

Вступ

Роль креслень у житті й сучасному виробництві неможливо переоцінити. Все або майже все, що створене людством: будівлі, в яких ми живемо, працюємо і проводимо дозвілля; засоби транспорту, на яких ми їздимо; одяг і взуття, які ми носимо; телевізор і радіо, з яких ми отримуємо інформацію, тощо – створювалося за кресленнями, розробленими раніше.

Креслення є основними конструкторськими документами. Окремо або у поєднанні з іншими графічними і текстовими документами вони визначають будову виробу і містять, як правило, всі дані, необхідні для розробки і виготовлення виробів, а також для їх контролю, приймання, експлуатації і ремонту.

Креслення є найважливішим засобом, що сприяє технічному прогресу. Тому знання основних правил креслення, вміння читати креслення і виконувати нескладні графічні роботи є неодмінними умовами високої загальної та технічної культури і необхідні кожній освіченій людині. І те, що студенти на уроках креслення протягом року, обов'язково стане у нагоді в майбутньому, а можливо, для когось стане підставою у цій професії, що вибрали.

Виконуються креслення за допомогою спеціальних креслярських інструментів за певними правилами. Для разового використання креслення можна використовувати від руки і «на око». Такі креслення називають ескізами, або ескізними.

Без застосування креслярських інструментів виконують і наочні зображення (аксонометричні), їх називають технічними рисунками. Залежно від змісту креслення поділяють на такі: креслення деталей, складальні креслення, креслення загального вигляду, монтажні креслення та ін. За кресленнями деталей виготовляють елементарні частини виробів – деталі; за складальними кресленнями збирають з них вироби; керуючись монтажними кресленнями, встановлюють (вмонтовують) вироби на робочих місцях.

У практиці застосовують також схеми – графічні документи, на яких складові частини виробів і зв'язки між ними показують за допомогою умовних зображень, або позначень.

Щоб креслення і схеми були зрозумілі всім, прийняті єдині правила їх виконання та оформлення. Ці правила встановлені державними стандартами «Єдина система конструкторської документації» (ЕСКД), Правила

обов'язкові для всіх підприємств, організацій та осіб. Порушення їх може призвести до браку продукції і аварій на виробництві.

Історичні відомості про розвиток графіки.

Перші відомості про креслення, що нагадують сучасні, відносяться до XV ст. Так, Леонардо да Вінчі(1452-1519 рр.) – великий італійський учений і художник – в технічних рисунках і ескізах розкривав свої ідеї у галузі техніки і будівництва.

Видатні пам'ятники культури, що дійшли до нас, свідчать про застосування креслень як будівельних документів. Так споруди, як старогрецький храм Луксор (XV-XIII ст. до н. е.), старогрецький храм Парфенон в Афінах (447-438 рр. до н. е.), амфітеатр Колізей у Римі (75-80 рр. н. е.) не могли бути побудовані без заздалегідь підготовлених проектів.

Значного розвитку будівельні креслення XVI ст. Відомий італійський архітектор Андреа Палладіо в 1570 р. опублікував розроблений ним трактат «Чотири книги про архітектуру».

На рис. 1 зображено креслення млина на річці Сель. Такого типу креслення-проекти були поширені у XVI-XVII ст.

Теоретичні основи методу прямокутного проєкціювання були розроблені в кінці XVIII ст. французьким ученим Гаспаром Монжем (метод Монжа), але практично прямокутними проєкціями користувалися задовго до цього.

У XVIII ст. з'являються перші машинобудівні креслення: універсального парового двигуна І. І. Ползунова (1753 р.); першого паровоза винахідників батька і сина Черепанових (1835-1839 рр.) (рис. 2); першого у світі літака, побудованого А. Ф. Можайським (1881 р.), тощо.

У XX-XXI ст. продовжують розвиватись усі види креслень і виникають нові-схематичні або, коротше, схеми: електричні, гідравлічні, пневматичні, кінематичні й комбіновані.

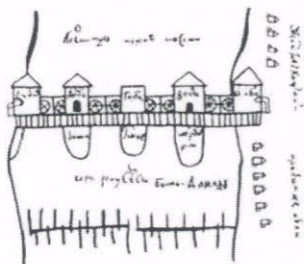


Рисунок 1 Креслення млина на річці Сель (XVII ст.)



Рисунок 2 Креслення першого паровоза Черепанових.

Оформлення креслень

1.1. Формати аркушів Масштаби креслень Лінії креслення

1.1. Формати аркушів

Форматом називається аркуш паперу певного розміру, на якому виконують креслення, або інший конструкторський документ.

Позначення та розміри сторін основних форматів, які відповідають ГОСТ 2.301-68, наведені нижче:

Позначення формату	Розміри сторін формату, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

Формат із розмірами сторін 841x1189 мм, площа якого дорівнює 1 м^2 , та інші формати, отримані послідовним поділом його на дві рівні частини паралельно меншій стороні відповідного формату, беруть за основні.

Кожний наступний основний формат утворюють поділом попереднього формату навпіл, паралельно меншій стороні формату (рис. 1.1). Можливе застосування формату A5 із розмірами сторін 148x210 мм.

Формати аркушів визначаються розмірами зовнішньої рамки, яку роблять тонкою лінією (рис. 1.2).

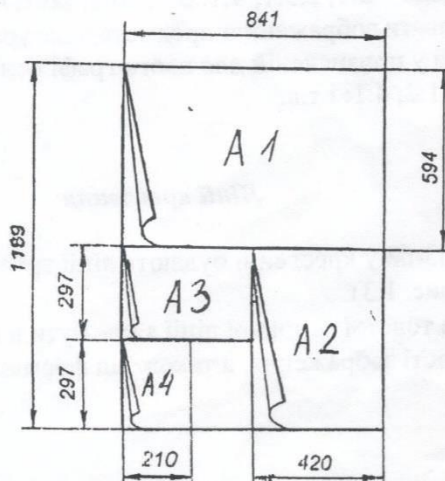


Рис.1.1

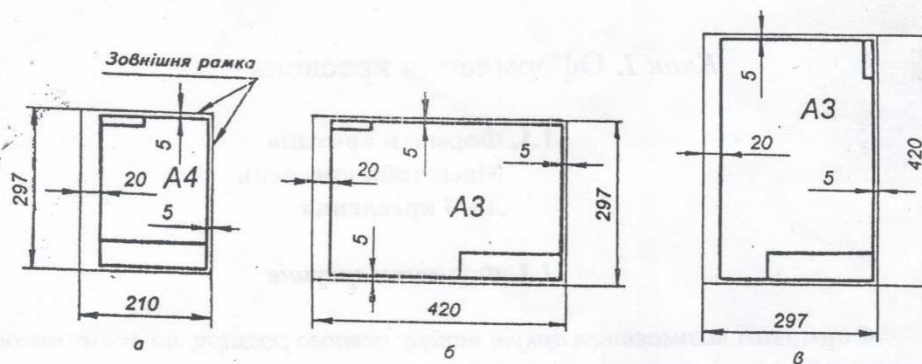


Рис. 1.2

Допускається застосовувати додаткові формати, які утворюють збільшення коротких сторін основних форматів на величину, кратну розмірам.

Рамку креслення виконують основною суцільною лінією на відстані 5 мм від верхньої, правої і нижньої межі формату. Між лівою межею і лінією рамки залишають поле завширшки 20 мм для підшивання та брошурування креслень і документів.

На кожному кресленні та конструкторському документі має бути основний напис. Його розміщують у правому нижньому кутку креслення. На форматі A4 основний напис розміщують лише на меншій стороні формату.

Масштаби креслень

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення, поданого на кресленні, до відповідних розмірів предмета.

Масштаб зображень на кресленнях слід вибирати з такого ряду (ГОСТ 2.302-68):
масштаби зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75;
1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000;

натуральна (справжня) величина – 1:1;

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

Перевагу слід надавати зображенню предмета в натуральну величину.

Масштаб, указаний у призначеній для цього графі основного напису креслення, позначається так: 1:1; 1:2; 4:1; і т.д.

Лінії креслення

Згідно з ГОСТ 2.303-68 у кресленні бувають лінії трьох типів: суцільні, штрихові та штрих-пунктирні (рис. 1.3)

Товщина суцільної товстої основної лінії s має бути в межах 0,5-1,4 мм залежно від величини і складності зображення, а також від формату креслення.

Назва, викреслювання, товщина ліній щодо товщини основної лінії мають відповідати вказаним на рис. 1.3.

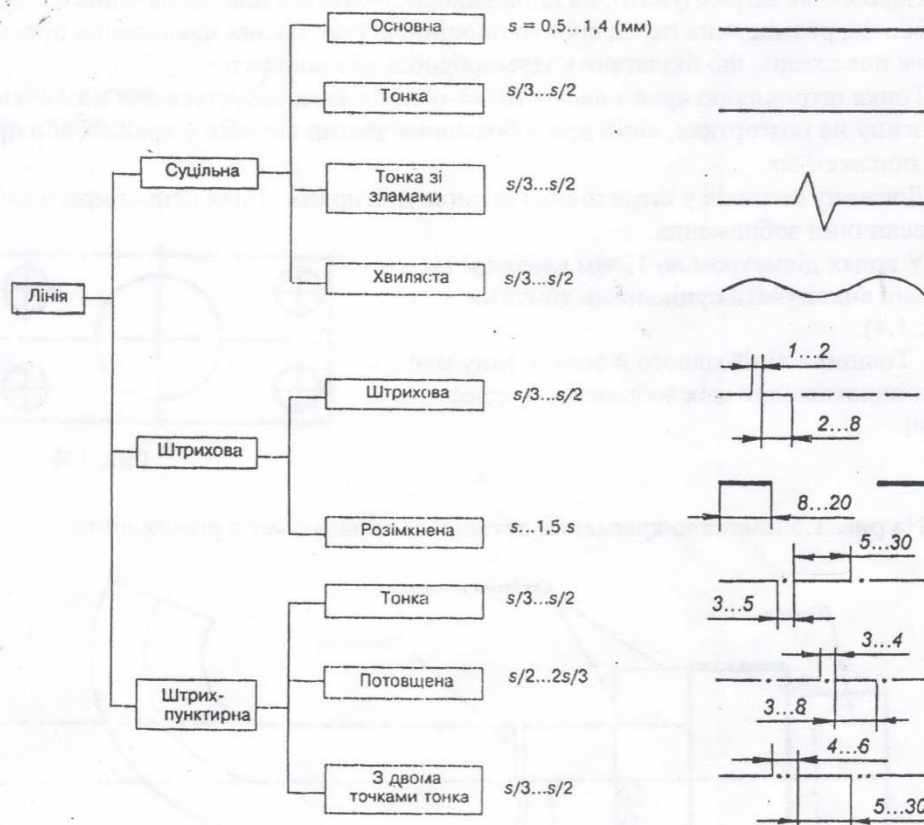


Рис. 1.3

Суцільна товста основна лінія використовується для наведення видимого контуру, видимих ліній переходу й обведення контурів винесених перерізів.

Суцільна тонка лінія застосовується для розмірних виносних ліній, штрихування розрізів і перерізів, ліній-виносів, контурів накладених перерізів, осей проєкцій слідів площин, ліній побудови характерних точок при спеціальних побудовах.

Суцільна хвиляста лінія застосовується для зображення обривів і розмежування вигляду й розрізу.

Суцільна тонка лінія зі зламами використовується для виконання довгих ліній обриву.

Штриховими лініями зображають невидимий контур і невидимі лінії переходу. Штрихи у лінії та проміжки між штрихами в ній мають бути приблизно однакової довжини.

Розімкнена лінія використовується лише для позначення місця січної площини в перерізах і розрізах.

Штрихпунктирні лінії поділяються на тонкі, потовщені й з двома точками тонкі.

Шрифти креслярські
Літерні позначення
Основний напис креслення
Графічне позначення матеріалів

Шрифти креслярські

Написи та розміри на кресленнях і в технічних документах виконують стандартними шрифтами згідно з ГОСТ 2.304-68. Гарно й охайно виконані написи роблять креслення композиційно завершеними, виразними, що полегшує їх читання.

Основні відомості щодо конструкції, висоти й ширини літер і цифр, відстані між літерами, товщина їх обведення та інших елементів креслярських шрифтів наведено у відповідному стандарті.

Стандартом визначено такі розміри шрифту: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 (застосування шрифту розміром 1,8 не рекомендується і допускається лише для типу Б).

Розмір шрифту h – величина, що визначається висотою великих літер у міліметрах.

Отже, висота великих літер шрифту розміром 14 дорівнює 14 мм, розміром 5 – відповідно 5 мм і т.д.

Висота великих літер h вимірюється перпендикулярно до основи рядка. Висота малих літер c визначається з відношенням їх висоти до розміру шрифту h , наприклад $c=7h/10$.

Ширина літер g – найбільша ширина літери – визначається залежно від розміру шрифту h , наприклад $g=6h/10$, або від товщини лінії шрифту d , наприклад $g=6d$.

Товщина лінії шрифту d залежить від типу і висоти шрифту.

Визначено такі типи шрифту:

тип А без нахилу ($d=h/14$);

тип А з нахилом до основи рядка праворуч під кутом 75° ($d=h/14$);

тип Б без нахилу ($d=h/10$);

тип Б з нахилом 75° ($d=h/10$).

Параметри типів шрифтів наведені в таблиці.

Параметри шрифтів

Параметри шрифту	Позначення	Відносні розміри			Розміри, мм					
Шрифти типу А ($d=h/14$)										
Розміри шрифту:										
висота великих літер	h	(14/14)h	14d	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
висота малих літер	c	(10/14)h	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами	a	(2/14)h	2d	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Мінімальний крок рядків (висота допоміжної сітки)	b	(22/14)h	22d	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Мінімальна відстань між словами	e	(6/14)h	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Товщина лінії шрифту	d	(1/14)h	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4
Шрифт типу Б ($d=h/10$)										
Розмір шрифту:										
висота великих літер	h	(10/10)h	10d	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
висота малих літер	c	(7/10)h	7d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами	a	(2/10)h	2d	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок рядків	b	(17/10)h	17d	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами	e	(6/10)h	6d	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Товщина лінії шрифту	d	(1/10)h	d	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

На рис. 1.6 показано приклади шрифтів українського і латинського алфавітів, а також арабських цифр.

Для правильного написання стандартного шрифту треба спочатку вивчити конструкцію літер і цифр залежно від труднощів і однотипності їх написання. Великі та малі літери українського алфавіту поділяються на кілька характерних груп.

Великі літери поділяються на чотири групи.

Літери першої групи (Г, Н, П, Т, Ц, Е, Ш, Щ, І, Ї) утворені лише прямолінійними елементами. Нижні відростки літер Ц і Щ виконують за рахунок проміжків між літерами і рядками.

Літери другої групи (А, И, Й, Х, К, Ж, М) також утворені прямолінійними елементами, але розміщеними не лише горизонтально, а й похило чи діагонально. Особливу увагу треба звернути на правильне положення похилих елементів.



Рис. 1.6

Літери третьої групи (Ч, Р, У, Ь, Б, В, Я, Л, Д) утворені горизонтальними, похилими і криволінійними елементами. Середні горизонтальні елементи розміщені точно посередині рядка. У літерах, що мають заокруглення (Р, Ь, Б, В, Я), горизонтальні елементи проводять лише до середини ширини літери, а потім від руки роблять заокруглення. Відростки літери Д виконують за рахунок проміжків

між літерами та рядками. Спочатку рекомендується креслити прямолінійні елементи літери, а потім криволінійні.

Літери четвертої групи (О, С, Є, З, Ю, Ф) складаються головню з криволінійних елементів. Основою цієї групи є літера О, утворена двома середніми паралельними елементами, які зверху та знизу спряжені криволінійними елементами.

Висота цифр дорівнює висоті великих літер. Співвідношення висоти й ширини, товщина ліній, відстані між цифрами такі самі, як і для великих літер. Виняток становить цифра 1, ширина якої дорівнює $2h/7$.

18 малих літер (а, б, в, г, д, е, и, і, ї, й, п, р, т, у, ф, ц, ш, щ) мають іншу конструкцію, ніж великі літери. Поділимо ці літери на дві групи.

До першої групи слід віднести літери и, і, ї, й, ц, ш, щ, п, т, у. Основою їх є літера и. У цій групі переважають прямолінійні елементи, що займають $2h/3$ і зверху та знизу плавно спряжені між собою. Збільшену ширину мають літери т, ш, щ. Висота літери у дорівнює h . Нижні відростки літер і, ї, и, й, ц, ш, щ виконують за рахунок проміжків.

До другої групи належать літери а, б, в, д, е, р, ф, в основі побудови яких лежить літера о. Збільшену висоту (h) мають літери б, в, д, р, ф.

Особливе місце посідає літера г.

Літерні позначення

У конструкторських документах усіх галузей промисловості застосовуються такі основні літерні позначення:

Довжина	<i>L, l</i>
Ширина	<i>B, b</i>
Висота, глибина	<i>H, h</i>
Товщина (листів, стінок ребер тощо)	<i>s</i>
Діаметр	<i>D, d</i>
Радіус	<i>R, r</i>
Міжосьова і міжцентрова відстань	<i>A, a</i>
Крок: гвинтових пружин, болтових з'єднань, заклепкових з'єднань і т.ін., крім зубчастих зачеплень і різьб	<i>t</i>
Кути	<i>α, β, γ...</i> та інші літери грецького алфавіту

Великі (друковані) літери рекомендується застосовувати для позначення габаритних і сумарних розмірів.

Позначають в одному документі різні величини однією й тією самою літерою, слід використовувати цифрові або літерні індекси чи їх комбінацію, причому перший цифровий індекс рекомендується присвоювати другій величині, позначеній цією літерою, другий індекс – третій величині і т.д. Наприклад, d, d₁, d₂, b_n, b_{n1}, b_{n2}.

Основний напис креслення

Основні написи для креслень і схем виконують за формою, показаною на рис.1.7,а,

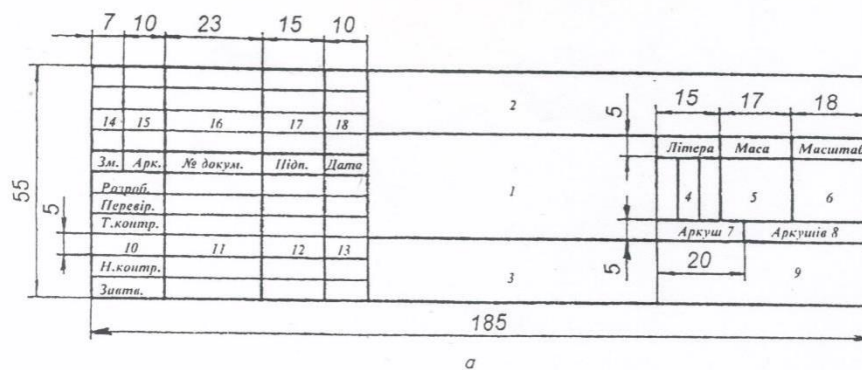


Рис. 1.7,а
для текстових документів (специфікації) – за формами, показаними на
рис.1.7,б

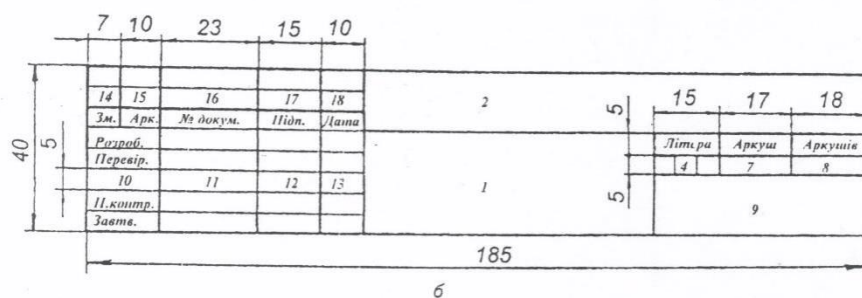


Рис. 1.7,б

(на першому аркуші специфікації) і рис.1.7,в – на наступних аркушах.

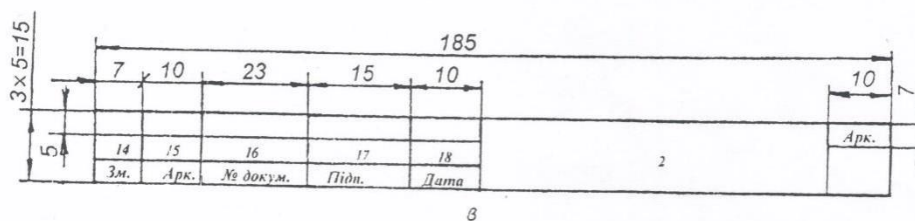


Рис. 1.7,в

Основний напис і рамку виконують основними і тонкими суцільними лініями.
На навчальних кресленнях допускається застосовувати нестандартний основний напис
(рис. 1.7,г).

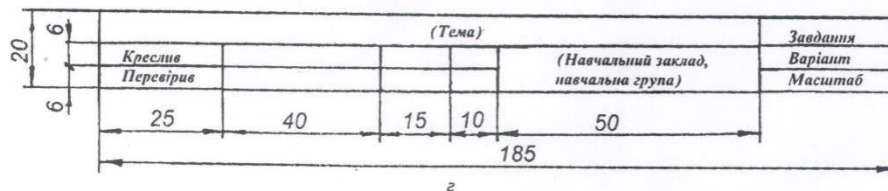


Рис. 1.7,г

Розглянемо правила заповнення основного напису (рис. 1.7,а-в):

граф 1 – найменування виробу; 2 – позначення документа; 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише для робочих креслень деталей); 4- літера, присвоєна документу (на навчальних кресленнях проставлятимемо літеру “у”); 5- маса виробу; 6 – стандартний масштаб; 7 – порядковий номер аркуша, якщо він один, то цю графу не заповнюють; 8 – загальна кількість аркушів документа (графу заповнюють лише на першому аркуші); 9 – найменування або індекс підприємства; 10 – характер роботи, що її виконує той, хто підписує документ; 11 – прізвища тих, хто підписує документ; 12, 13 – підписи і дати підписання документа; 14-18 – зміни на кресленнях.

У верхній частині аркуша виконують рамку розміром 70x14 мм (див. рис. 1.2). У ній пишуть позначення креслення, повернути на 180° для формату А4 і форматів, основний напис на яких розміщений уздовж довгої сторони аркуша (див. рис. 1.2,а,б), і на 90° при розміщенні основного напису вздовж короткої сторони аркуша (рис. 1.2,в). На навчальних кресленнях цю рамку можна не виконувати.

Графічне позначення матеріалів

Для умовного графічного позначення матеріалів у розрізах і перерізах застосовуються різноманітні штрихування (ГОСТ 2.306-68).

Загальне графічне позначення матеріалів у перерізах незалежно від виду матеріалу має бути таке, як на рис. 1.8

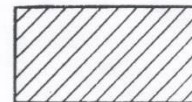


Рис. 1.8

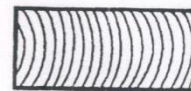
Графічне зображення поширених матеріалів показано на рис. 1.9.



Метали й тверді сплави



Неметалеві матеріали



Деревина



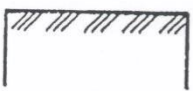
Кераміка та силікатні матеріали



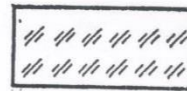
Камінь



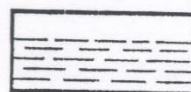
Бетон



Ґрунт природний



Скло та інші прозорі матеріали



Рідини

Рис. 1.9

Нанесення розмірів.

Основні вимоги

Правила нанесення розмірів і граничних відхилень на кресленнях та інших технічних документах на вироби всіх галузей промисловості і будівництва регламентує ГОСТ 2.307-68.

