання численних геометричних побудов, ескізів деталей та креслень інших виробів тощо. Окремим розділом у розширеному вигляді представлено стандартні положення та правила виконання креслень схем, які найчастіше використовуються у промисловості. Для полегшення адаптації студентів до специфіки графічних понять та термінів приведено значний за обсягом термінологічний словник.

Для студентів вищих закладів освіти та слухачів підготовчих відділень.

СТИСЛИЙ ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМИ

КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

РОЗДІЛ 2. ЗАСОБИ ТА ЕЛЕМЕНТИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОБУДОВ

У КРЕСЛЕННІ

РОЗДІЛ 3. ОФОРМЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА КРЕСЛЕННЯХ

РОЗДІЛ 4. РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ

РОЗДІЛ 5. КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТА СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

РОЗДІЛ 6. СХЕМИ

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА КРЕСЛЕНЬ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ

ГРАФІКИ

ISBN 966-8019-35-0



9 789667 827045 >

Вища освіта в Україні