Основою для визначення величини зображуваного виробу і його елементів є розмірні числа, нанесені на кресленні.

Загальна кількість розмірів на кресленні має бути мінімальна, але достатня для виготовлення і контролю виробу.

Розміри поділяються на лінійні і кутові. Лінійні просявляють у міліметрах, не зазначаючи одиниці вимірювання, а кутові – у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниці вимірювання. Для розмірних чисел використовують лише десяткові дробні. Простий дріб дозволяється застосовувати для розмірів у дюймах, наприклад, для позначення трубної та конічної різьби.

Кожний розмір наносять на кресленні лише один раз. Повторювати розміри на різних зображеннях або в написах не дозволяється.

Розміри, що характеризують три найбільші виміри предмета – довжину, висоту й ширину (товщину), називається габаритами.

Нанесення розмірів

Розміри на кресленнях указують розмірними числами і розмірними лініями. Якщо треба, проводять і виносні лінії. Розмірна лінія показує межі вимірювання елемента предмета. Розмірні та виносні лінії креслять тонкими суцільними лініями.

Наносячи розмір прямолинійного відрізка, розмірну лінію проводять паралельно з цим відрізком, а виносні лінії – перпендикулярно до розмірних (рис. 1.14).

Наносячи розміри кута, розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у вершині кута, виносні лінії – радіально (рис. 1.15).

Наносячи розміри дуги кола, розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно з бісектрисою кута, над розмірним числом ставлять знак ϕ (рис. 1.16).

Розмірну лінію з обох кінців обмежують стрілками, що впираються у відповідні лінії, крім випадків, наведених далі, й при нанесенні ліній радіуса, яка обмежується стрілкою збоку дуги (рис. 1.17).

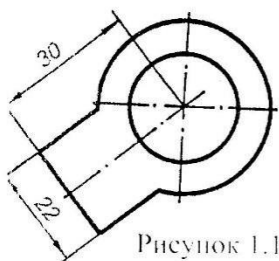


Рисунок 1.14

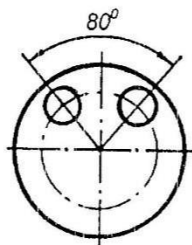


Рисунок 1.15



Рисунок 1.16

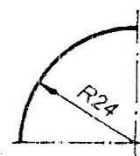


Рисунок 1.17

Розмірні лінії доцільно проводити між виносними лініями або розмішувати безпосередньо між лініями контуру, осьовими, центровими та ін.

У випадках, показаних на рис 1.18 і 1.19, розмірну та виносну лінії проводять так, щоб вони разом з вимірюваним відрізком утворювали паралелограм.

Розмірні лінії переважно наносять поза контуром зображення.

Слід уникати перетину розмірних і виносних ліній.

Виносні лінії мають виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1 – 5 мм.

Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями має становити 7мм, а між розмірною і лінією контуру – 10мм.

Не дозволяється використовувати лінії контуру, осьові, центрові та виносні лінії як розмірні. Виносні лінії переважно проводять від лінії видимого контуру, крім таких випадків:

- розміри контуру криволінійного профілю наносять як на рис. 1.20 а, б;
- якщо треба показати координати вершини скруглюваного кута або центр дуги скруглення, то виносні лінії проводять від точки перетину сторін скруглюваного кута чи центра дуги скруглення (див. рис. 1.19).

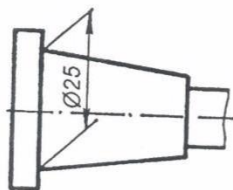


Рисунок 1.18

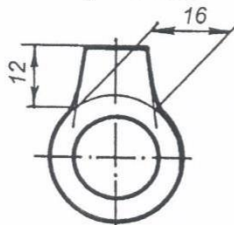
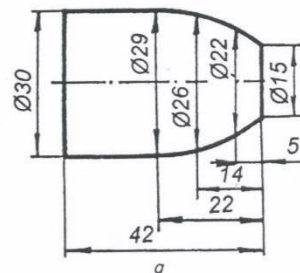
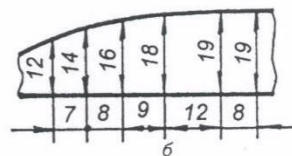


Рисунок 1.19



а



б

Рисунок 1.20

Наносячи розміри радіуса, перед розмірним числом ставлять велику літеру R. Вказуючи розмір діаметра (у всіх випадках), перед розмірним числом ставлять знак “Ø”.

Якщо вигляд або розріз симетричного предмета чи окремо симетрично розташованих елементів накреслено лише до осі симетрії або з обривом, то розмірні лінії, які належать до цих елементів, також проводять з обривом трохи далі від осі або лінії обриву предмета (рис. 1.21). Розмірну лінію проводять з обривом и при нанесенні діаметра кола, незалежно від того, повністю чи частково його накреслено (рис. 1.22, а); розмірну лінію слід проводити трохи далі від центра кола.

При розриві зображення розмірну лінію проводять повністю (рис. 1.22, б).

Розміри елементів стрілок розмірних ліній вибирають залежно від товщини ліній видимого контуру і викреслюють їх однаковими на всьому кресленні. Форма стрілки і приблизне відношення її елементів показані на рис. 1.23.

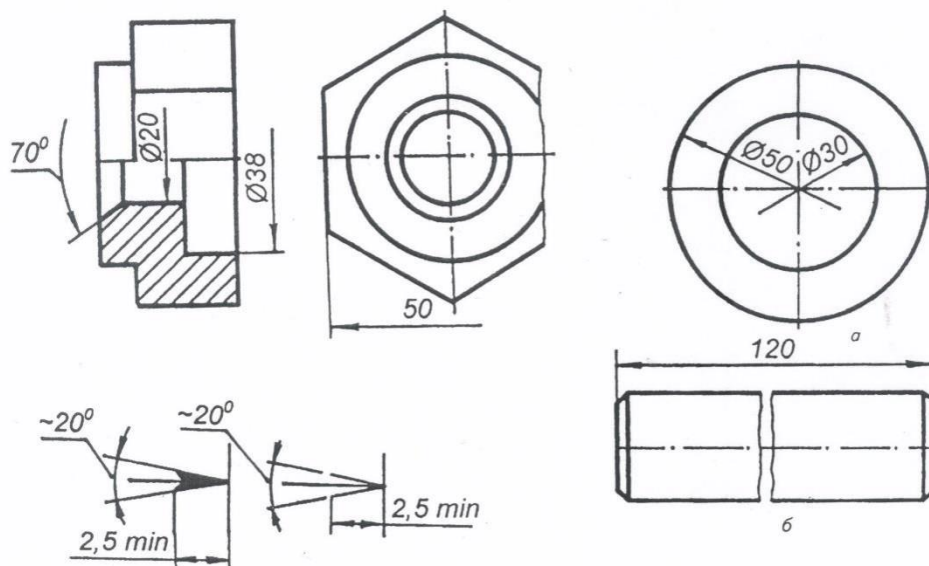


Рисунок 1.21, 1.23

Рисунок 1.22

Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення на ній стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії (або відповідно за контурні, осеві, центрові) й стрілки наносять, як показано на рис. 1.24, а, б. При послідовному розміщенні розмірних чисел у вигляді ланцюжка, коли не вистачає місця для стрілок, останні дозволяється замінювати рисками, які наносяться під кутом 45° до розмірних ліній (рис. 1.24, в), або точками (рис. 1.24, г).

Якщо місця для стрілки недостатньо через близько розташовану контурну або виносну лінію, то останні допускається переривати (рис. 1.24, а, б, д).

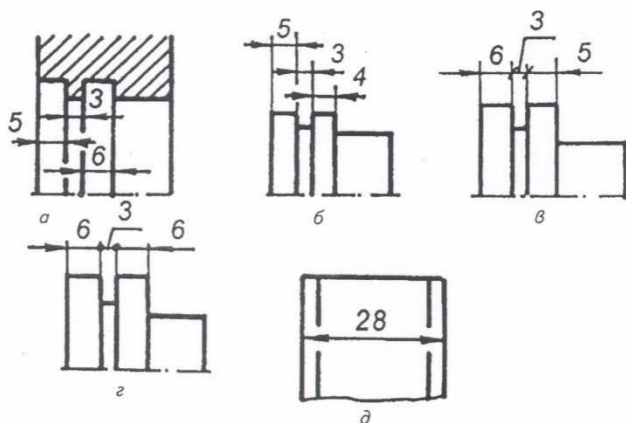


Рисунок 1.24

Розмірні числа проставляють над розмірними лініями якомога ближче до середини (рис. 1.25).

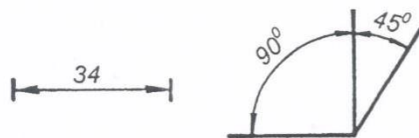


Рисунок 1.25

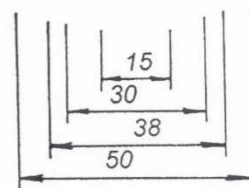


Рисунок 1.26

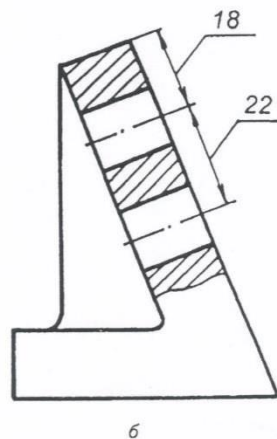
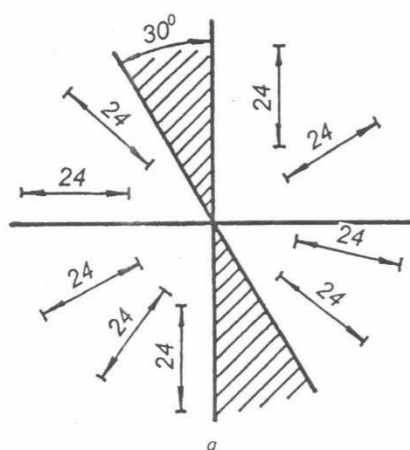


Рисунок 1.27

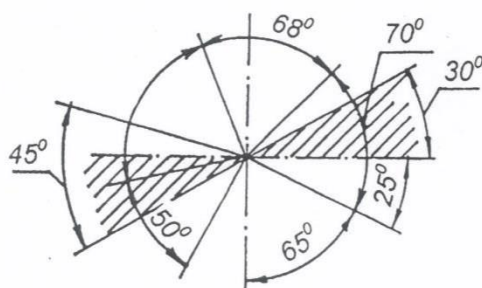


Рисунок 1.28

Якщо є кілька паралельних (рис. 1.26) або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа проставляють у шаховому порядку.

Розмірні числа лінійних розмірів при різноманітних нахилах розмірних ліній розміщують, як показано на рис. 1.27,а. У заштрихованій ділянці розмірне число проставляють на полці лінії-виноски (рис. 1.27 б).

На рис. 1.28 показано, як проставляти кутові розміри. У ділянці, розташованій вище від горизонтальної центральної лінії, розмірні числа пишуть над розмірними лініями з боку їх опуклості, а в розташованій нижче від горизонтальної лінії – з боку вгнутості. Як і для лінійних розмірів, не рекомендується ставити розмірні числа у заштрихованій ділянці. Якщо це потрібно, розмірні числа виносять на горизонтально розміщені полочки.

Якщо для написання розмірного числа недостатньо місця над розмірною лінією, то розміри проставляють, як показано на рис. 1.29.

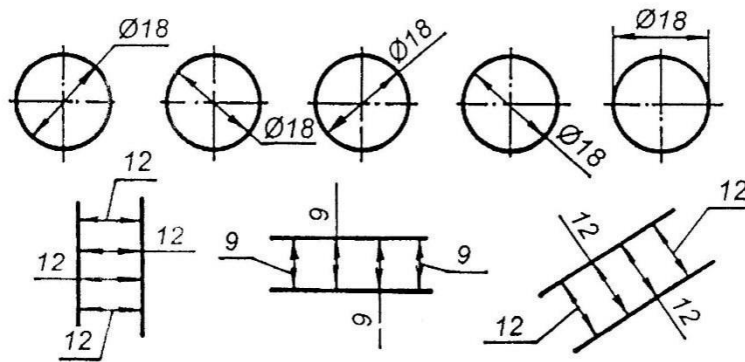


Рисунок 1.29

Якщо недостатньо місця для стрілок, то їх наносять, як зображено на рис. 1.30.

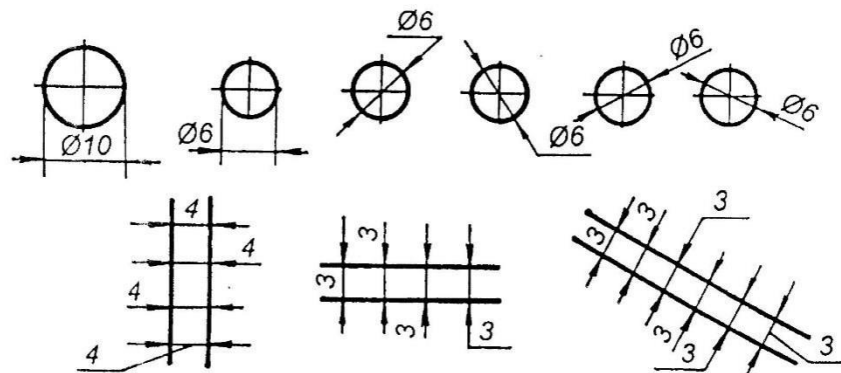


Рисунок 1.30

Розмірні числа не допускається розділяти або перетинати лініями креслення. Не дозволяється переривати лінію контуру для написання розмірного числа і проставляти розмірні числа в місцях перетину розмірних, осьових і центрових ліній. У місці нанесення розмірного числа осьові, центрові лінії й лінії штрихування переривають (рис. 1.31).

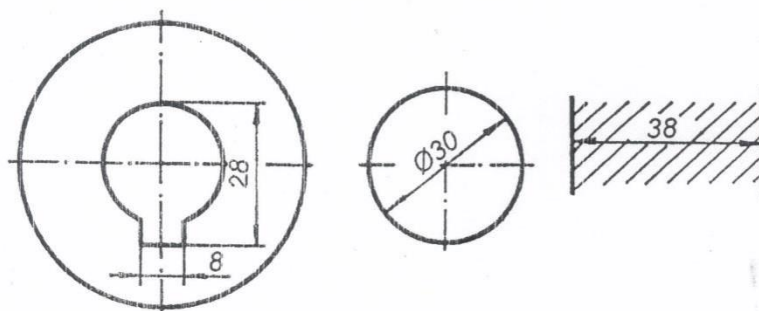


Рисунок 1.31

Розміри, які належать до одного й того самого конструктивного елемента, рекомендується групувати в одному місці, розміщаючи їх на тому зображенні, на якому геометрична форма цього елемента показана найбільш зрозуміло.

При великому радіусі центр допускається наближати до дуги. Розмірну лінію радіуса показують зі зломом під кутом 90° (рис. 1.32 а). Якщо нема потреби вказувати розміри центра дуги кола, то розмірну лінію радіуса допускається не доводити до центра й зміщувати відносно центра (рис. 1.32).

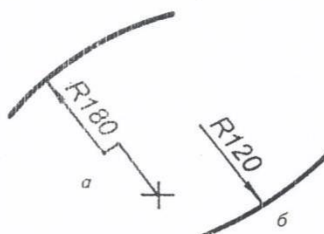


Рисунок 1.32

Розміри радіусів зовнішніх заокруглень наносять, як показано на рис. 1.33,а внутрішніх – на рис. 1.33,б.

Радіуси заокруглень, розмір яких у масштабі креслення 1 мм і менше, на кресленні не зображують і розміри їх наносять, як показано на рис. 1.33,в. Розміри однакових радіусів допускається вказувати на спільній поличці, як зображено на рис. 1.33,г.

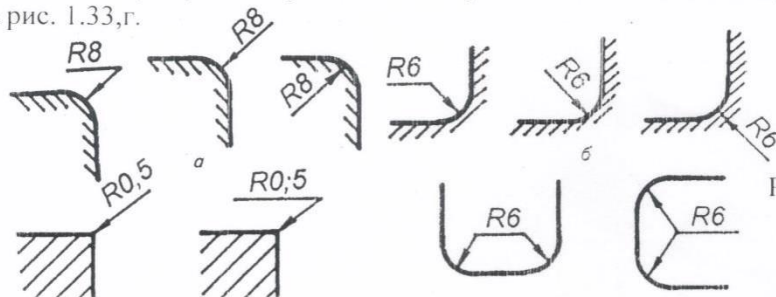


Рисунок 1.33

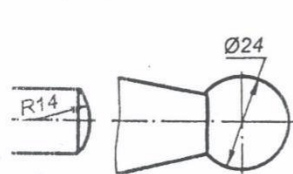


Рисунок 1.34

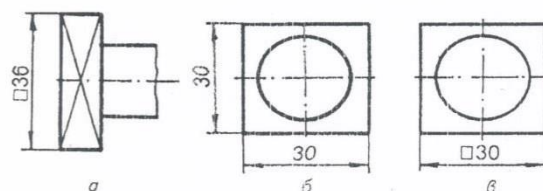


Рисунок 1.35

Перед розмірним числом діаметра (радіуса) сфери також ставлять знак “R” без напису “Сфера” (рис. 1.34). Якщо на кресленні важко відрізнити сферу від інших поверхонь, то перед розмірним числом діаметра (радіуса) допускається писати слово “Сфера” або знак “O”. Наприклад, “Сфера Ø20”, OR15. Діаметр знака сфери дорівнює розміру розмірних чисел на кресленні.

Розміри квадрата наносять, як показано на рис. 1.35, а-в. Висота знака має дорівнювати висоті розмірних чисел на кресленні.

Перед розмірним числом, яке характеризує конусність, наносять знак $\angle$, гострий кут якого має бути напрямлений у бік вершини конуса (рис. 1.36). Знак конуса і конусність у вигляді співвідношення слід наносити над осьюовою лінією або на поличці лінії-виноски.

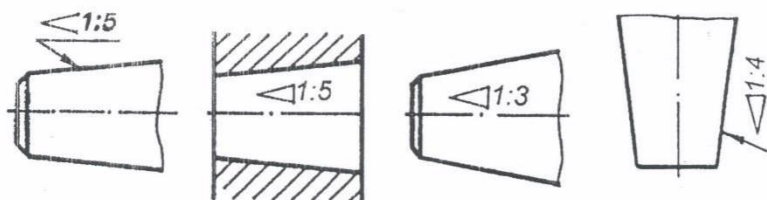


Рисунок 1.36

Перед розмірним числом похилу, поданим у вигляді відношення або в процентах, ставлять умовний знак $\angle$, вершина якого напрямлена в бік похилу. Напис розміщують безпосередньо біля зображення поверхні похилу або на поличці лінії-виноски (рис. 1.37).



Рисунок 1.37

Розміри фасок під кутом 45° проствляють, як показано на (рис. 1.38). Якщо розмір фаски в масштабі креслення 1 мм і менше, то допускається фаску не зображувати, а розміри наносити на поличці лінії – виноски, проведеної від грані (рис. 1.39).

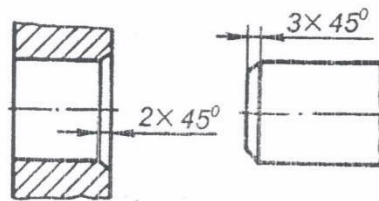


Рисунок 1.38

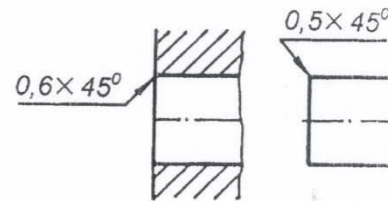


Рисунок 1.39

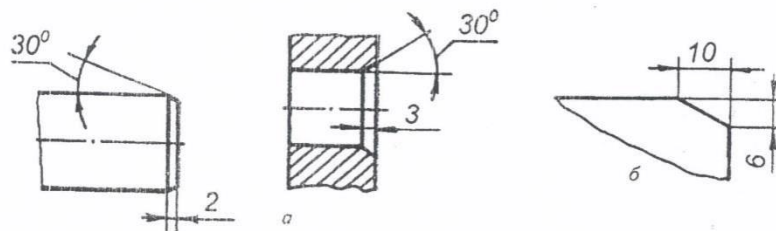
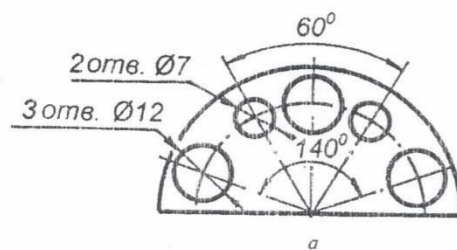
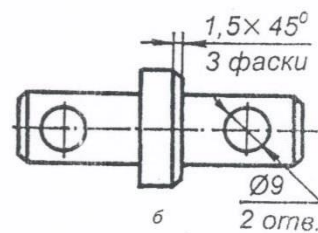


Рисунок 1.40

Розміри фасок під іншими кутами вказують лінійними і кутовими розмірами (рис. 1.40,а) або двома лінійними розмірами (рис. 1.40,б).



а



б

Рисунок 1.41

Розміри кількох однакових елементів виробу переважно наносять один раз із зазначенням на поличці лінії – виноска кількості цих елементів (рис. 1.41,а). Допускається вказувати кількість елементів як показано на (рис. 1.41,б).

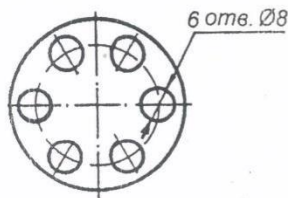


Рисунок 1.42

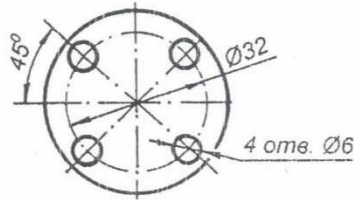


Рисунок 1.43

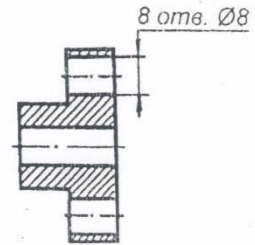


Рисунок 1.44

Наносячи розміри елементів, рівномірно розташованих по колу виробу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, що визначають взаємне розміщення елементів, указують лише їх кількість (рис. 1.42-1.44).

Розміри діаметрів циліндричного виробу складної конфігурації допускається наносити, як зображено на рис. 1.45.

Однакові елементи, розташовані в різних частинах виробу (наприклад, отвори), розглядаються як один елемент, якщо між ними немає проміжку (рис. 1.46,а); в інших випадках указують повну кількість елементів (рис. 1.46,б).

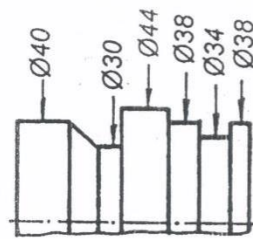


Рисунок 1.45

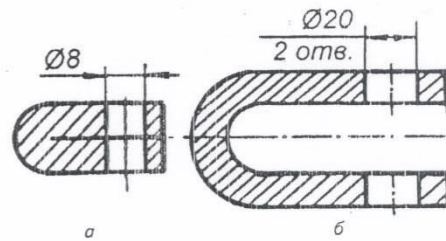


Рисунок 1.46

Якщо однакові елементи виробу (наприклад, отвори) розташовані на різних поверхнях і показані на різних зображеннях, то кількість цих елементів записують окремо для кожної поверхні (рис. 1.47).

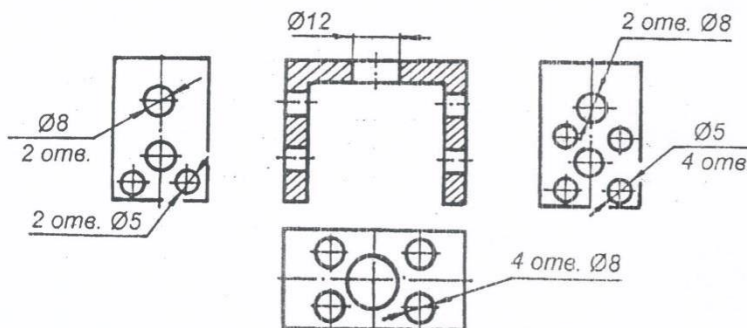


Рисунок 1.47

Зображаючи деталь однією проекцією, розмір її товщини або довжини слід наносити, як показано на рис. 1.48.

Розміри деталі або отвору прямокутного перерізу можна вказувати на поличці лінії-виноски розмірами сторін через знак множення. При цьому на першому місці вказують розмір тієї сторони прямокутника, від якої проводиться лінія-виноска (рис. 1.49).

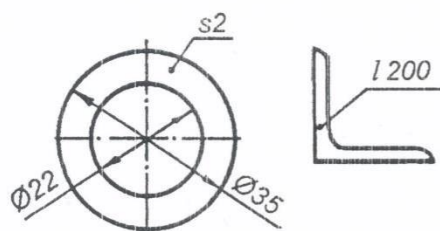


Рисунок 1.48

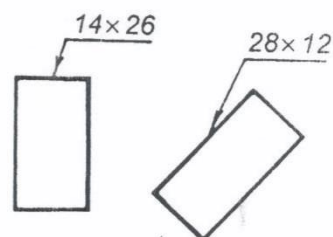


Рисунок 1.49

Під час нанесення розмірів вибирають бази, від яких обмірюють деталі при виготовленні, контролі та складанні. Базами можуть бути площини, лінії (вісь симетрії, вісь обертання) і точки.

Застосовують три способи проставлення розмірів на кресленнях: **ланцюговий, координатний і комбінований**.

При **ланцюговому способі** розміри проставляють послідовно - ланцюжком (рис. 1.50), тобто кожний розмір від окремої бази (торця відповідного ступеня вала - рис. 1.50,а або осі кожного отвору - рис. 1.50,б). При цьому способі ланцюг не має бути замкненим. Оскільки на кресленні переважно наноситься загальний (рис. 1.51,а) або габаритний (рис. 1.51,б - довжина вала) розмір, то один із розмірів випускають, бо без цього неможливо дотримуватись потрібної точності розміру.

Ланцюговий спосіб застосовують, наносячи розміри на міжцентрові відстані, для східчастих деталей, коли треба дотримуватись точних розмірів кожного ступеня тощо.

При **координатному способі** розміри проставляють від певної бази (рис. 1.51). Кожний розмір у цьому разі є певною координатою, що визначає положення елемента відносно бази. Цей спосіб найпоширеніший у конструкторській практиці.

Комбінований спосіб проставлення розмірів (рис. 1.52) є поєднанням ланцюгового і координатного способів.

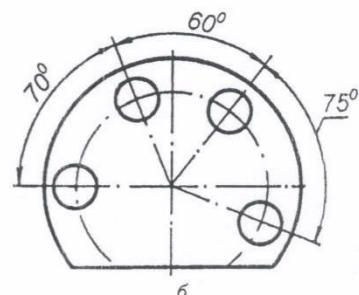
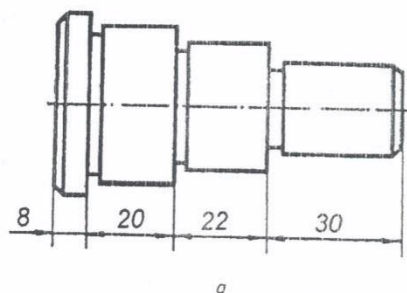


Рисунок 1.50

МЕТОД ПРОЕКЦІЮВАННЯ. ПРОЕКЦІЮВАННЯ ТОЧКИ.

Метод проєкціювання

Будь-яку плоску чи просторову фігуру можна розглядати як сукупність точок, ліній та поверхонь. Така фігура називається *оригіналом*. Властивості оригіналу можна вивчити за певними правилами, тобто якщо є однозначна відповідність між геометричними властивостями оригіналу та його рисунка. Для побудови зображень оригіналу користуються методом проєкцій. На рис. 1 показано приклад побудови зображення точки-найпростішого елементу будь-якої геометричної форми. Це є не що інше, як просторова модель методу проєкцій, де точка A -оригінал, пряма t -проєкційна пряма (промінь), площина Π (π)- площина проєкцій, точка A_π - зображення точки A на площині Π , тобто проєкція точки A .

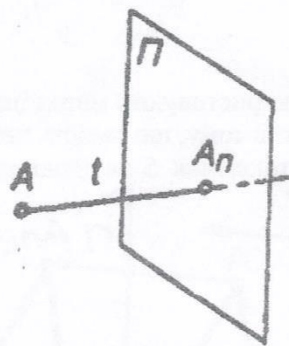


Рис. 1

Побудова точки A за методом проєкцій полягає в тому, що через точку A проводимо пряму t в заданому напрямку до перетину проєкційної прямої з площиною Π . Проєкція A_π точки A отримується на перетині проєкційної прямої з площиною проєкцій.

Залежно від способу проведення проєкційних променів розрізняють центральне і паралельне проєкціювання. Відповідно проєкції поділяються на центральні (*конічні, полярні*) та паралельні (*циліндричні*).

При центральному проєкціюванні задаються центром або полюсом проєкціювання S (рис. 2), з якого виходять проєкційні промені через точки A, B, C до перетину їх з площиною проєкцій Π . Сполучаючи точки A_π, B_π, C_π , отримують

центральну проекцію оригіналу. Центральні проекції застосовуються в архітектурно-будівельній справі, малюванні тощо.

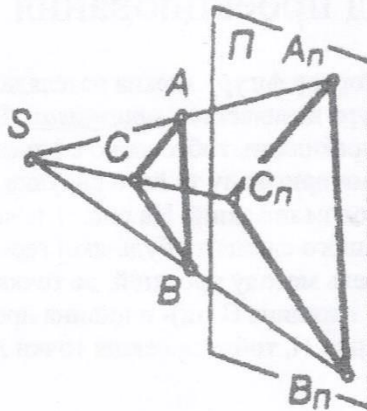


Рис. 2

У кресленні найчастіше використовують метод паралельного проєкціювання, який полягає в тому, що замість центра проєкціювання задаються напрямком проєкціювання S на площину проєкцій Π (рис 3)

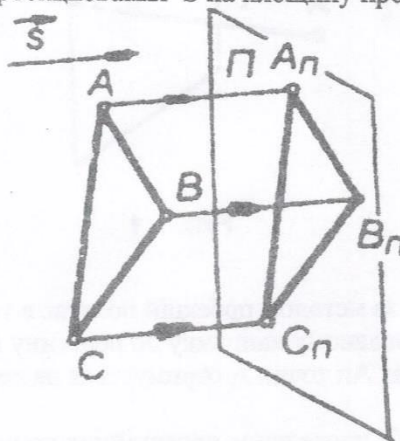


Рис. 3

Тоді проєкційні промені паралельні напрямку проєкціювання S . Сполучаючи точки A_Π , B_Π , C_Π , отримують паралельну проєкцію оригіналу. Можна вважати, що паралельне проєкціювання є частковим випадком центрального проєкціювання,

коли центр проєкціювання S розташований у нескінченності. Паралельні проєкції своєю чергою поділяються на прямокутні та косокутні.

Якщо проєкційні промені перпендикулярні до площини проєкцій, то такий спосіб проєкціювання називається прямокутним, а проєкції-прямокутними. Усі інші проєкції-косокутні.

При побудові креслень використовується прямокутне проєкціювання на одну, дві або три взаємно перпендикулярні площини.

Одна прямокутна проєкція точки не визначає її положення в просторі.

Сукупністю двох прямокутних проєкцій (горизонтальної A_1 і фронтальної A_2) на дві взаємно перпендикулярні площини проєкцій (горизонтальну площину проєкцій Π_1 і фронтальну площину проєкцій Π_2) можна визначити положення у просторі точки A (рис. 4)

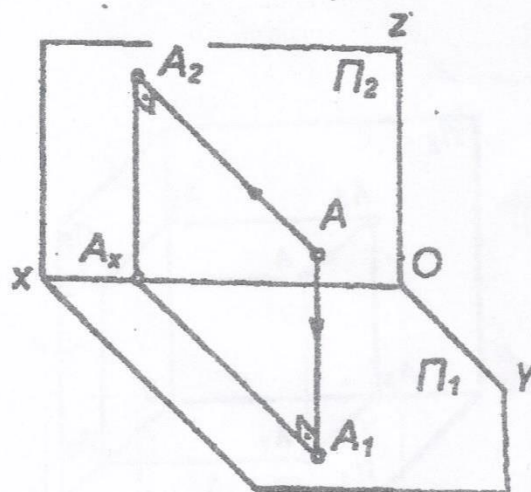


Рис. 4

ПРОЕКЦІЮВАННЯ ТОЧКИ НА ТРИ ПЛОЩИНИ ПРОЕКЦІЙ

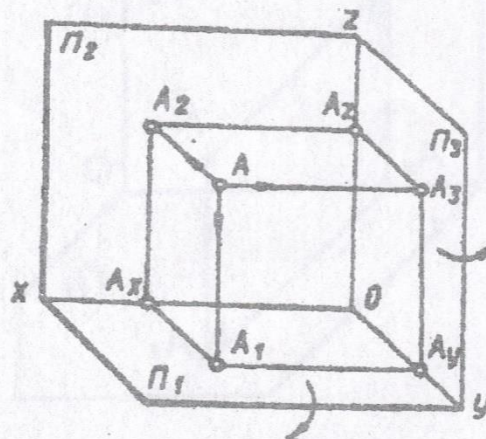
Для з'ясування форми та розмірів складальної фігури інколи двох проекцій недостатньо. Тому виконується проєкціювання на три взаємно перпендикулярні площини проєкцій, причому вважають, що проєкційні промені йдуть із нескінченості й напрямлені перпендикулярно до трьох площин проєкцій.

Три взаємно перпендикулярні площини проєкцій:

горизонтальна Π_1 ,

фронтальна Π_2 ,

та профільна Π_3 - утворюють прямий тригранний кут (рис.5,а), ребрами якого є осі проєкцій (OX - лінія перетину площин Π_1 і Π_2 , OY - лінія перетину площин Π_1 і Π_3 , OZ - лінія перетину площин Π_2 і Π_3). Для отримання прямокутних проєкцій точки A її проєкціюють на площини Π_1, Π_2, Π_3 й отримують проєкції точки A : горизонтальну – A_1 , фронтальну – A_2 , профільну – A_3 .



(рис.5 а)

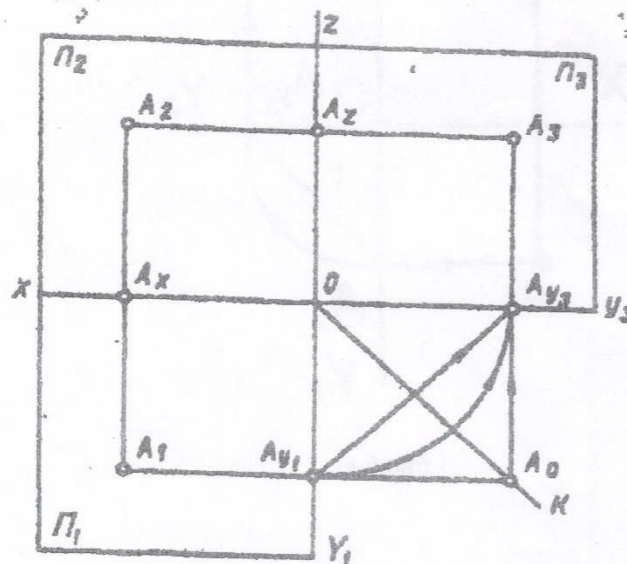
КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ

Розглянемо, як перейти від просторового зображення точки та її проєкцій до комплексного креслення.

Залишаючи фронтальну площину проєкцій Π_2 нерухомо, обирають горизонтальну площину проєкцій Π_1 навколо осі OX униз на 90° , а профільну Π_3 – навколо осі OZ вправо на 90° до їх суміщення з фронтальною площиною проєкцій. При цьому вісь OY неначе розщеплюється, тобто одна її частина (OY_1) належить Π_1 а друга (OY_3) – Π_3 .

Утворене плоске креслення з осями проєкцій OX , OY_1 , OY_3 , OZ та побудованими проєкціями A_1 , A_2 , A_3 точки A називається комплексним кресленням точки A (рис 5,б).

Пряма, що сполучає дві проєкції точки на комплексному кресленні називається лінією проєкційного зв'язку. Причому горизонтальна A_1 і фронтальна A_2 проєкції точки розміщуються на вертикальній лінії зв'язку, фронтальна A_2 і профільна A_3 – на горизонтальній лінії зв'язку, горизонтальна A_1 і профільна A_3 – на лінії зв'язку, що перетинаються на бісектрисі кута Y_1 , OY_3 , яка називається постійною прямою креслення K (див. Рис.5,б).

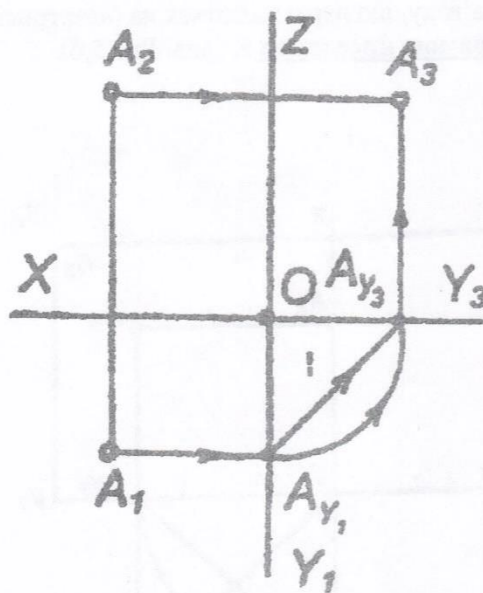


(рис.5 б)

ПОБУДОВА ТРЕТЬОЇ ПРОЕКЦІЇ ТОЧКИ ЗА ДВОМА ВІДОМИМИ ЇЇ ПРОЕКЦІЯМИ

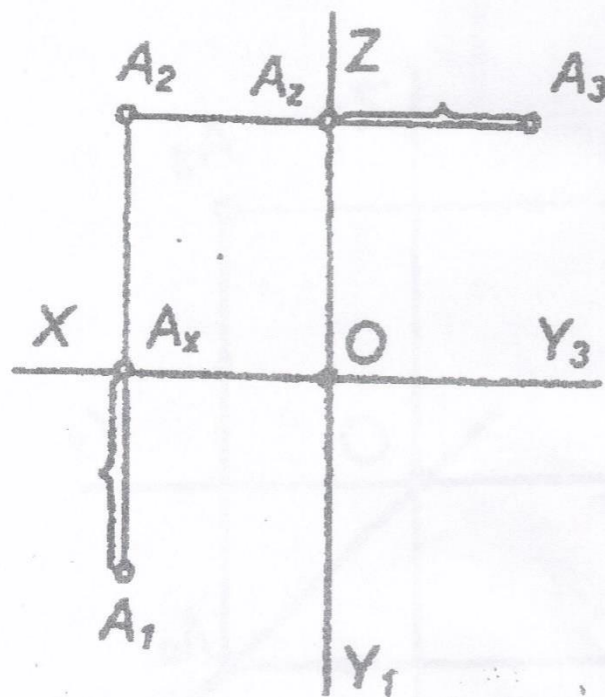
У кресленні часто виникає потреба будувати третю проекцію деталі за двома відомими. Для цього треба вміти будувати третю проекцію точки за двома відомими. Для такої побудови існує три способи:

Проекційний спосіб (рис. 6.а). З фронтальної проекції A_2 проводять горизонтальну лінію проекційного зв'язку. З горизонтальної проекції A_1 опускають перпендикуляр на вісь OY_1 , отримують точку A_{Y_1} і за допомогою циркуля знаходять на осі OY_3 положення точки A_{Y_3} . Точку A_{Y_3} можна знайти і за допомогою рівнобедреного прямокутного трикутника $A_{Y_1} O A_{Y_3}$. З цієї точки проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною лінією, проведеною з A_2 . A_3 -профільна проекція точки.



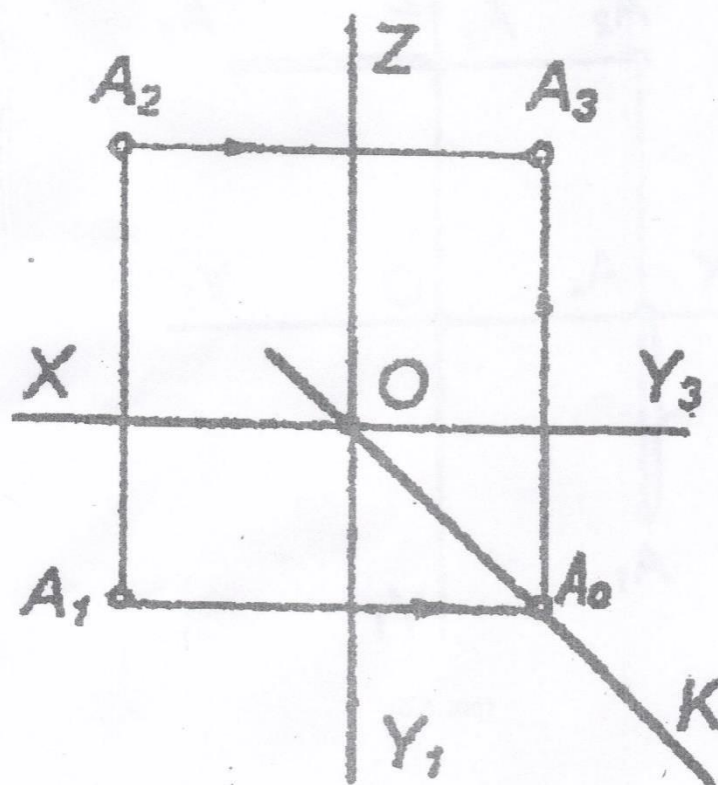
(рис. 6.а)

Координатний спосіб (рис.6.6). З фронтальної проекції A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку. Вимірюють відстань від A_1 до осі OX і відкладають цей відрізок на лінії зв'язку праворуч від точки A_2 . Отримують профільну проекцію A_3 .



(рис.6.6)

Спосіб з використанням постійної прямої креслення (рис.6.в). З фронтальної проєкції A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проєкції A_1 проводять горизонтальну лінію зв'язку до перетину в точці A_0 з постійною проямною K , тобто з бісектрисою кута $Y_1 O Y_3$. Проводять з A_0 вертикальну пряму до перетину з горизонтальною лінією, проведеною з точки A_2 . Отримують профільну проєкцію A_3 .



(рис.6.в)

Проекціювання прямої лінії

Пряму лінію в нарисній геометрії розглядають як множину точок, її проекції в загальному випадку – як множину проекцій всіх її точок. В системі площин П1 і П2 пряму загального положення зображають двома проекціями. Розрізняють прямі лінії та їх відрізки. Пряма немає довжини – вона необмежена. Відрізок має певну довжину, він обмежений двома точками, його можна виміряти. Положення прямої в просторі можна задати двома її точками, точкою та напрямом прямої (кутом нахилу). Крім того пряма може займати різні положення відносно площин проекцій і, відповідно, називатися прямою рівня, проекціювальною прямою або прямою загального положення.

Прямі, перпендикулярні до однієї з площин проекцій (водночас паралельні до двох інших площин проекцій), називають проекціювальними (рис. 7). Пряму, перпендикулярну до П1, називають горизонтально-проекціювальною. Пряму, перпендикулярну до П2 – фронтально-проекціювальною.

Пряму, яка перпендикулярна до П3, називають профільно-проекціювальною.

Прямою рівня називають пряму, паралельну до однієї з площин проекцій. Пряма, що паралельна до П1, називається горизонтальною (рис. 6, а). Пряма, яка паралельна до П2, називається фронтальною (рис. 6, б). Пряма, яка паралельна до П3 – профільною (рис. 6, в).

Відрізки прямих окремого положення зображуються в натуральну величину на площині проекцій, якій вони паралельні.

Прямою загального положення називають пряму, довільно розташовану відносно площин проекцій (рис.8). Відрізки прямих загального положення зображуються спотвореними. Довжина їх проекцій менша, ніж довжина самих відрізків.

Точки перетину прямої з площинами проекцій називаються слідами прямої. Існують горизонтальний, фронтальний і профільний сліди. Якщо пряма паралельна одній з площин проекцій, то слід на цій площині даної прямої буде відсутній (слідом є невласна точка). Пряма загального положення буде мати всі три сліди на площинах проекцій. Перетин прямої лінії з бісекторною площиною називається слідом прямої на площині відповідності.

Слід нагадати також, що однойменні проекції паралельних прямих паралельні. Однойменні проекції прямих, що перетинаються – перетинаються. Властивість проекцій таких прямих полягає в тому, що проекції точки їх перетину знаходяться на одній лінії зв'язку.

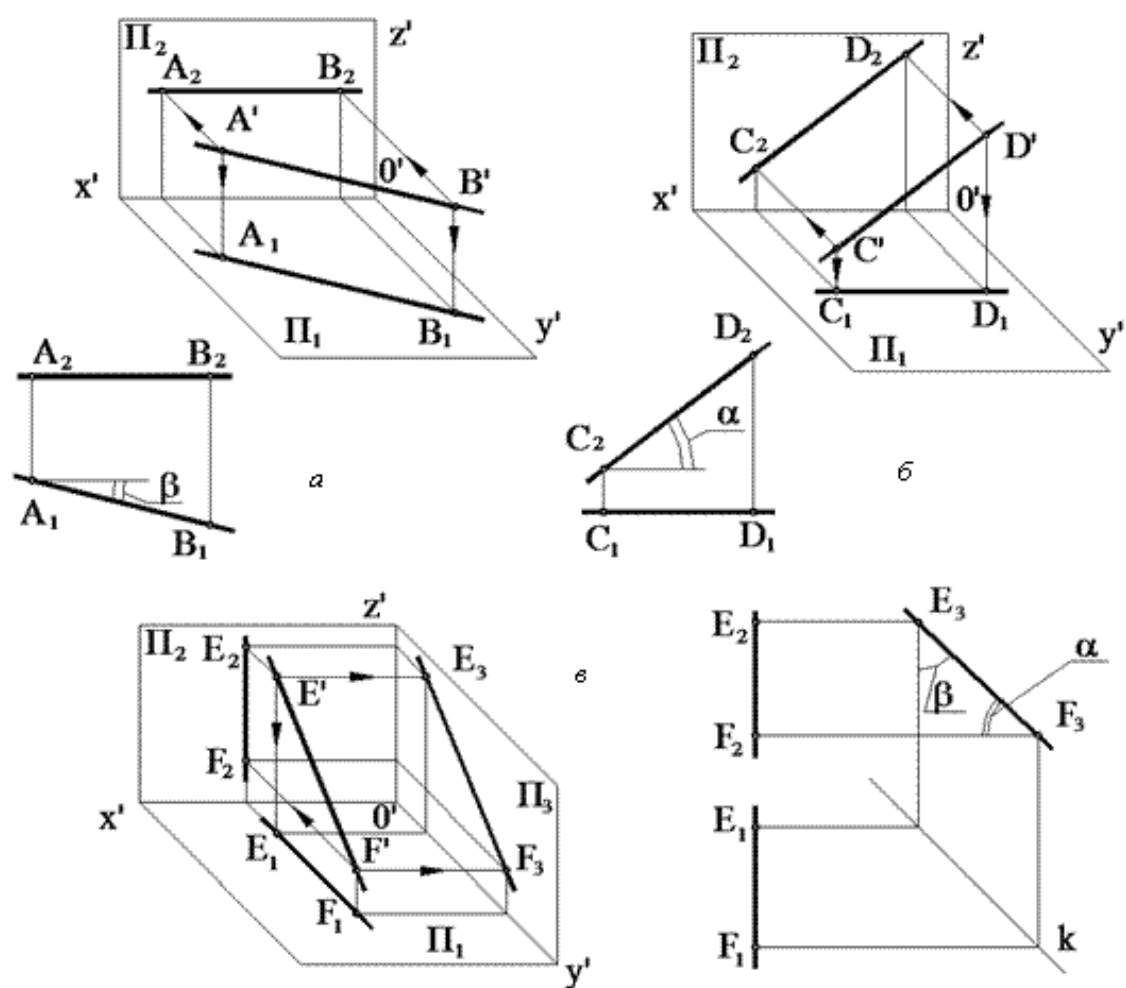


Рис. 6

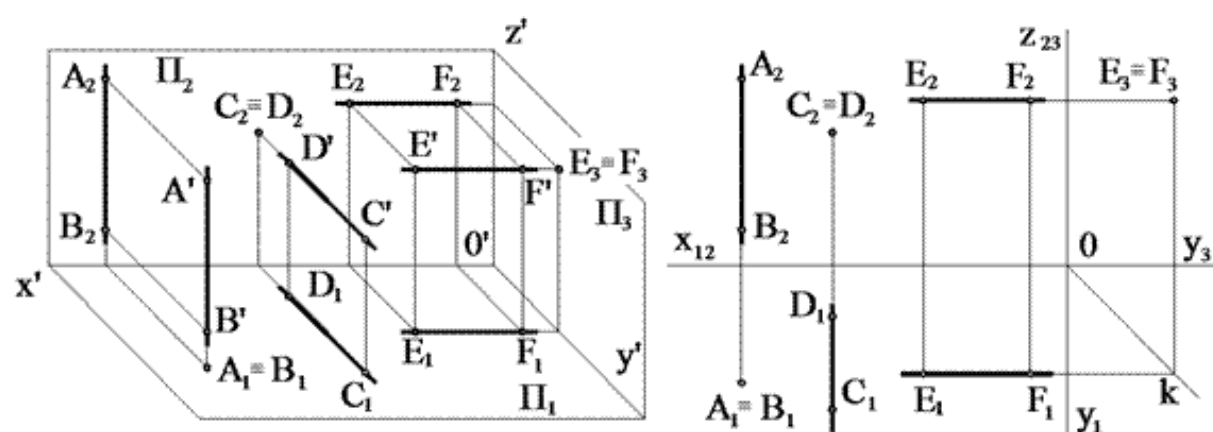


Рис. 7

1 Вигляди

Для побудови технічних креслень переважно користуються методом прямокутного проєкціювання. При цьому предмет вважається розміщеним між спостерігачем і відповідною площиною проєкцій (рис 1)

За основні площини проєкцій беруть шість граней куба. Грані суміщаються з площиною, як показано на рис. 2

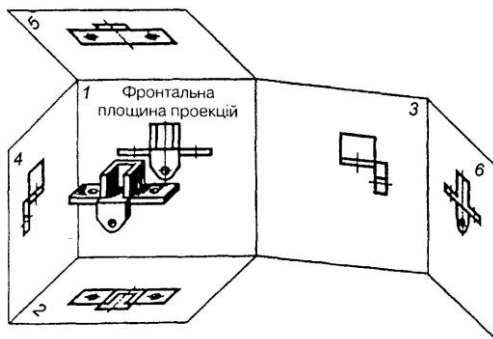


Рис 1

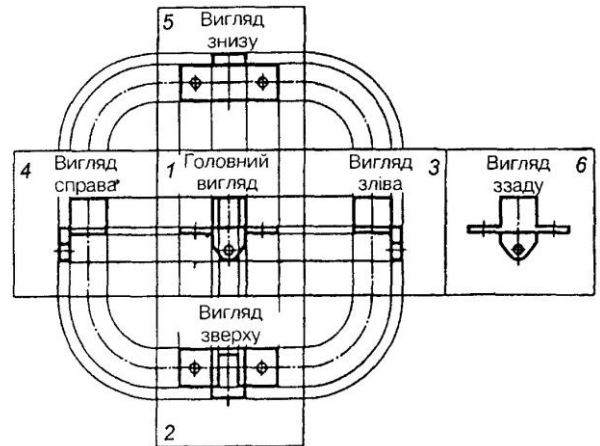


Рис 2

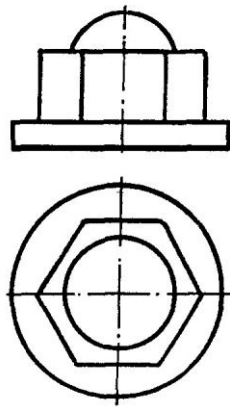
Найуживанішими з цих шести площин є фронтальна 1, горизонтальна 2 і профільна 3. За допомогою цих площин на кресленні можна передати без спотворення розміри предмета в трьох основних напрямках, а саме — висоту, довжину і ширину.

Зображення на фронтальній площині проєкцій береться на кресленні за головне. Предмет розташовують щодо фронтальної площини проєкцій так, щоб зображення на ній давало повне уявлення про форму і розміри предмета. Правильний вибір головного вигляду зумовлює і мінімальну кількість потрібних зображень. Суміщаючи з фронтальною площиною інші площини проєкцій, створюють плоский комплексний рисунок (рис. 2).

Виглядом називають зображення повернутої до спостерігача видимої поверхні предмета. На вигляді інколи показують штриховими лініями (коли це потрібно) невидимі контури предмета.

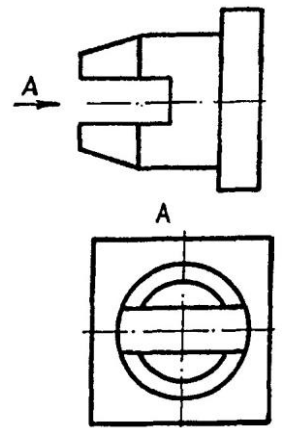
Кожний із шести основних виглядів має назву, залежно від того, на яку площину проєкцій його спроекційовано (рис.2) Основні вигляди розташовують на полі креслення за правилами проєкційного зв'язку, тобто вигляд зверху міститься під головним, вигляд зліва — праворуч від головного і т.д.

Якщо на кресленні основні безпосередньо проекційному у головним то напрям зв'язку, то їх надписують (рис. 3) відповідного



Якщо вигляди не розміщені в розміщено редньому взаємному зв'язку з проекційному зображенням, не проекціювання має бути показаний стрілкою біля зображення.

Над стрілкою та отриманим зображенням (виглядом) слід поставити



одну й ту саму велику Рис 3 літеру (рис. 4). Рис 4

Якщо якусь частину предмета неможливо показати без спотворення форм і розмірів, застосовують додаткові вигляди, що утворюються на площинах, не

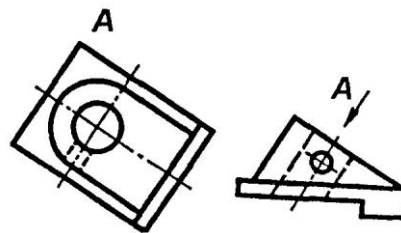


Рис 5

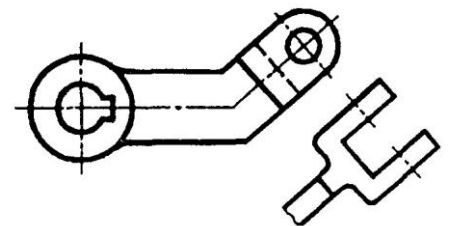


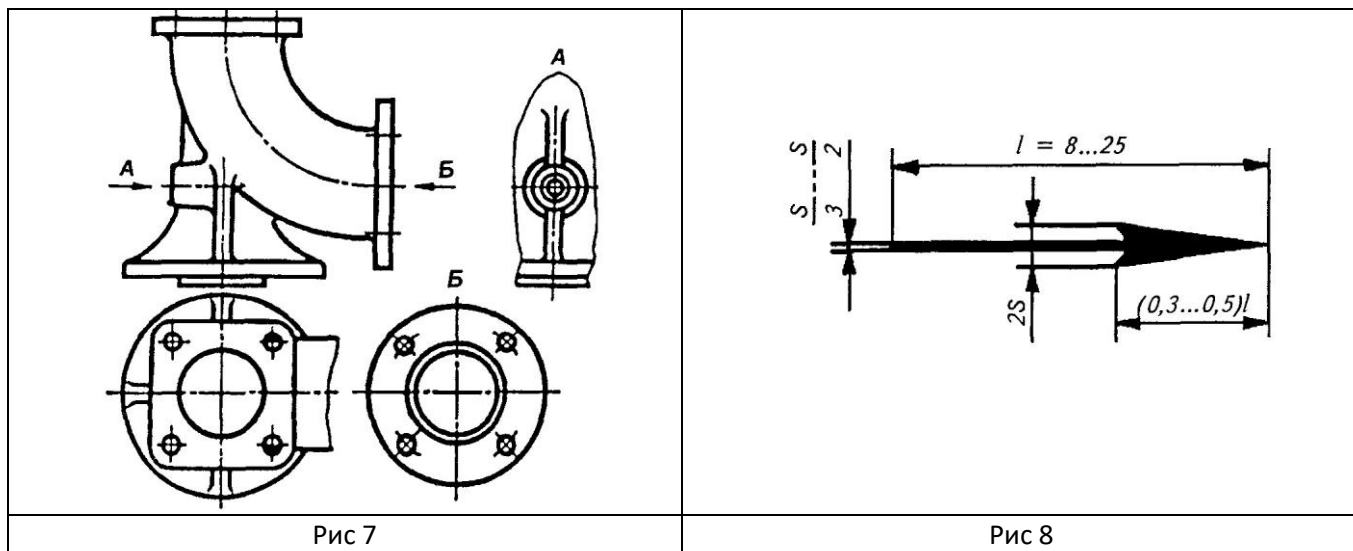
Рис 6

паралельних основним

площинам проєкцій (рис. 5, 6). Додатковий вигляд має бути позначений на кресленні великою літерою, а біля пов'язаного з додатковим виглядом зображення предмета слід поставити стрілку, яка вказує напрям погляду, з відповідним літерним позначенням (рис. 5). Якщо додатковий вигляд розташований у безпосередньому проекційному зв'язку з відповідним зображенням, стрілку і велику літеру не наносять (рис. 6).

Зображення окремого, обмеженого місця поверхні предмета називається *місцевим виглядом* (рис.7).

Місцевий вигляд може обмежуватись лінією обриву або не обмежуватись. Місцевий вигляд відмічають на кресленні так само, як додатковий. Співвідношення розмірів стрілок, що вказують напрям погляду, має відповідати показаним на рис. 8.



2 Розрізи

Більшість деталей мають складну внутрішню будову, а отже, на кресленні може бути багато штрихових ліній, які перетинаються між собою і з суцільними основними контурними лініями, що утруднює читання креслень. Через це вдаються до умовного способу виявлення внутрішньої будови деталі за допомогою розрізів і перерізів. Завдяки останнім можна зменшити кількість зображень, полегшити читання креслень складних за формою деталей.

Розрізом називається таке зображення, на якому деталь умовно розрізана січною площиною, причому частина деталі, що розташована перед січною площиною, умовно усунута, а зображена та частина деталі, що міститься в січній площині та поза нею.

При цьому лінії невидимого контуру стануть видимими і зображатимуться не штриховими, а суцільними основними лініями. Місце розрізу матеріалу деталі покривають штрихуванням, що унаочнює зображення й полегшує читання креслень. Місця, де січна площина проходить по порожнинах, не покривають штрихуванням.

Залежно від кількості січних площин розрізи бувають *прості* — при одній січній площині (наприклад, рис. 9-11) та *складні* — при кількох січних площинах (наприклад, розрізи А-А на рис. 17-19).

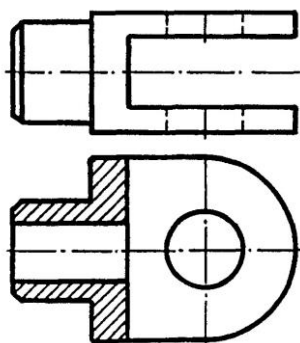


Рис 9

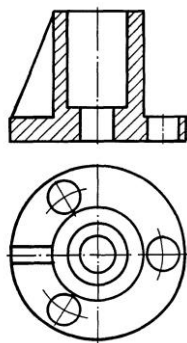


Рис 10

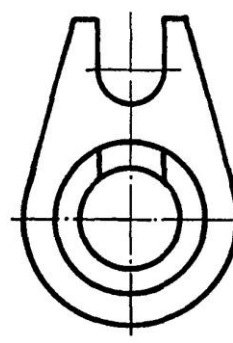
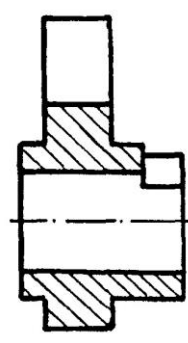


Рис 11



Залежно від положення січної площини щодо горизонтальної площини проєкцій розрізи поділяються на *вертикальні (фронтальні та профільні)* і *горизонтальні*.

Горизонтальні (рис. 9), фронтальні (рис. 10) та профільні (рис. 11) розрізи найчастіше розташовують на місці відповідних основних виглядів. Це дає змогу зменшити кількість зображень.

Положення січної площини вказують на кресленні розімкненою лінією. На штрихах ставлять стрілки, які вказують напрям погляду (рис. 12); стрілки слід наносити на відстані 2-3 мм від кінця штриха. На початку і на кінці лінії перерізу ставлять одну й ту саму велику літеру українського алфавіту. Розріз має бути відмічений написом на зразок "А-А" (рис.12). Коли січна площина збігається з площиною симетрії предмета, а відповідні зображення

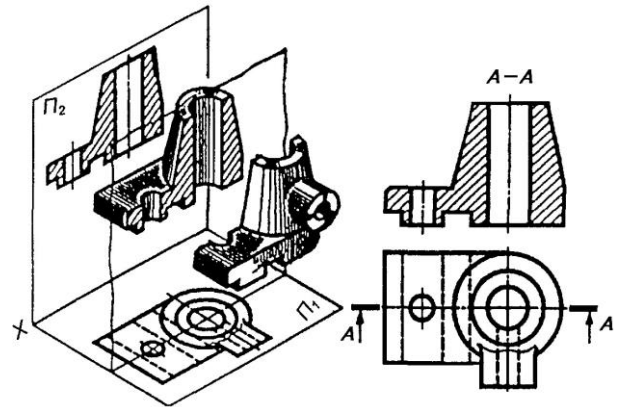


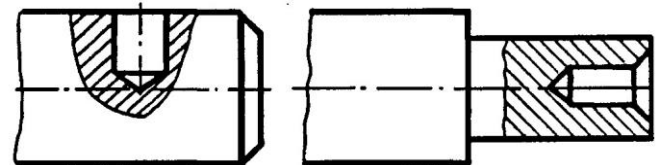
Рис 12

розташовані на одному й тому ж аркуші в

безпосередньому проекційному зв'язку і не

розділені жодними іншими зображеннями, для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів не відмічають положення січної площини і розріз не супроводжують написом (наприклад, розрізи на рис. 9-11).

Розріз, який служить для виявлення будови предмета лише в окремому, обмеженому місці, називається місцевим. Його виділяють



на вигляді суцільною хвилястою лінією

(рис. 13), яка не має збігатись із будь-якими іншими лініями зображення.

Рис 13

Частини вигляду і відповідного розрізу допускається поєднувати, розділяючи їх суцільною хвилястою лінією (рис. 14, 15). Якщо при цьому поєднуються половина вигляду і половина розрізу, кожний з яких є симетричною фігурою, то лінією розділу є вісь симетрії (рис. 16).

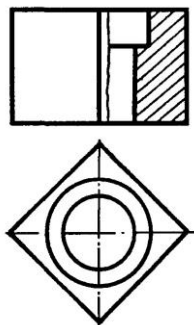


Рис 14

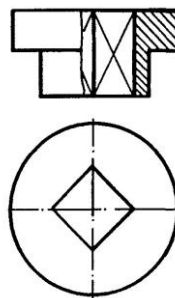


Рис 15

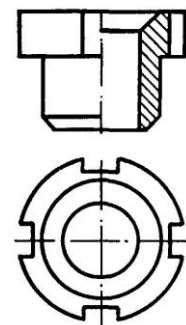


Рис 16

Складні розрізи бувають ступінчастими, якщо січні площини паралельні (рис. 17), і ламаними, якщо січні площини перетинаються (рис. 18, 19). При ламаних розрізах січні площини умовно повертають до суміщення в одну площину (рис. 18). При повертанні січної площини елементи предмета, розташовані за нею, викреслюють так, як вони проєкціюються на відповідну площину, з якою виконується суміщення (рис. 19).

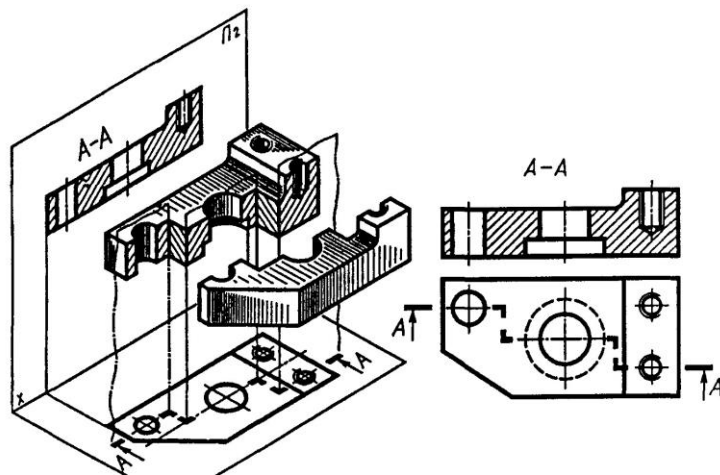


Рис 17

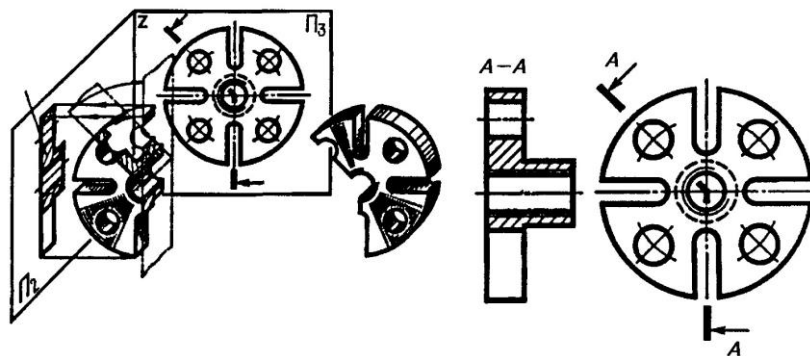


Рис 18

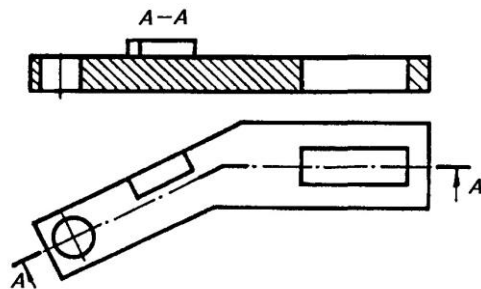


Рис 19

3 Перерізи

Перерізом називається плоска фігура, утворена січною площиною при умовному перерізі деталі, причому зображають лише те, що міститься в січній площині (частину деталі, розташовану за січною площиною, не зображають).

Перерізи на рисунках застосовують переважно для виявлення поперечної форми деталі в тому чи іншому місці.

Площину перерізу проводять перпендикулярно до тієї чи іншої площини проєкцій і позначають розімкненою лінією, як і при розрізах. Щоб зобразити фігуру перерізу у справжню величину, її повертають на 90° ; тоді площина фігури перерізу паралельна площині проєкцій

Перерізи бувають винесені й накладені.

Винесеним називають переріз, який зображають поза контуром зображення. Якщо фігура перерізу симетрична та її вісь збігається з лінією перерізу, стрілки й літерні позначення не проставляють (рис. 20). Якщо переріз розміщують на довільному місці рисунка, то місце перерізу визначають

розімкненою лінією, позначеною літерами, а напрямок суміщення січної площини вказують стрілками. Зображення перерізу супроводжується написом на зразок А-А (рис.21). Винесені перерізи допускається розташовувати у розриві між частинами одного й того самого вигляду (рис.22).

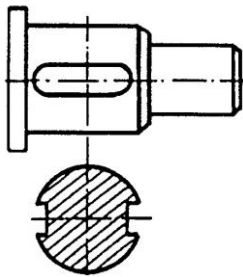


Рис 20

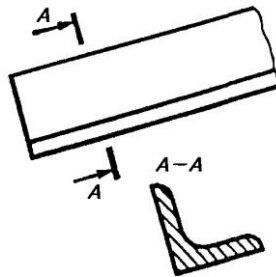


Рис 21

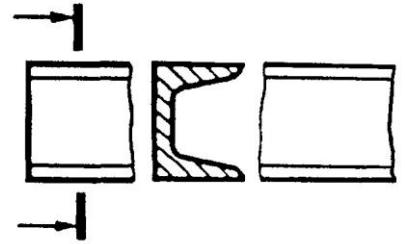
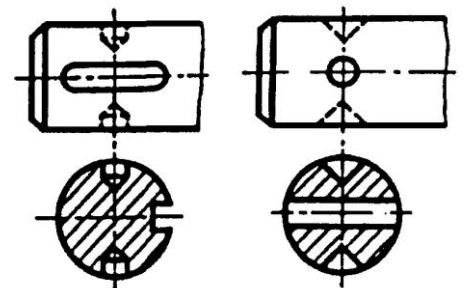
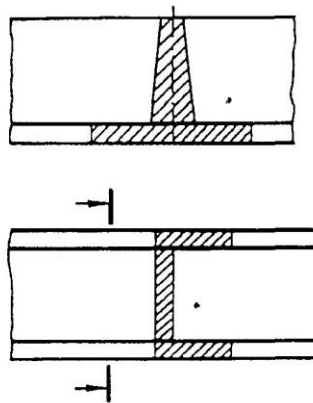


Рис 22

Накладеним називається переріз, розташований безпосередньо на зображенні (рис. 23). Контур накладеного перерізу проводять тонкою суцільною лінією. Літерні позначення на накладених перерізах не проставляють, а стрілки, що вказують напрям повертання, наносять лише при несиметричній формі перерізу.



Якщо січна площина проходить Рис 23 Рис 24 через вісь поверхні обертання, що обмежує отвір або заглиблення, контур отвору чи заглиблення у перерізі показують повністю (рис.24).

4 Умовності та спрощення

Якщо предмет має кілька однакових, рівномірно розташованих елементів, то на його зображенні показують один-два елементи (наприклад, один отвір, рис. 25).

Такі деталі, як болти, гвинти, шпильки, заклепки, вали при поздовжньому розрізі показують не переріжаними.

Такі елементи, як тонкі стінки на зразок ребер жорсткості, спиці шківів, показують не заштрихованими, якщо січна площина напрямлена вздовж осі або довшої сторони такого елемента (див. рис.10).

Якщо потрібно виділити на кресленні плоскі поверхні предмета, на них проводять діагоналі суцільними тонкими лініями (див. рис.15, 26).

Довгі предмети (або елементи), що мають постійний чи закономірно змінний переріз (вали, фасонний прокат і т.ін.), допускається зображати з розривом (рис. 27).

Плавний перехід від однієї поверхні до іншої зображають умовно суцільною тонкою лінією, яка не доходить до контуру зображення (рис. 28, а-в), або зовсім не показують (рис. 29).

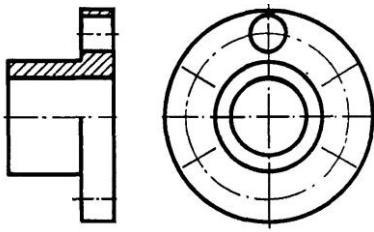


Рис 25

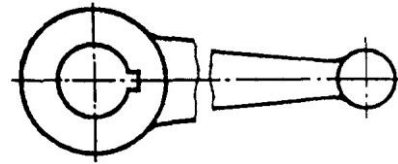


Рис 27

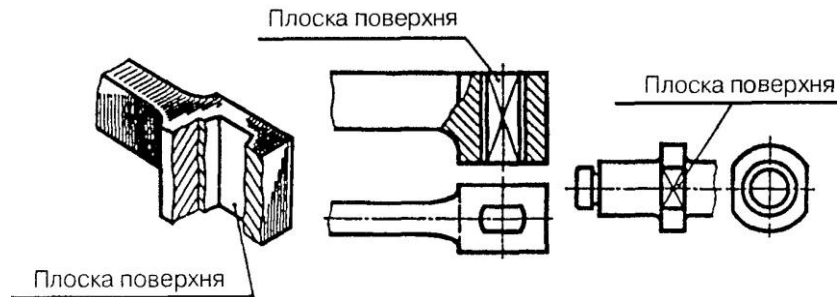


Рис 26

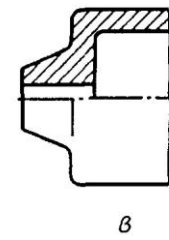
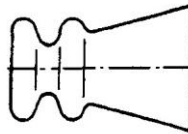
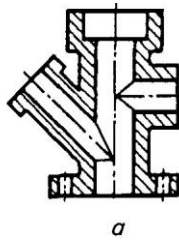


Рис 28

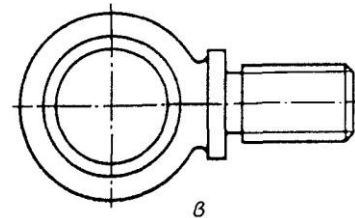
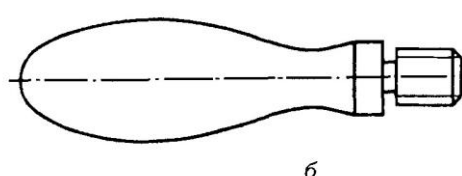
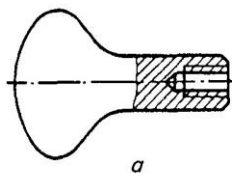


Рис 29

5 Виносні елементи

Додаткове, переважно збільшене зображення частини предмета для з'ясування його форми, розмірів, шорсткості поверхні та інших даних, називається *виносним елементом*.

Виносний елемент може мати подробиці, не показані на відповідному зображенні (рис. 30, а, б), і може відрізнятися від нього змістом (наприклад, зображення є виглядом, а виносний елемент — розрізом, рис.30, в). Виносний елемент треба розміщувати якомога ближче до відповідного місця на зображенні.

Застосовуючи виносний елемент, відповідне місце на вигляді, розрізі чи перерізі предмета обводять замкнутою 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.30).

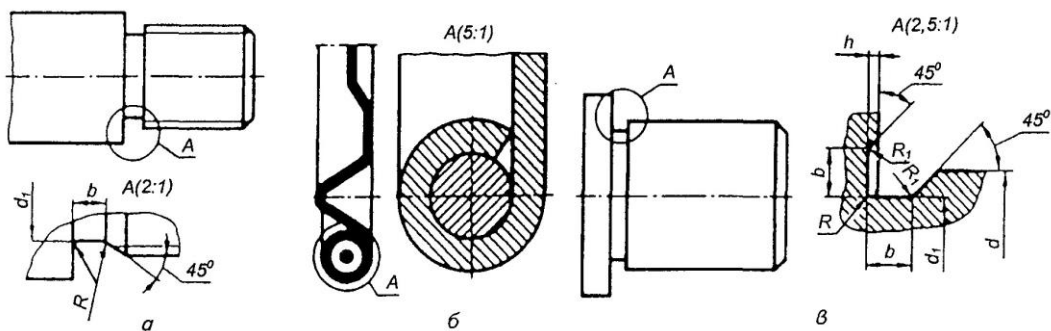


Рис 30

ЗОБРАЖЕННЯ ТА ПОЗНАЧЕННЯ РІЗЕЙ

Поняття про різь

Різь — поверхня, утворена під час гвинтового руху плоского контуру по циліндричній або конічній поверхні.

Різі класифікуються за декількома ознаками:

Залежно від форми поверхні, на якій нарізана різь, вони поділяються на циліндричні (рис. 1) та конічні (рис. 2).

Залежно від розташування різі на поверхні стрижня або отвору вони поділяються на зовнішні (рис. 1-2) та внутрішні (рис. 3).

Залежно від форми профілю різі розрізняють різі трикутного (рис. 4,а), прямокутного (рис. 4,б), трапецеїдального (рис. 4,в), круглого та інших профілів.

Залежно від експлуатаційного призначення різі поділяють на кріпильні, кріпильно-ущільнювальні, ходові, спеціальні та ін.

Кріпильна різь, завдяки своїм конструктивним особливостям, у змозі забезпечити повне й надійне нерухоме з'єднання деталей при статичних і динамічних навантаженнях та різному температурному режимі.

Кріпильно-ущільнювальна різь має забезпечити герметичність з'єднання при різних температурних режимах.

Ходова різь служить для перетворення обертального руху на прямолінійний зі сприйняттям великих зусиль при порівняно малих швидкостях руху.

До спеціальних різей відносять, наприклад, круглу для цоколів і патронів електроламп, круглу для санітарно-технічної арматури, годинникову, окулярну, для об'єктивів мікроскопів, на деталях із пластмас.

5. Залежно від напрямку гвинтової поверхні розрізняють праві (рис. 5,а) та ліві (рис. 5,б) різі.

Права різь утворена контуром, який обертається за ходом годинникової стрілки і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача.

Ліва різь утворена контуром, який обертається проти ходу стрілки годинника і переміщується вздовж осі в напрямку від спостерігача.

6. За числом заходів різі поділяють на однозахідні (рис. 6,а) та багатозахідні: дво- (рис. 6,б), тризахідні (рис. 6,в) і т.д.

Основні параметри різі мають такі визначення.

Крок різі P — відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю в напрямку, паралельному осі різі (рис. 6).

Хід різі t — відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю, які

належать одній і тій же гвинтовій поверхні, в напрямку, паралельному осі різі (рис. 6). Хід різі — величина відносного осьового переміщення гвинта (гайки) за один оберт.

Зовнішній діаметр різі (d — для стрижня, D — для отвору) — діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різі або западин внутрішньої різі (рис. 7).

Внутрішній діаметр різі (d_1 — для стрижня, D_1 — для отвору) — діаметр уявного циліндра, вписаного у западини зовнішньої різі або у вершини внутрішньої різі (рис. 7).

Середній діаметр різі (d_2 — для стрижня, D_2 — для отвору) — діаметр уявного співвісного з різзю циліндра, який перетинає витки різі так, що ширина виступу різі та ширина западини рівні (рис. 7).

Форма і типи різей

Метрична різь

Метрична різь є основним типом кріпильної різі. Профіль різі визначений ГОСТом 9150-81 і є рівностороннім трикутником з кутом профілю 60° (рис. 7). Профіль різі на стрижні відрізняється від профілю різі в отворі величиною затуплення його вершин і западин (рис. 8). Вершини виступів і западин зрізані по прямій або дузі кола, що полегшує виготовлення різі, зменшує концентрацію напружень і запобігає пошкодженню різі під час експлуатації.

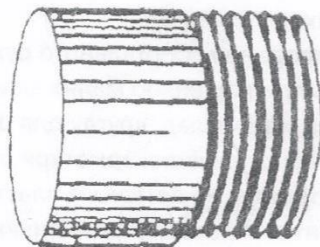


Рис. 1

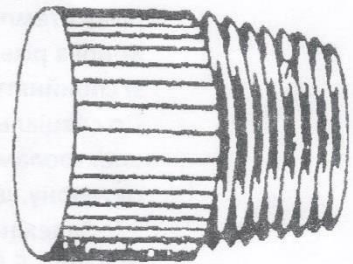


Рис. 2

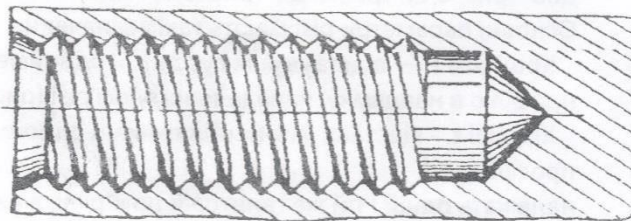


Рис. 3

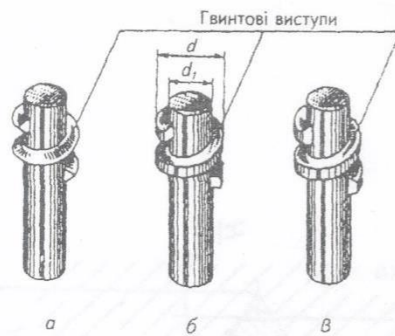


Рис. 4

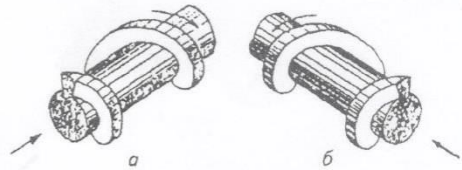


Рис. 5

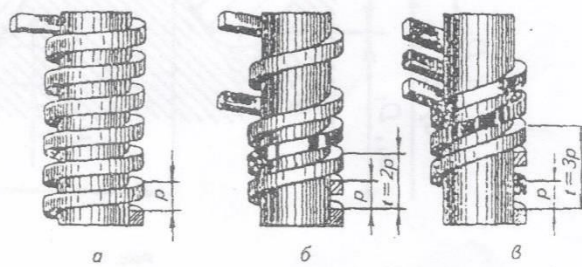


Рис. 6

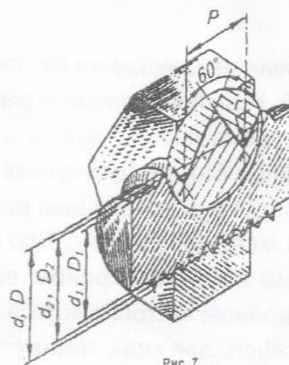


Рис. 7

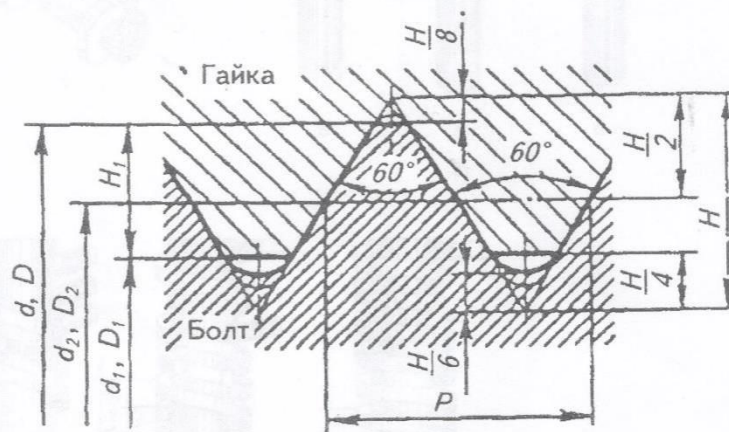


Рис. 8

Основними параметрами метричної різі є номінальний діаметр — (d, D) крок різі P . Розміри елементів різі задаються в міліметрах. Метричні різі бувають з великим (основним) та дрібним кроком. Ці різі за профілем подібні, але для одних і тих же діаметрів вони мають різні значення кроку, а отже, й інші розміри профілю. Визначено три ряди діаметрів метричної різі від 1 до 600 мм (табл. 1). Кожному номінальному розміру різі з великим кроком відповідає декілька дрібних кроків. Різ з дрібним кроком застосовуються у тонкостінних з'єднаннях для збільшення їх герметичності, для здійснення регулювання у приладах точної механіки й оптики, з метою запобігання самовідгвинчуванню деталей.

Таблиця 1

Деякі діаметри та кроки метричних різей

Розміри, мм			
Діаметр		Кроки	
1-й ряд	2-й ряд	великий	дрібні
1		0,25	0,2
1,2		0,25	0,2
1,6		0,35	0,2
	1,8	0,35	0,2
2		0,4	0,25
	2,2	0,45	0,25
2,5		0,45	0,35
3		0,5	0,35
4		0,7	0,5
5		0,8	0,5
6		1	0,75; 0,5
8		1,25	1; 0,75; 0,5
10		1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12		1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
	14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16		2	1,5; 1; 0,75; 0,5
	18	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20		2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
	22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24		3	2; 1,5; 1; 0,75
	27	3	2; 1,5; 1; 0,75
30		3,5	2; 1,5; 1; 0,75
	33	3,5	2; 1,5; 1; 0,75
36		4	3; 2; 1,5; 1
	39	4	3; 2; 1,5; 1
42		4,5	3; 2; 1,5; 1
	45	4,5	3; 2; 1,5; 1
48		5	3; 2; 1,5; 1
	52	5	3; 2; 1,5; 1
56			4; 3; 2; 1,5; 1
	60		4; 3; 2; 1,5; 1
64		6	4; 3; 2; 1,5; 1
	68	6	4; 3; 2; 1,5; 1
72			6; 4; 3; 2; 1,5; 1
	76		6; 4; 3; 2; 1,5; 1
80			6; 4; 3; 2; 1,5; 1
	85		6; 4; 3; 2; 1,5
90			6; 4; 3; 2; 1,5
	95		6; 4; 3; 2; 1,5
100			6; 4; 3; 2; 1,5
	105		6; 4; 3; 2; 1,5
110			6; 4; 3; 2; 1,5
	115		6; 4; 3; 2; 1,5
	120		6; 4; 3; 2; 1,5
125			6; 4; 3; 2; 1,5
	130		6; 4; 3; 2; 1,5
140			6; 4; 3; 2; 1,5
	150		6; 4; 3; 2; 1,5
160			6; 4; 3; 2

Труба циліндрична різь

Профілем трубної циліндричної різі згідно з ГОСТ 6357-81 (рис. 9) рівнобедрений трикутник з кутом при вершині 55° і заокругленими вершинами та западинами. Профілі зовнішньої і внутрішньої різі збігаються, що забезпечує герметичність у з'єднаннях цієї різі (рис. 10). Застосовується переважно в трубопроводах.

Довідкові дані про трубу циліндричну різь подано в табл. 2

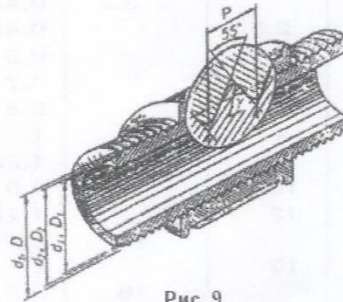


Рис. 9

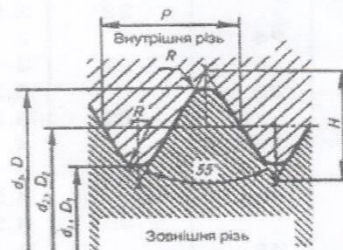


Рис. 10

Таблиця 2

Труба циліндрична різь

Позначення різі, дюйми	Діаметр різі, мм			Крок різі, мм	Число ниток на 1"
	зовнішній	внутрішній	середній		
$(1/8)$	9,729	8,567	9,148	0,907	28
$1/4$	13,158	11,446	12,302	1,337	19
$3/8$	16,663	14,951	15,807	1,337	19
$1/2$	20,956	18,632	19,794	1,814	14
$(5/8)$	22,912	20,588	21,750	1,814	14
$3/4$	26,442	24,119	25,281	1,814	14
$7/8$	30,202	27,878	29,040	1,814	14
1	33,250	30,292	31,771	2,309	11
$(1 1/8)$	37,898	34,941	36,420	2,309	11
$1 1/4$	41,912	38,954	40,433	2,309	11
$1 1/2$	44,325	41,367	42,846	2,309	11
$1 3/4$	47,805	44,847	46,326	2,309	11
2	53,748	50,791	52,270	2,309	11
$(2 1/4)$	59,616	56,659	58,137	2,309	11
$2 1/2$	65,712	62,755	64,234	2,309	11
$2 3/4$	75,187	72,230	73,708	2,309	11
3	81,537	78,580	80,058	2,309	11
$3 1/2$	87,887	84,930	86,409	2,309	11
4	100,334	97,376	98,855	2,309	11
5	113,034	110,077	111,556	2,309	11
6	138,435	135,478	136,957	2,309	11
6	163,836	160,879	162,357	2,309	11

Трубна конічна різь

Трубну конічну різь (ГОСТ 6311-81) застосовують у з'єднаннях труб при великих тисках і температурі, коли вимагається підвищена герметичність з'єднання, наприклад, для нарізних з'єднань паливних, мастильних, водяних та повітряних трубопроводів, машин і верстатів. Кут профілю — 55° , конусність — 1:16 (рис. 11).

Оскільки діаметр конічної різі безперервно змінюється, то її розмір відносять до перерізу в основній площині (приблизно посередині довжини зовнішньої різі). У цьому перерізі діаметр конічної різі дорівнює діаметру трубної циліндричної. Положення основної площини вказується на робочому кресленні (береться зі стандарту).

Збіг в основній площині розмірів трубної конічної різі з розмірами трубної циліндричної дає змогу з'єднати трубну циліндричну різь із зовнішньою трубною конічною різзю (рис. 12).

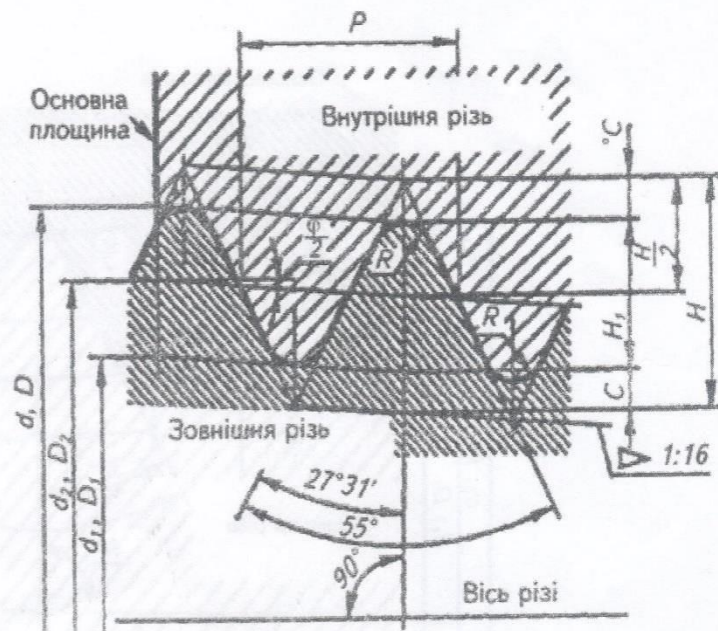


Рис. 11

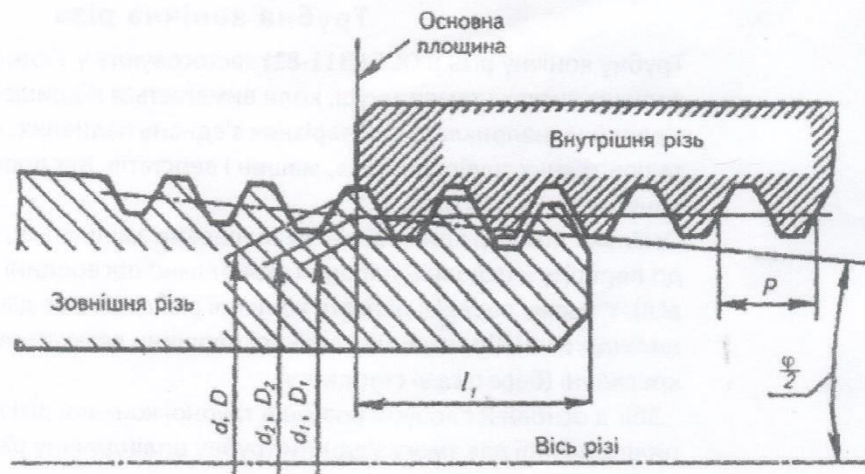


Рис. 12

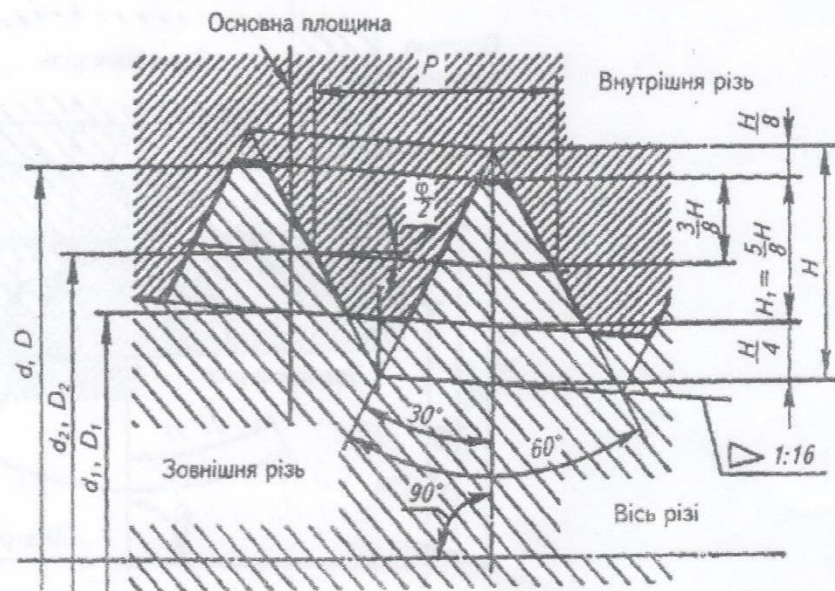


Рис. 13

Метрична конічна різь

Метрична конічна різь із кутом профілю 60° і конусністю 1:16 (рис. 13) згідно з ГОСТ 25229-82 має в основній площині однакові розміри з метричною різзю (ГОСТ 9150-81), тому так, як трубна конічна, може утворювати з'єднання зовнішньої конічної різі з внутрішньою циліндричною (рис. 14). З'єднання такого типу має забезпечувати угвинчування конічної різі на глибину не менше $0,8 l$ (l — довжина різі без збігу на рис. 15).

Дюймова різь

Сьогодні не існує стандарту, який би регламентував основні розміри дюймової різі. Застосування дюймової різі в нових розробках заборонено. Профіль дюймової різі подано на рис. 16.

Дюймова різь застосовується при ремонті обладнання, оскільки експлуатуються деталі з такою різзю. Основні параметри дюймової різі: зовнішній діаметр, виражений у дюймах, і число кроків на дюйм довжини нарізаної частини деталі.



Рис. 14

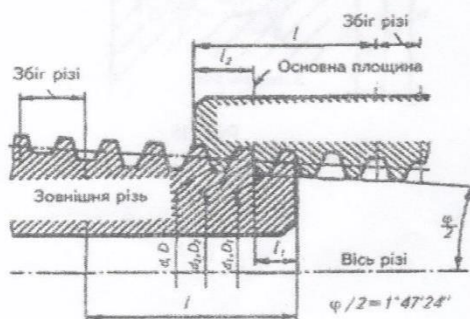


Рис. 15

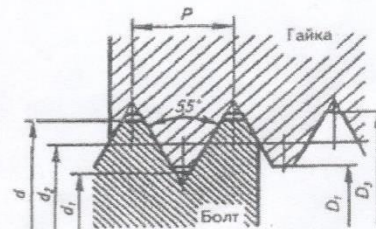


Рис. 16

Конічна дюймова різь

На відміну від трубної конічної різі конічна дюймова має кут профілю 60° . Параметри і розміри визначені ГОСТ 6111-52 (рис. 17). Використовується для діаметрів від $1/16$ " до 2 " при числі кроків на дюйм від 27 до 11,5. Застосовують у з'єднаннях паливних, мастильних, водяних і повітряних трубопроводів, машин і верстатів при невеликих тисках.

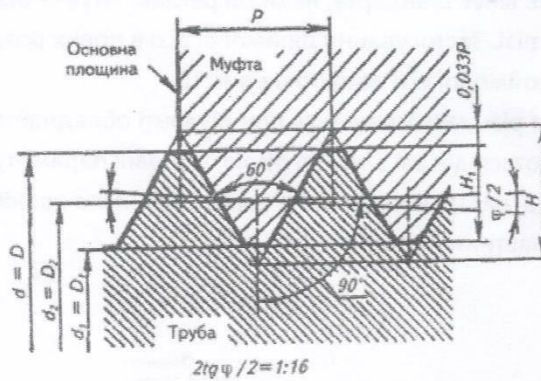


Рис. 17

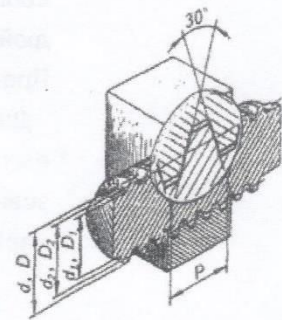


Рис. 18

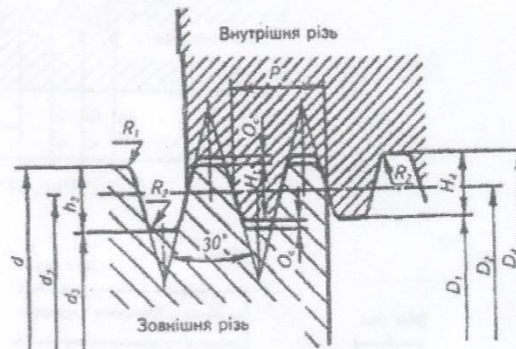


Рис. 19

Трапецеїдальна різь

Трапецеїдальна різь (рис. 18) застосовується для передавання рухів і зусиль. Вона стандартизована для діаметрів від 10 до 640 мм з кроками від 2 до 48 мм (табл. 3). Для кожного діаметра різі стандарт передбачає переважно три різні кроки.

Профіль різі (рис. 19) — згідно з ГОСТ 9484-81.

Трапецеїдальна різь може бути однозахідна та багатозахідна, права та ліва.

Основні розміри однозахідної різі — згідно з ГОСТ 24737-81; діаметри і кроки однозахідної різі — згідно з ГОСТ 24738-81; діаметри, кроки та ходи багатозахідної різі — згідно з ГОСТ 24739-81.

Упорна різь

Профіль різі (ГОСТ 10177-82) - нерівнобічна трапеція з кутом робочої сторони 3° і неробочої 30° (рис. 20). Упорна різь характеризується високою міцністю. Гвинтова пара з упорною різзю має високий коефіцієнт корисної дії. Різь застосовується у вантажних гвинтах для передавання великих зусиль, які діють в одному напрямку (в домкратах, пресах тощо).

Діаметри і кроки упорної різі подано в табл.4. Застосовується в з'єднаннях, де не має бути самовідгвинчування.

Прямокутна різь

Застосовується в з'єднаннях, де не має бути самовідгвинчування під дією прикладеного навантаження. Оскільки профіль цієї різі не стандартизований, то на кресленні наводять усі дані, потрібні для її виготовлення (рис. 21).

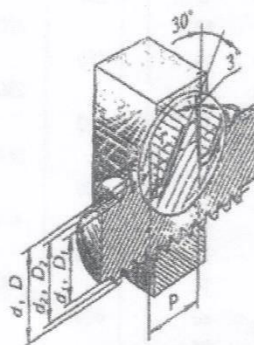


Рис. 20

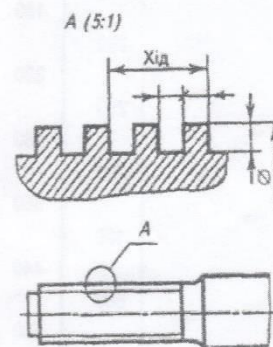


Рис. 21

Таблиця 3

Діаметри від 10 до 600 мм і кроки
трапецеїдальної однозахідної різі

Діаметр		Кроки, мм		
1-й ряд	2-й ряд			
10		3	2	
12		3	2	
	14	3	2	
16		4	2	
	18	4	2	
20		4	2	
	22	8	5	2
26		8	5	2
	28	8	5	2
32		10	6	3
	36	10	6	3
40		10	6	3
	44	12	8	3
50		12	8	3
	55	12	8	3
60		12	8	3
	70	16	10	4
80		16	10	4
	90	20	12	5
100		20	12	5
	110	20	12	5
120		24	16	6
	140	24	16	6
160		24	16	8
	180	32	20	8
200		32	20	10
	220	32	20	10
250		40	24	12
	280	40	24	12
320		48		12
	360	48		12
400		48		12
	440			16
500				16
	560			20
600				24

Таблиця 4

Діаметри і кроки упорної різі

Діаметри, мм		Кроки, мм		
1-й ряд	2-й ряд			
10				2
12				2
	14			2
16				2
	18			2
20				2
	22	8	5	2
26		8	5	2
	28	8	5	2
32		10	6	3
	36	10	6	3
40		10	6	3
	44	12	8	3
50		12	8	3
	55	12	8	3
60		12	8	3
	70	16	10	4
80		20	12	5
	90	20	12	5
100		20	12	5
	110	24	16	6
120		24	16	6
	140	24	16	8
160		32	20	8
	180	32	20	10
200		32	20	10
	220	40	24	12
250		40	24	12
	280	48		12
320		48		12
	360	48		12
400				16
	450			16
500				20
	560			24
600				

Виконання ескізу деталі з натури

Ескізом називається креслення для одноразового використання, виконане від руки, тобто без креслярських інструментів і без застосування точного масштабу.

Ескіз рекомендується виконувати на міліметровому папері або на аркуші в клітинку, бо це полегшує дотримання проекційного зв'язку, паралельності ліній. Симетричності тощо.

Ескізи виконують за всіма вимогами, які ставляться до робочих креслень. Послідовність виконання ескізу деталі з натури можна поділити на дві стадії: підготовчу та основну.

1. Розглядаючи деталь, уявно розчленовують її на прості геометричні форми та з'ясовують, як ці форми поєднані в одне ціле. Ознайомлюються з конструкцією деталі, виявляють симетрію чи асиметрію деталі та її частин, наявні отвори, виступи, проточки, канавки, різь тощо.
2. З'ясовують призначення деталі, робоче положення в механізмі, матеріал, з якого її виготовлено, назву деталі тощо.
3. Вибирають положення деталі для побудови її головного зображення, а також потрібні зображення: вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи, які повністю розкривають зовнішню і внутрішню будову.
4. Визначають величину зображення, підготовляють папір, олівці, гумку. Розмір ескізу має допомогти виявити форму найдрібніших елементів деталей й полегшити нанесення розмірів.

Основна стадія виконання ескізу:

1. На вибраному форматі паперу наносять рамку, і в правому нижньому куті виділяють місце для основного напису.
2. Визначають на око габаритні розміри деталі й наносять габаритні прямокутники – місця розташування зображень деталі. При цьому важливо врахувати і площу, яка потрібна для нанесення розмірів, позначень, технічних умов.
3. Проводять осі симетрії деталі та основні осі отворів. За визначеними на око пропорціями на зображення наносять контури елементів деталі й будують зовнішній її обрис (рис. 1, а).
4. Намічають контури розрізів і перерізів. Проводять лінії внутрішнього контуру при зображенні розрізів (рис. 1, б). Виконують потрібні виносні елементи, додаткові та місцеві вигляди.
5. Усувають зайві лінії. Обводять видимий контур суцільною основною лінією, заштриховують розрізи та перерізи (рис. 1, в).
6. Наносять виносні та розмірні лінії (рис. 1, в). Розміри зовнішніх елементів розміщують переважно з боку вигляду. А внутрішніх – з боку розрізу.
7. Вимірюють деталь і проставляють розмірні числа за правилами ГОСТ 2.307-68 (рис. 1, г).
8. Визначають шорсткість поверхні, виходячи з умов її виготовлення або призначення, і показують на кресленні відповідними знаками (рис. 1, г).
9. Виконують потрібні написи, технічні умови. Заповнюють основний напис і остаточно оформлюють ескіз.

Приклади виконання та оформлення ескізів деяких деталей показані на рис. 2-5.

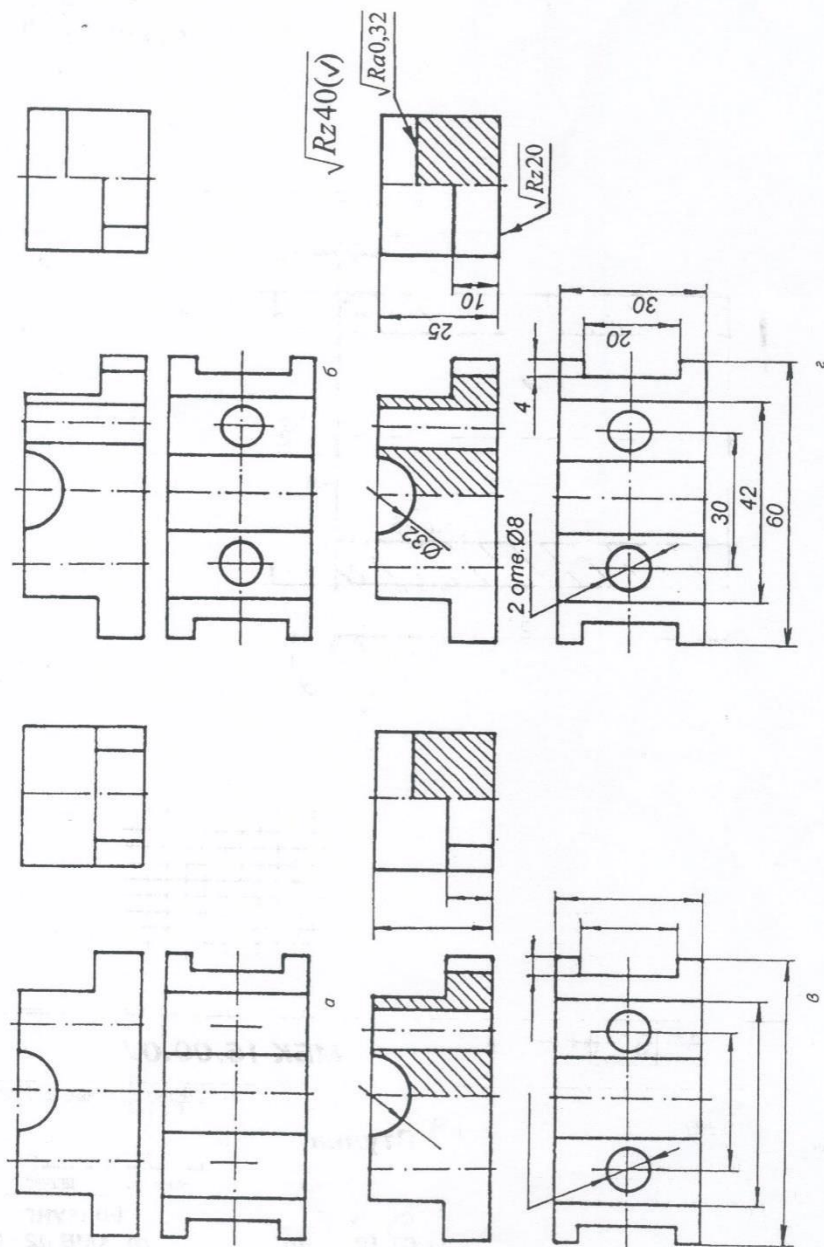
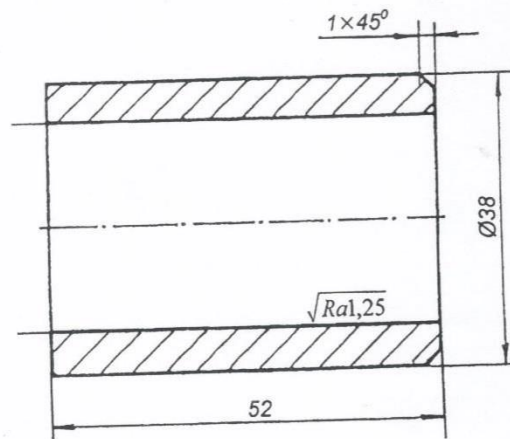


Рис. 1

$\sqrt{Ra3,2(\checkmark)}$



МБК 15.00.07

					МБК 15.00.07						
					Втулка			Літера		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата							
Креслив		Козак									
Перевірив		АНТОНОВИЧ									
							Аркуш	Аркушів 1			
					Сталь 45 ГОСТ 1050-88			іФНТУНГ			
Н. контр.								гр. КМВ 02-1			
Затвердив											

Рис. 2

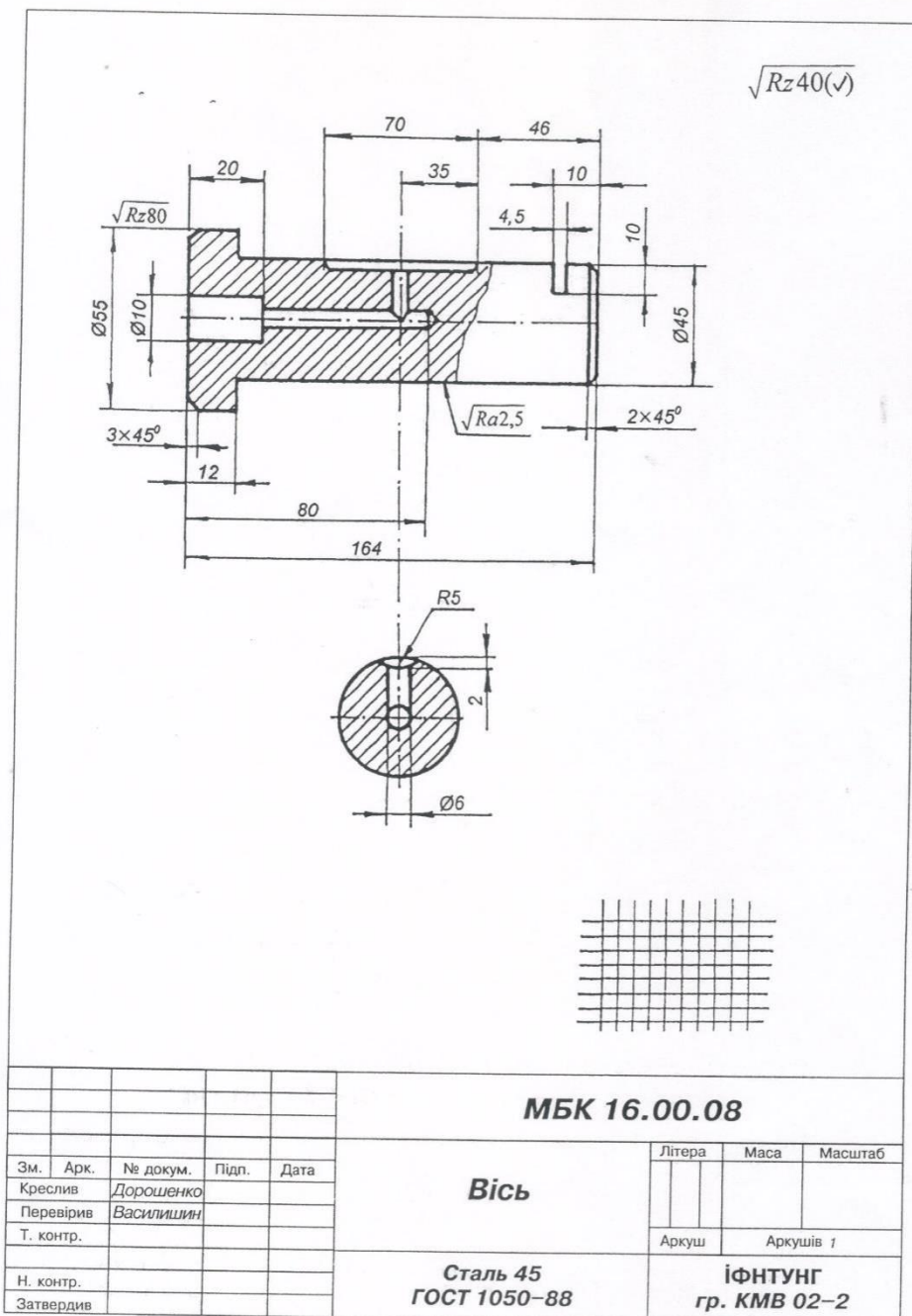
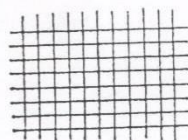
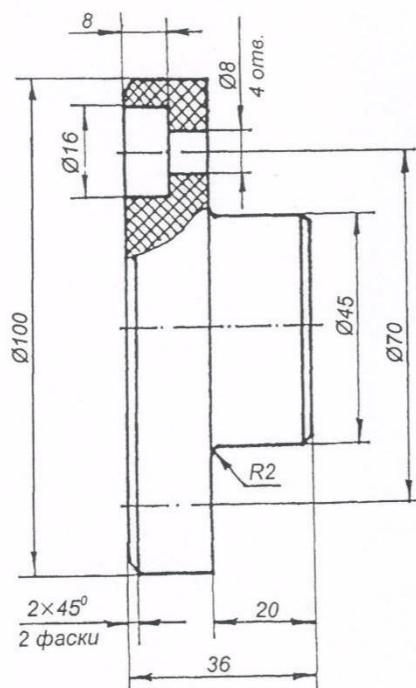


Рис. 3



					МБК 17.00.04		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Креслив		Сагайдак					
Перевірю		Василишин					
Т. контр.							
Н. контр.							
Затвердив							

Кришка

Вініпласт ВН
ГОСТ 9639-71

Літера	Маса	Масштаб
Аркуш	Аркушів 1	

ІФНТУНГ
гр. КМВ 02-1

Рис. 4

Шорсткість поверхонь

Механічна обробка залишає на поверхні виробу нерівності у вигляді гребінців і западин різної величини та форми (рис.1).

Під шорсткістю поверхні (ГОСТ 2789-73) розуміють сукупність нерівностей з відносно малими кроками, виміряну на певній довжині l , яку називають базовою.

У виробничій практиці та навчальному кресленні користуються головним чином параметрами R_a і R_z . Параметр R_a визначають як середнє арифметичне абсолютних відхилень профілю в межах базової довжини l (рис.1):

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

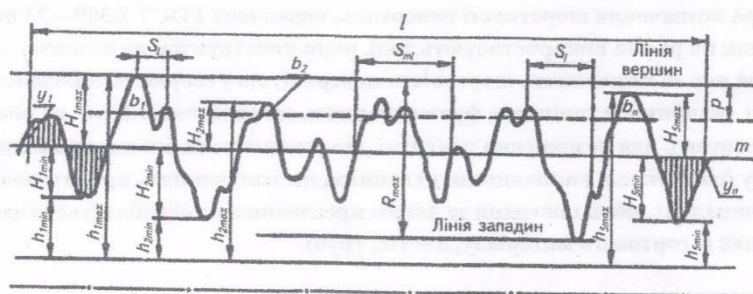


Рис.1

Параметр R_z – сума середніх арифметичних абсолютних відхилень точок п'яти найбільших максимумів і п'яти найменших мінімумів у межах базової довжини l :

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i_{max}}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i_{min}}| \right)$$

Величини R_a і R_z вибирають з рядів, наведених у стандарті.

У табл. 1 показаний зв'язок між класами шорсткості і параметрами R_a і R_z шорсткості поверхні. За параметром R_z вимірюють класи шорсткості 1 - 5-й та 13 – 14-й, а за параметром R_a - 6 – 12-й.

Як приклад на рис. 2 показано шорсткості поверхні сталі при різних методах обробки.

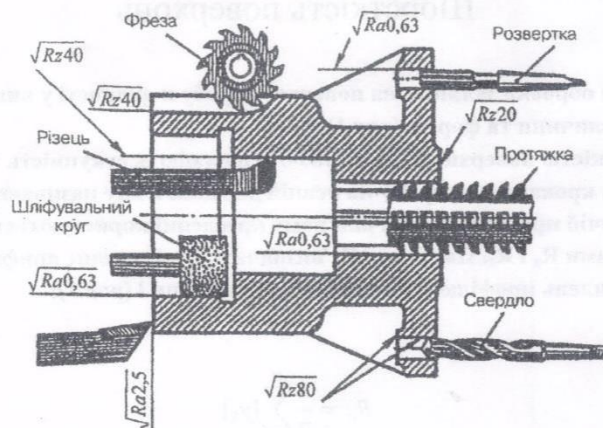


рис.2

Структура позначення шорсткості поверхонь, визначена ГОСТ 2.309 – 73 показана на рис.3. Знак на рис.4а використовують тоді, коли конструктор не визначає вид обробки. Знаком на рис.4б позначають шорсткість поверхні, що утворюється видаленням шару матеріалу (наприклад точінням, фрезеруванням, свердлінням). Знак на рис.4в використовують для позначення поверхні, що утворюється без видалення шару матеріалу (наприклад, виливанням, куванням, штампуванням, прокатуванням), а також у випадках, коли поверхня за даним кресленням не обробляється (наприклад, для деталей із сортового матеріалу, листів, труб).

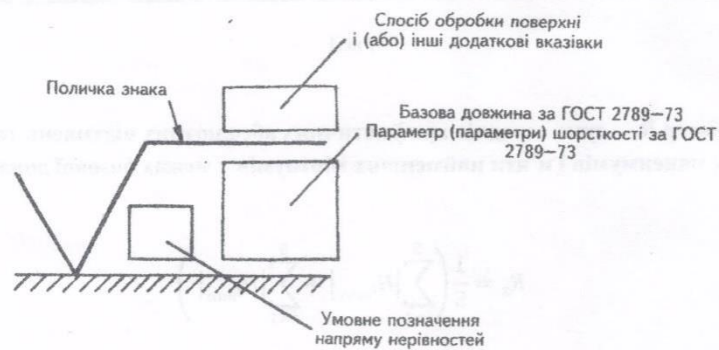


Рис.3

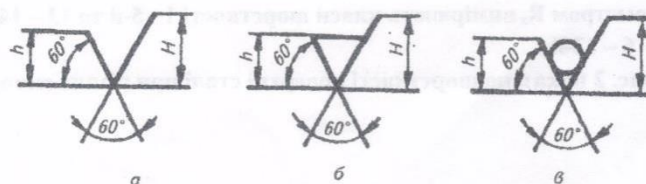


Рис.4

Висота h знаків (рис.4) має приблизно дорівнювати висоті цифр розмірних чисел, а висота $H = (1,5+5)h$. Товщина ліній цих знаків дорівнює половині товщини суцільної основної лінії.

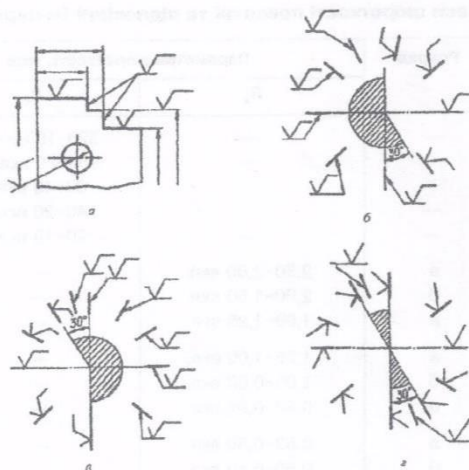


Рис.5

Значення параметра шорсткості вказують у позначенні шорсткості після відповідного символу, наприклад $R_{a}0,4$; R_z20 .

При нанесенні позначень шорсткості треба дотримуватись таких правил:

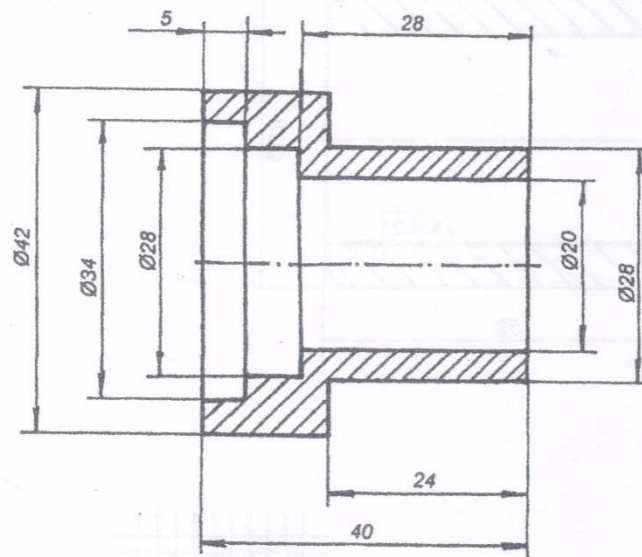
1. Позначення шорсткості поверхонь розміщують на лініях контуру, виносних лініях або полчках ліній-виносок; коли місця мало, дозволяється писати їх на розмірних лініях, їх продовженні або в розриві виносної лінії (рис.5а).
2. Знак шорсткості, що має полчку, розміщують відносно основного напису так, як показано на рис.5б,в; знак, що не має полчки, - як на рис.5г. Якщо лінія контуру поверхні розташована у заштрихованих зонах, позначення шорсткості проставляють на полці ліній-виноски.
3. Коли всі поверхні виробу мають однакову шорсткість, її позначення проставляють у правому верхньому куті креслення, а на зображеннях ніяких знаків не наносять (див. рис.6). Розміри і товщина ліній знака, винесеного у правий верхній кут, мають бути у 1,5 рази більші за позначення, нанесені на зображенні.
4. Якщо однакову шорсткість має лише частина поверхонь виробу то позначення цієї шорсткості наносять у правому верхньому куті креслення (див. рис.7, 8, 9, 10) і поруч проставляють знак $\sqrt{}$.
5. Якщо частина поверхонь виробу за даним кресленням не обробляється, в правому верхньому куті креслення перед позначенням $\sqrt{}$ наносять знак як на рис.11, 12.

Таблиця 1

Класи шорсткості поверхні та відповідні їм параметри

Клас шорсткості поверхні	Розряд	Параметри шорсткості, мкм		Базова довжина λ , мм
		R_a	R_z	
1	—	—	320–160 вкл.	8,0
2	—	—	160–80 вкл.	
3	—	—	80–40 вкл.	
4	—	—	40–20 вкл.	
5	—	—	20–10 вкл.	2,5
6	а	2,50–2,00 вкл.	—	
	б	2,00–1,60 вкл.	—	
	в	1,60–1,25 вкл.	—	
7	а	1,25–1,00 вкл.	—	0,8
	б	1,00–0,80 вкл.	—	
	в	0,80–0,63 вкл.	—	
8	а	0,63–0,50 вкл.	—	
	б	0,50–0,40 вкл.	—	0,25
	в	0,40–0,32 вкл.	—	
9	а	0,32–0,25 вкл.	—	
	б	0,25–0,20 вкл.	—	
	в	0,20–0,16 вкл.	—	
10	а	0,160–0,125 вкл.	—	0,08
	б	0,125–0,100 вкл.	—	
	в	0,100–0,080 вкл.	—	
11	а	0,080–0,063 вкл.	—	
	б	0,063–0,050 вкл.	—	0,025
	в	0,050–0,040 вкл.	—	
12	а	0,040–0,032 вкл.	—	
	б	0,032–0,025 вкл.	—	0,08
	в	0,025–0,020 вкл.	—	
13	а	—	0,100–0,080 вкл.	
	б	—	0,080–0,063 вкл.	0,08
	в	—	0,063–0,050 вкл.	
14	а	—	0,050–0,040 вкл.	
	б	—	0,040–0,032 вкл.	
	в	—	0,032–0,025 вкл.	

$\sqrt{Rz20}$



					МБК 18.00.07			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Втулка	Літера	Маса	Масштаб
Креслив		Лисенко				Н		1:1
Перевіряв		Попова				Аркуш	Аркушів 1	
Т. контр.								
Н. контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88	ДКРКМ ДНУгр.22		
Затвердив								

Рис.6

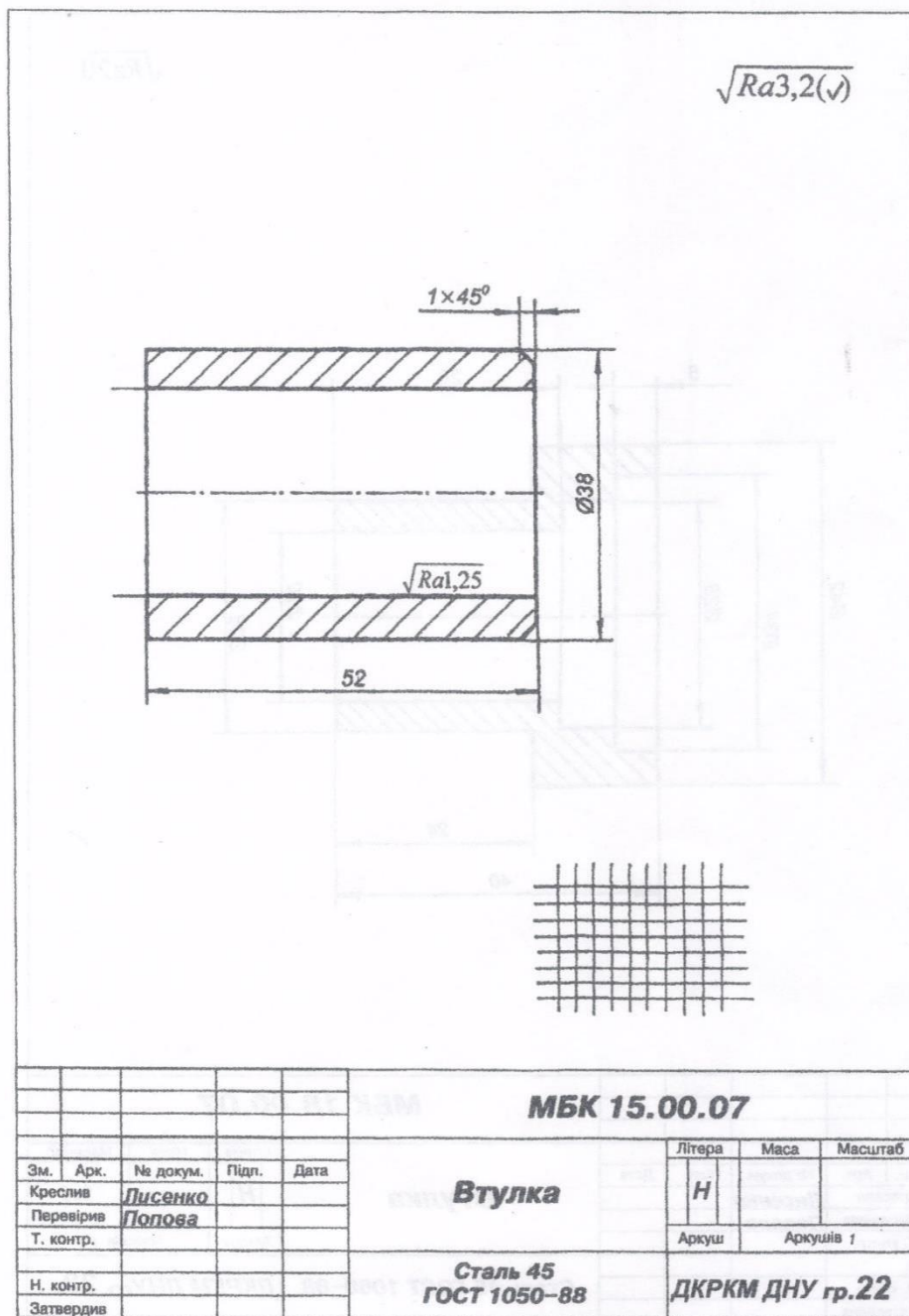


Рис.7

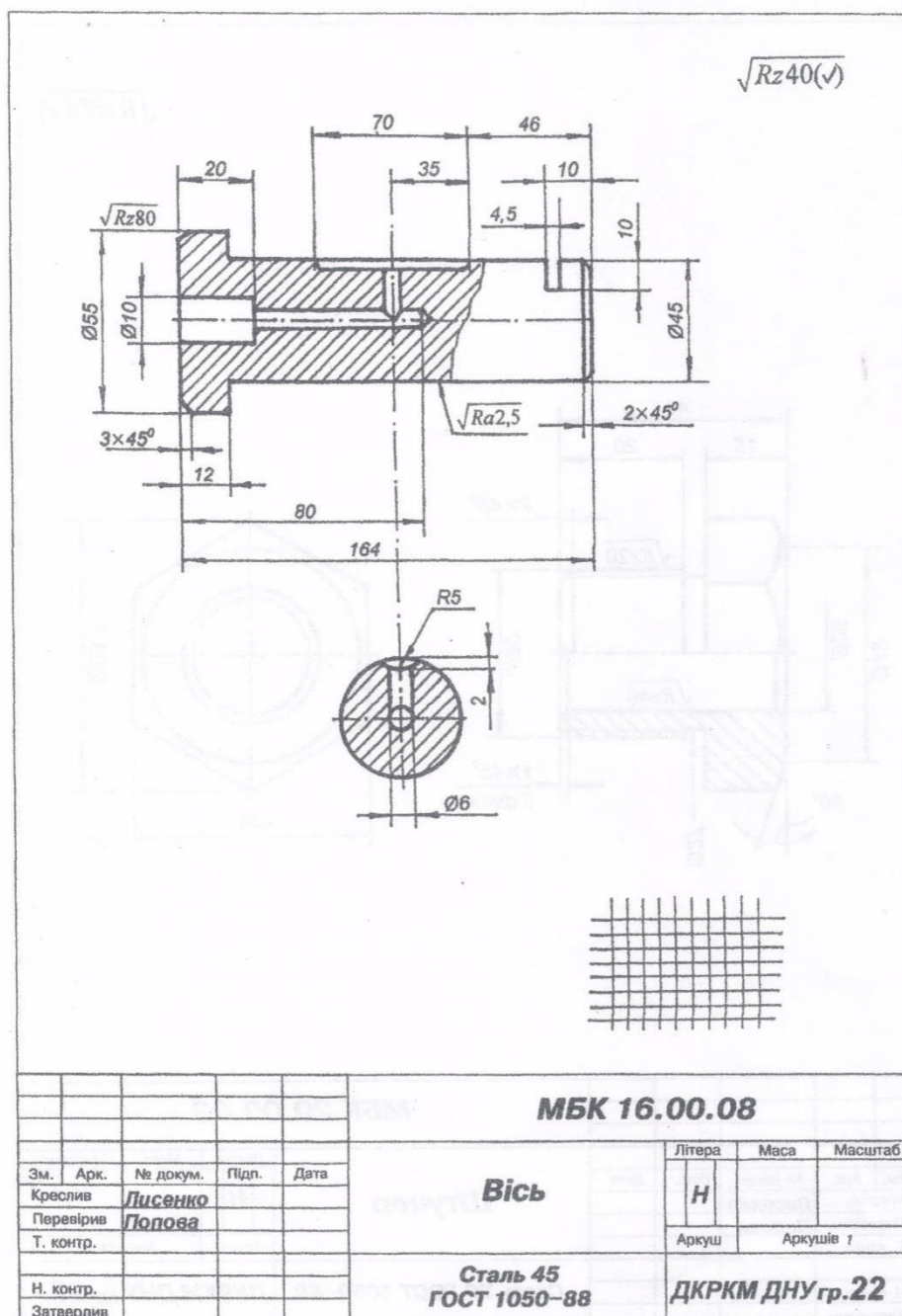


Рис.8

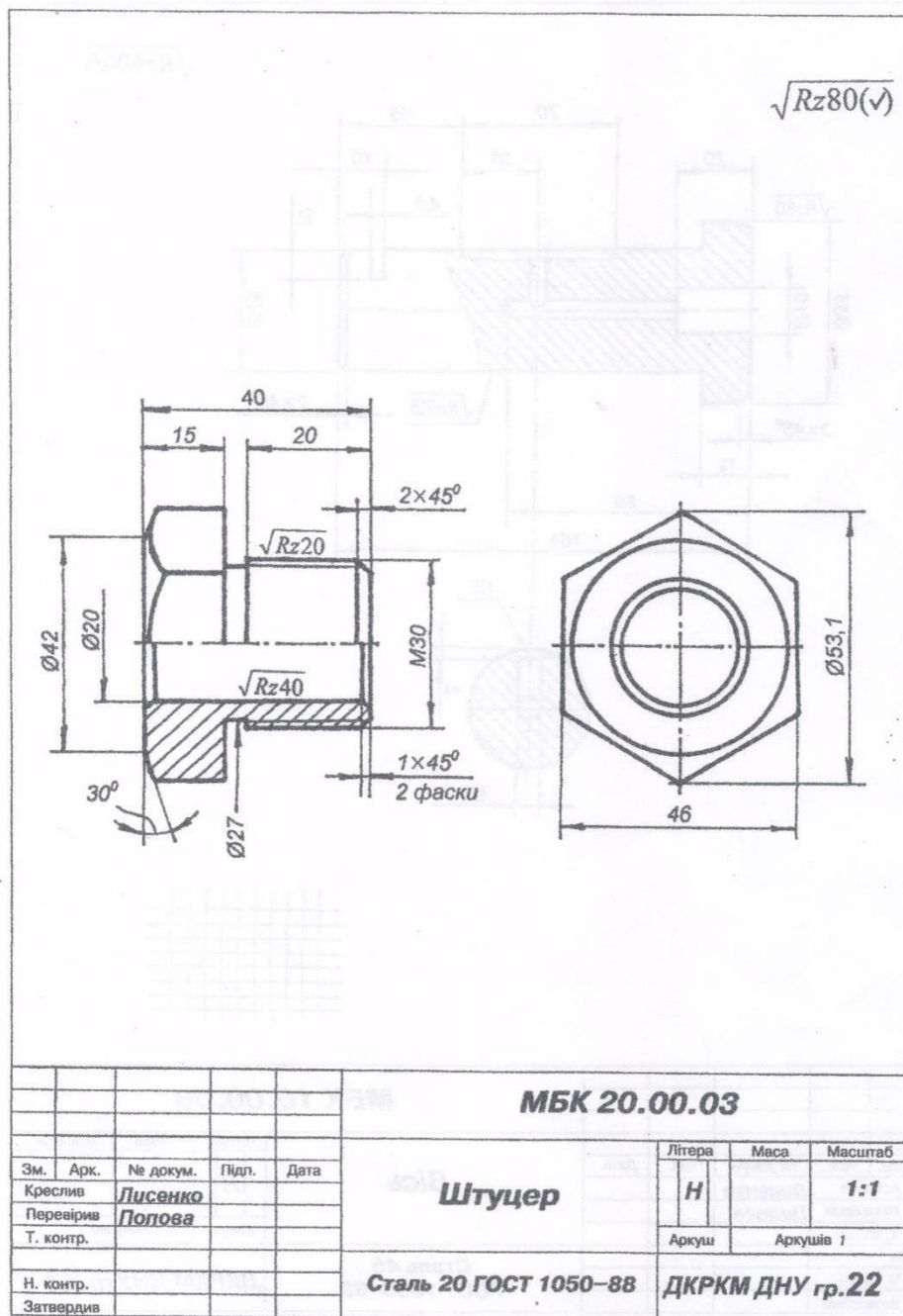


Рис.9

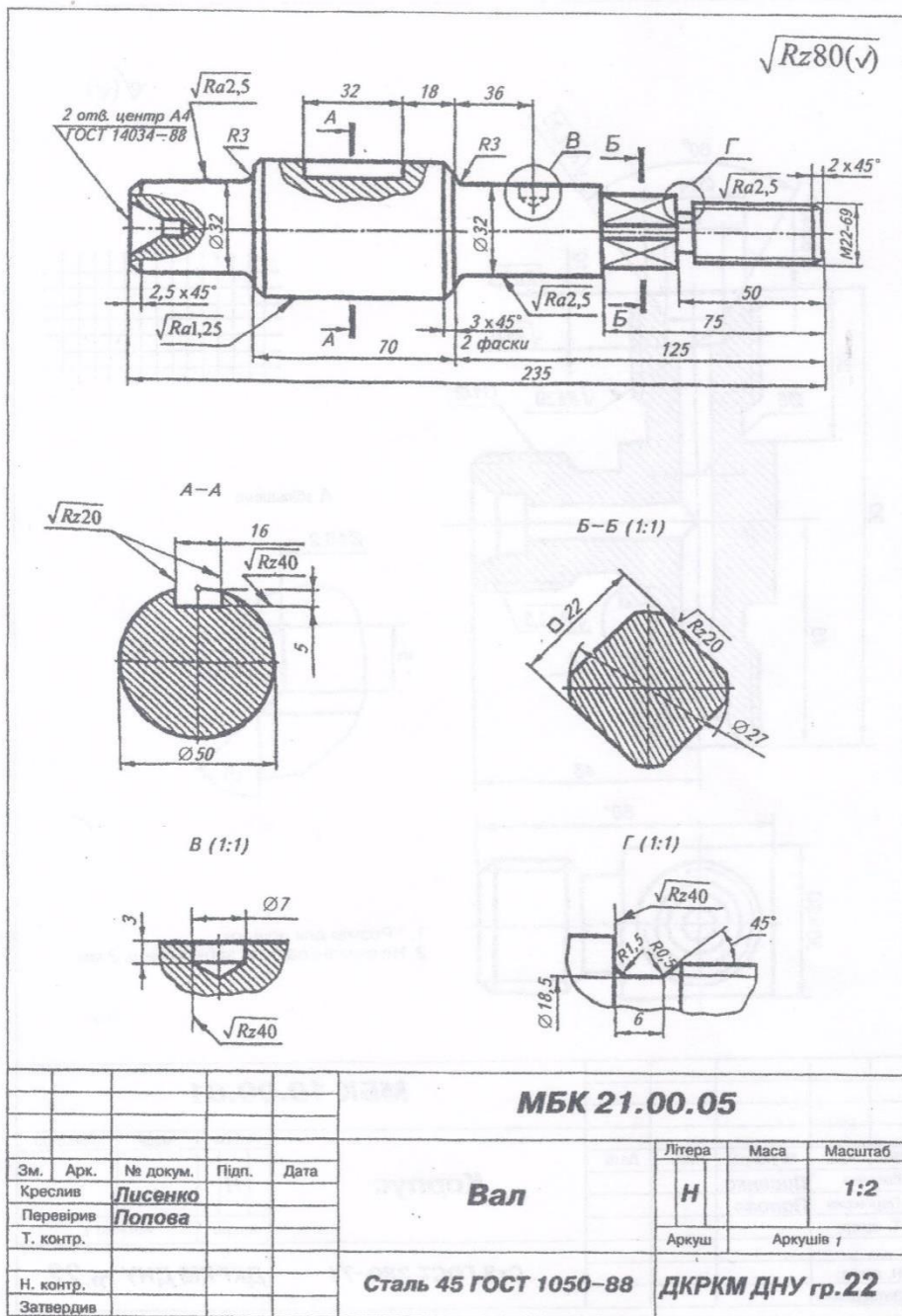


Рис.10

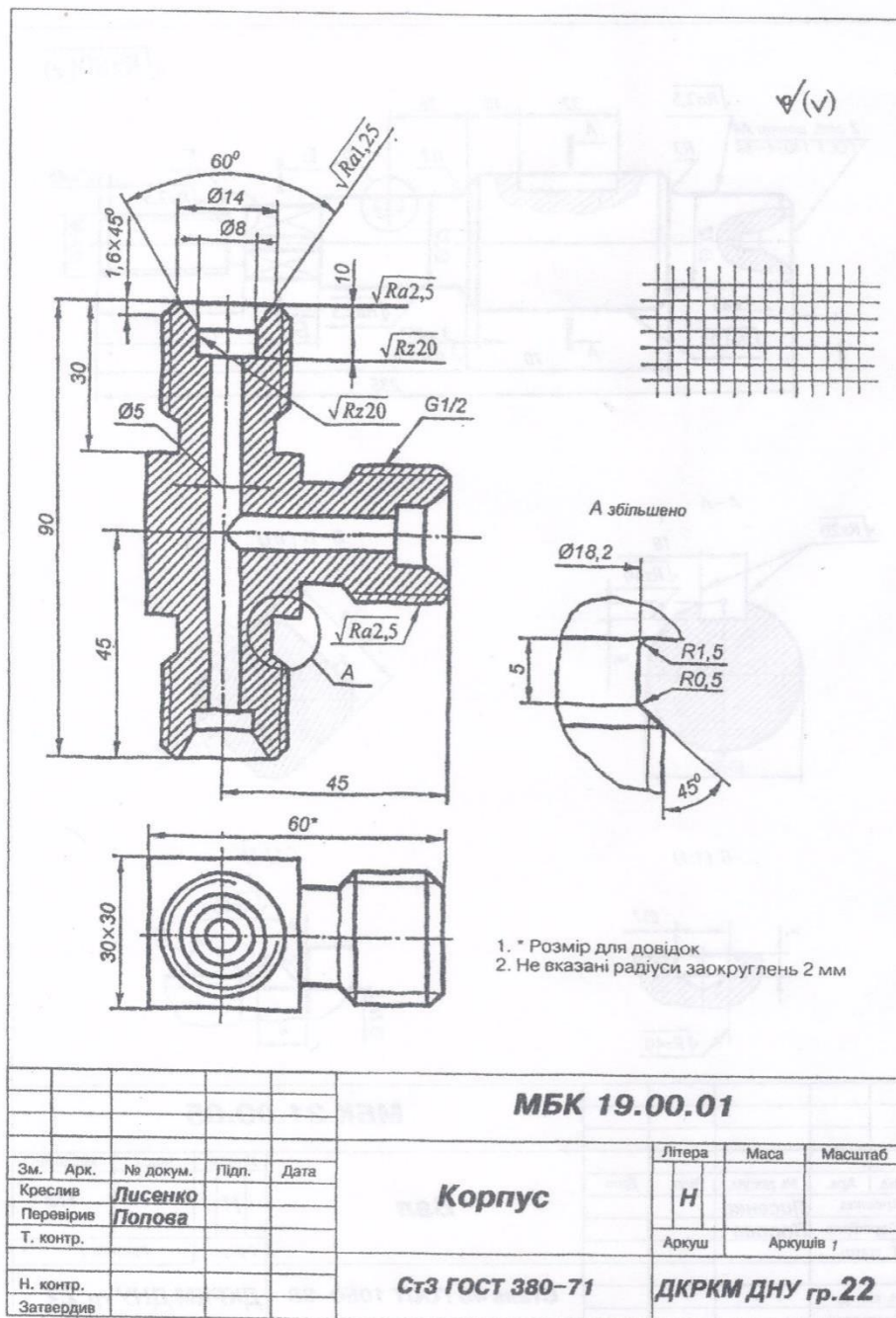


Рис.11

МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Деталі машин і механізмів, різні пристрої та споруди виготовляють із різноманітних металів чи неметалевих матеріалів.

До матеріалів належить: сталі, чавуни, кольорові метали та їх сплави.

До неметалевих матеріалів належать природні матеріали(деревина, глина, пісок тощо) та штучні(скло, бетон, повсть, гума, пластмаси та ін.).

На кресленнях деталей застосовують два види позначень матеріалів: літерно-цифрове, що характеризує його марку, яке записують у графу «Матеріали» основного напису, і графічне, спільне для груп однорідних матеріалів (метали, неметалеві матеріали, бетони тощо), яке застосовують лише на зображеннях деталі переважно в розрізах і перерізах.

Розглянемо позначення в конструкторських документах найпоширеніших марок матеріалів.

Сталь – це сплав заліза з вуглецем (близько 2%). За хімічним складом сталь поділяють на вуглецеву та леговану, а за призначенням – конструкційну, інструментальну та спеціальну.

Сталь вуглецеву звичайної якості (ГОСТ 380-71) залежно від призначення поділяють на три групи:

група А – поставляють за механічними властивостями; це сталі марок:Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;

група Б – поставляють за хімічним складом; це сталі марок: БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;

група В – поставляють за механічними властивостями та хімічним складом; це сталі марок: ВСт0, ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Прикладом умовного позначення: Ст3 ГОСТ 380-71.

У табл. 1 наведено марки та призначення вуглецевої сталі звичайної якості.

Сталь вуглецеву якісну конструкційну (ГОСТ1050-88) виготовляють таких марок: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 65Г та ін.. У позначенні марки число показує середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а літера «Г» - наявність марганцю (1%).

У табл. 2 подано марки та призначення вуглецевої якості конструкторської сталі .

Приклад умовного позначення: Сталь 20 ГОСТ 1050-88.

У позначенні вуглецевої інструментальної сталі літера У означає вуглецеву сталь, цифра в марці показує середній вміст вуглецю в десятих частках відсотка. Цю сталь випускають марок У7, У8, У8Г, У9Г, У8ГА та ін.. Літера «Г» показує збільшений вміст марганцю, а літера «А» - високу якість сталі. Приклад умовного позначення:

Сталь У8 ГОСТ 1435-74.

У табл. 3 подано марки інструментальної сталі та їх переважне застосування.

У позначеннях легованих сталей введено літерне позначення легуючих елементів і матеріалів, що утворюють сплав. У позначеннях марок перші дві цифри показують середній вміст вуглецю в сотих частинах відсотка, літери, що стоять за цифрами, означають: Н – нікель, Г – марганець, С – кремній, Ю – алюміній, М – молібден, Х – хром, В – вольфрам, Д – мідь, Т – титан, Ф – ванадій. Літера А в кінці позначення означає високоякісну сталь, Ш – особливо якісну. Якщо вміст легуючого елемента перевищує 1,5%, то після літери елемента ставлять цифру, яка показує його вміст у відсотках.

Легована сталь (ГОСТ 4543-71) має багато марок, наприклад:

Хромисті -15Х, 15ХА, 20Х, 38ХА, та ін..

Марганцевисті – 15Г, 20Г, 45Г, 35Г2, та ін..

Хромомарганцеві – 18ХГ, 20ХГ, 30ХГТ, 25ХГМ та ін..

Хромомолібденові і хромомолібденованадієві – 15ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 30ХЗМФ та ін..

У табл. 4 подано застосування легованої конструкційної сталі.

Виливки з конструкційної легованої сталі (ГОСТ 977-75) поділяють на три групи:

I – звичайного призначення; II – відповідального призначення; III – особливо відповідального призначення. Виливки виготовляють зі сталей марок: 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 45Л, 20ГЛ, 30ГСЛ, 35ХГСЛ, 45ФЛ та ін.

Приклад умовного позначення виливки зі сталі 20Л групи I:

Виливка 20Л – I ГОСТ 977-75.

Чавун – сплав заліза з вуглецем, кількість якого перевищує 2%, та з іншими елементами. Розрізняють чавун звичайний сірий, ковкий, антифрикційний та ні.

У табл. 5 наведено марки виливок із сірого чавуну та їх призначення.

У марці виливки із сірого чавуну дві літери означають вид чавуну (сірий чавун), двозначне число характеризує межу міцності на розтяг.

Приклад умовного позначення звичайного сірого чавуну: СЧ 20 ГОСТ 1412-85.

Ковкі чавуни отримують термічною обробкою білих чавунів. Вироби з цього чавуну поширені в машинобудуванні. У позначенні марки виливки з ковкого чавуну є літери КЧ (ковкий чавун) і числа: перше вказує межу міцності на розтяг(кг/мм^2), друге – відносне подовження (%).

У табл. 6 наведені найпоширеніші марки ковкого чавуну та його застосування.

Приклад умовного позначення ковкого чавуну: КЧ 35-10 ГОСТ 1215-79.

Виливки із антифрикційного чавуну (ГОСТ 1585-5-85) випускають марок АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧВ-1, АЧК-1 тощо. Цей чавун застосовують у вузлах рухомих деталей, де є тертя.

Серед сплавів кольорових металів у машинобудуванні найбільш поширені бронзи, латуні, бабіти та легкі сплави на алюмінієвій основі.

Бронза – багато комплексний сплав на мідній основі, яка містить олово, свинець, цинк та інші метали. Бронза поділяється на олов'яну та безолов'яну.

Бронзу позначають літерами Бр., за якими йдуть великі літери позначень легуючих елементів, а через три цифри, які показують їх вміст у відсотках.

Бронзи олов'яні ливарні (ГОСТ 613-79) виготовляють марок Бр.ОЦН 3-7-5-1, Бр.ОЦС 3-12-5, Бр.ОЦС 4-4-17 та ін..

Прикладом умовного позначення :

Бр.ОЦС 3-12-5 ГОСТ 613-79.

Це бронза яка містить 3% олова, 12% цинку і 5% свинцю, решта мідь. Бронзу використовують для виготовлення арматури, антифрикційних деталей тощо.

Бронзи олов'яні, оброблювані тиском (ГОСТ 5017-74), випускають марок Бр. ОФ 8,-0,3; Бр.ОФ 6,5-0,4; Бр.ОЦ 4-3 та ін.

Бронзи безолов'яні, оброблювальні тиском (ГОСТ 1817578), виготовляють марок Бр. Ф45, Бр. АМц 9-2, Бр. АЖ 9-4, Бр. КН 1-3, Бр. АЖН 10-4-4 та ін. У цих марках Ж - залізо, Мц – марганець, Н – нікель, А – алюміній, Ф – фосфор.

Сплав міді з цинком (латунь) застосовують для виготовлення деталей арматури, підшипників і втулок, натискних гайок, фасонних деталей, які відливаються під тиском, тощо. Латунь може містити залізо, марганець, алюміній, олово, свинець та ін..

Латуні ливарні (ГОСТ 17711-80) виготовляють марок ЛА 67-2,5; ЛАЖМц 66-6-3-2; ЛМцС 58-2-2; ЛК80-3Л; ЛКС 80-3-3; ЛС 59-1Л та ін.

Приклад умовного позначення :

ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 17711-80.

Це латунь, що містить 66% міді, 6% алюмінію, 3% заліза, 2% марганцю, решта – цинк.

Латуні, оброблювані тиском (ГОСТ 15527-70), виготовляють марок Л96, Л85, Л70, Л63, ЛА 77-2, ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ та ін. Приклад умовного позначення:

ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ 15527-70.

Для деталей складної конфігурації, які мають відповідальне призначення (картери двигунів, поршні, вироби, які працюють при підвищених температурах), застосовують алюмінієві сплави.

Залежно від хімічного сплаву сплави алюмінієві ливарні (ГОСТ 2685-75) поділяють на п'ять груп:

Алюміній – кремній – АЛ2, АЛ4, АЛ4В та ін..

Алюміній – магній – АЛ8, АЛ13, АЛ22 та ін..

Алюміній – мідь – АЛ7, АЛ7В та ін..

Алюміній – кремній – мідь, алюміній та інші компонент.

Алюмінієві сплави, призначені для кування, штампування і прокату, виготовляють згідно з ГОСТ 4784-74.

Якщо алюмінієві сплави призначені для виливання, тоді в позначенні перед початковою літерою А ставиться літера Л; якщо для керування, прокатування чи штампування – літера К.

Приклад умовного позначення:

АЛ9 ГОСТ 2685-75; АК2 ГОСТ 4784-74.

До антифрикційних сплавів належать олово та свинцеві бабіти, які містять олово або свинець з міддю, сурмою та іншими компонентами. Їх застосовують для заливання підшипників турбін, pomp, вентиляторів тощо. Бабіти марок Б88, Б83, Б83С, Б16, БС6 виготовляють згідно з ГОСТ 1320-74.

Приклад умовного позначення:

Б16 ГОСТ 1320-74.

Число 16 вказує вміст олова у відсотках.

У табл. 7 подано деякі неметалеві матеріали, які застосовуються в машинобудуванні.

Приклад умовного позначення:

Гетинакс V – I 12,0 ГОСТ 2718-74 – гетинакс марки V – I завтовшки 12 мм;

Текстоліт ПТ – 1 ГОСТ 5-72 – текстоліт марки А, 1 – товщина листа;

Пароніт ПОН 0,8х300х400 ГОСТ 481-80 – лист пароніту ПОН завтовшки 0,8, завширшки 300мм, завдовжки 400мм.

Розглянемо позначення, які містять не лише якісну характеристику матеріалу, але й характеристику профілю. До них належать позначення матеріалів деталей, які виготовляються зі стандартизованих профілів.

В умовних позначках матеріалів таких деталей, крім якісної характеристики, вказуються такі відомості про сортовий матеріал: 1) найменування сортового матеріалу; 2) розмірна і якісна характеристика профілю; 3) номер стандарту, в якому подано всі вимоги до цього профілю.

Залежно від того які відомості містяться у стандарті, що характеризує якість матеріалу, й у стандарті, що характеризує сортовий матеріал, умовні позначення сортових матеріалів поділяються на три основні типи.

1. Якщо у стандарті, який характеризує якість матеріалу, містяться і технічні вимоги до сортименту, що з нього виготовляється, то в умовних позначеннях вказується номер стандарту сортового матеріалу і номер стандарту, в якому викладена якісна характеристика матеріалу.

Приклад умовного позначення матеріалу деталі:

- 1) Із гарячекатаної сталі шестигранного профілю профілю за ГОСТ 2879-69 звичайної точності прокатування, з розміром вписаного круга (розмір «під ключ») 30мм, марки сталі 25 за ГОСТ 1050-88:

Шестигранник 30 ГОСТ 2879-69 ;

25 ГОСТ 1050-88

- 2) Із прутка квадратного профілю з розміром сторінки сторони квадрата 60мм за ГОСТ 2591-71, марки сталі 20 за ГОСТ 1050-88;

Квадрат 60 ГОСТ 2591-71 ;

20 ГОСТ 1050-88

За таким самим зразком позначаються сортові матеріали, які виготовляються з легированої конструкційної сталі та інструментальної вуглецевої сталі.

2. Якщо технічні вимоги до сортового матеріалу викладені в окремому стандарті, то в умовному позначенні вказується номер стандарту сортового матеріалу і номеру стандарту технічних вимог. Марка матеріалу вказується в позначенні без посилання на номер стандарту, оскільки останній вказаний у стандарті, що визначає технічні вимоги.

Приклад умовного позначення деяких матеріалів:

- 1) Гарячекатана кругла сталь звичайної точності прокатування діаметром 25мм за ГОСТ 2590-71, марки сталі Ст3 за ГОСТ 380-71, яка поставляється за технічними вимогами ГОСТ 535-79;

Круг В25 ГОСТ 2590-71 ;
 Ст3 ГОСТ 535-79

- 2) Штабова сталь завтовшки 5мм і завширшки 60мм за ГОСТ 103-76, марки сталі Ст3 за ГОСТ 380-71, яка поставляється згідно з технічними вимогами ГОСТ 535-79;

- 3) Кутикова сталь розміром 50х50х3мм (ГОСТ 8509-72), марки сталі Ст3 за ГОСТ 380-71, звичайної точності прокатування прокатування (Б), що поставляється згідно з технічними вимогами ГОСТ 535-79;

- 4) Двотаврова балка N20 (ГОСТ 8039-72), марка сталі Ст5(ГОСТ 380-71), що поставляється згідно з технічними вимогами ГОСТ 535-79;

Двотавр 20 ГОСТ 8239-72 ;
 Ст5 ГОСТ 535-79

- 5) Швелер N16(ГОСТ 8240-72), марки сталі Ст4 (ГОСТ 380-71), що поставляється згідно з технічними вимогами ГОСТ 535-79:

Швелер 16 ГОСТ 8240-72 ;
 Ст4 ГОСТ 535-79

3. Якщо у стандарті на сортовий матеріал викладено і технічні вимоги, то в умовному позначенні вказується лише номер стандарту на сортовий матеріал. Марка матеріалу вказується в позначенні без посилання на номер стандарту, останній обумовлений стандартом на сортовий матеріал.

Приклад умовного позначення деяких матеріалів:

- 1) Стрічка завтовшки 2мм, завширшки 40мм (ГОСТ 6009-74), зі сталі марки БСт2 (ГОСТ 380-71):

Стрічка 2х40 БСт2 ГОСТ 6009-74;

- 2) Пруток збронзи (ГОСТ 1628-78) марки КМц 3-1, витягнутий кругла діаметром 32 мм:

Пруток БрКМцПруток БрКМц 3-1-т-кр 32 ГОСТ 1628-78.

Таблиця 1

Марки та призначення вуглецевої сталі звичайної якості

Марка	Призначення
Ст0	Будівельні конструкції: огороження, перила, кожухи, невідповідальні бовти, шпильки, шайби.
Ст1	Маловідповідальні металеві конструкції, водяні, парові, та газові труби, що застосовуються при відповідно невеликих тисках, тощо.
Ст2	Парові труби, ланцюги зварні та пластичні, валики, осі, шайби, тощо.
Ст3	Баки та резервуари, що працюють під тиском, котли, відкидні болти, гайки, шайби, шплінти, заклепки, валики, важелі, муфти, скоби, стяжки, тощо.
Ст4	Відкидні болти, гайки-баранці, вали й осі передач, тяги, стріли кранові тощо.
Ст5	Вали й осі приводів та вантажопідіймальних механізмів, вагонні осі, муфти, пальці кривошипів, зубчасті колеса великих діаметрів, осі ходових коліс, блоків, барабанів тощо.
Ст6	Ковані катки кранів, вали та зубчасті колеса, які сприймають великі статичні навантаження, гальмівні стрічки, установлювальні гвинти тощо.

Таблиця 2

Марки та призначення вуглецевої якісної конструкційної сталі

Марка	Призначення
Сталь 10	Деталі, виготовлені холодним штампуванням, трубки, прокладки, кріпильні вироби, ковпачки. Деталі, які підлягають цементації і не вимагають високої міцності серцевини (втулки, валики, копіри, упори, зубчасті колеса, фрикційні диски). Малонавантажені деталі (валики, пальці, упори, копіри, осі, шестірні). Тонкі деталі які працюють на стирання, важелі, гайки, траверси, вкладиші, болти стяжки і т.д.
Сталь 15	
Сталь 20	
Сталь 30	
Сталь 35	
Сталь 40	Деталі, які зазнають невеликих напружень (осі, шпинделі, зірочки, тяги, стяжки та ін.. Деталі від яких вимагається підвищена міцність і які підлягають термічній обробці (колінчасті вали, шатуни, розподільні вали, маховики, зубчасті колеса, шпильки, храповики, плунжери, шпинделі, фрикційні диски, муфти, зубчасті рейки і т.ін. Зубчасті колеса, прокатані валиком, штоки, вали, ексцентрики, мало навантажені пружини та ресори тощо Високоміцні деталі з пружинними властивостями (прокатні валики, ексцентрики, шпинделі, пружинні кільця, пружини, пружини автори заторів).
Сталь 45	
Сталь 50	
Сталь 55	
Сталь 60	

Таблиця 3

Марки та призначення інструментальної сталі

Марка	Призначення
У7	Молотки, столярні інструменти Зубила, викрутки, центри токарних верстатів Пуансони, різці по міді, кернери, кернери Пуансони, різці по міді, кернери, кернери, губки лещат Кернери, зубила Різці, свердла, мітчики, фрези і т.ін.
У7А	
У8	
У8А, У8Г	
У9, У9А	
У10, У11, У12,	
У13	

Таблиця 4

Марки та призначення легованої сталі

Марки	Призначення
15X	Деталі, що підлягають цементуванню, поршневі пальці
20X	Деталі, що підлягають цементуванню, кулачкові муфти, колінчасті вали, колінчасті зубчасті колеса
30X, 35X, 38X 40X, 45X	Вали коробок швидкостей, зубчасті колеса диференціалів, шатуни Деталі з високою зносостійкістю – зубчасті колеса коробок швидкостей, ресори
12XH2	Шатуни, колінчасті вали
12XH3A	Важконавантажені деталі, які працюють при знакозмінних динамічних навантаженнях, колеса, зубчасті колеса, вали
20XH3A	Термічно оброблені деталі, що працюють у важких експлуатаційних умовах

Таблиця 5

Марки та призначення сірого чавуну

Марка	Призначення
СЧ10	Тонкостінні виливки тверді або середньої твердості: блоки, барабани, корпуси підшипників, підставки, стійки тощо.
СЧ15	Виливки середньої твердості: зубчасті колеса, черв'ячні колеса, ролики
СЧ18	Кожухи, корпуси, кришки, підшипники, втулки
СЧ20	Масивні виливки: великі черв'ячні та зубчасті колеса, картери, станини
СЧ25	Особливо відповідальні виливки, арматура, деталі апаратів і машин
СЧ30	Виливки особливо складної конфігурації з різкими переходами в перерізах при мінімальній товщині перерізів 6-8мм, поршневі кільця, муфти, клапани, кулачки
СЧ40	Корпуси pomp, великі колінчасті вали, катки, зірочки, колеса підіймальних кранів
СЧ45	Барабани, циліндри, кришки, зубчасті колеса, поршневі кільця машин, колінчасті вали

Вимірювальні інструменти та способи вимірювання

Для наближеного визначення розмірів застосовують металеву лінійку, кронциркуль і нутромір.

Металевою лінійкою вимірюють лінійні розміри деталі з точністю до 1 мм.

Кронциркулем вимірюють розміри зовнішніх, а нутроміром – внутрішніх поверхонь деталей.

Під час вимірювань кронциркуль і нутромір треба тримати у площині, перпендикулярній до вимірювальної довжини.

Після вимірювання кінці ніжок нутроміра або кронциркуля, не змінюючи їх положення, прикладають до металевої лінійки й визначають числове значення розміру в міліметрах.

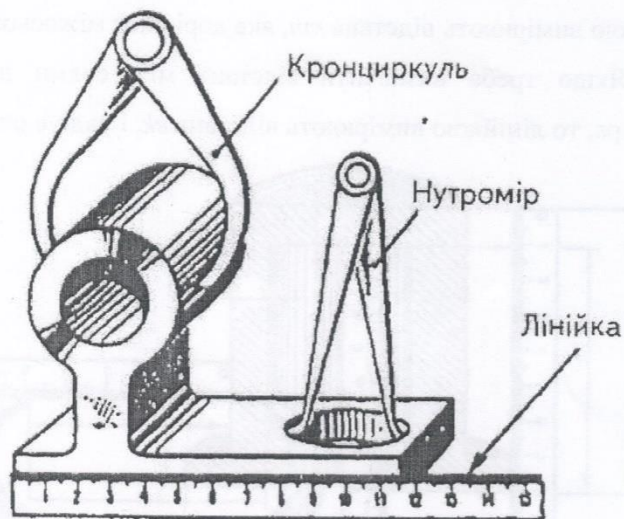


Рис. 1

На рис.1 показані способи вимірювання діаметра циліндричної частини деталі кронциркулем, діаметра отвору в основі деталі нутроміром і довжини основи металевою лінійкою.

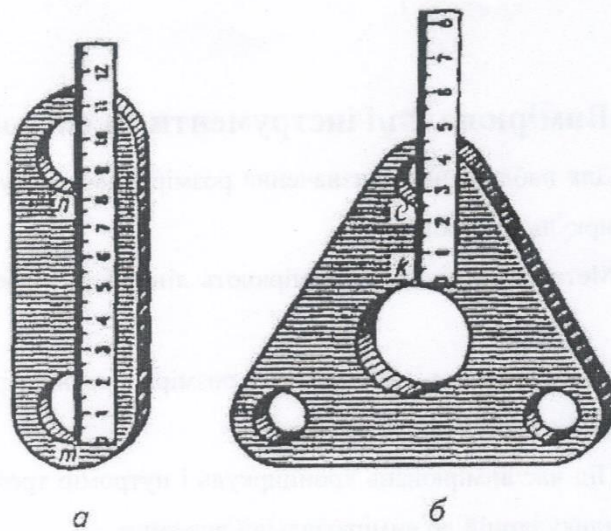


Рис. 2

Ці ж інструменти можна використовувати для визначення відстані між осями отворів, як показано на рис.2. Якщо отвори однакового діаметра, то лінійкою вимірюють відстань mn , яка дорівнює міжосьовій відстані (рис. 2,а).

Якщо треба визначити відстань між осями двох отворів різного діаметра, то лінійкою вимірюють відстань ek , і радіус отворів (рис. 2,б).

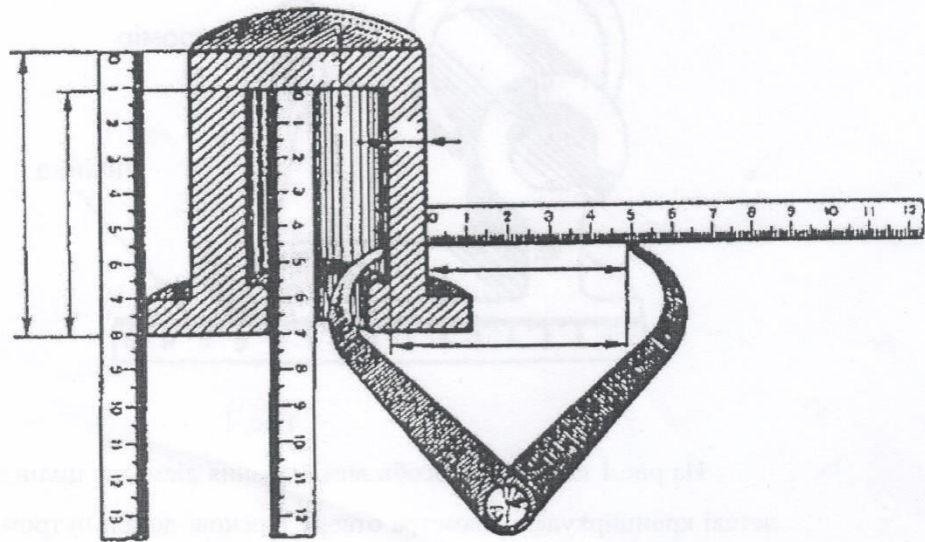


Рис.3

Лінійкою і кронциркулем можна вимірювати товщину дна і стінки деталі (рис. 3). Товщина дна k дорівнює різниці довжині l і l_1 , які виміряні лінійкою. Товщину стінки визначають як різницю розмірів n і m .

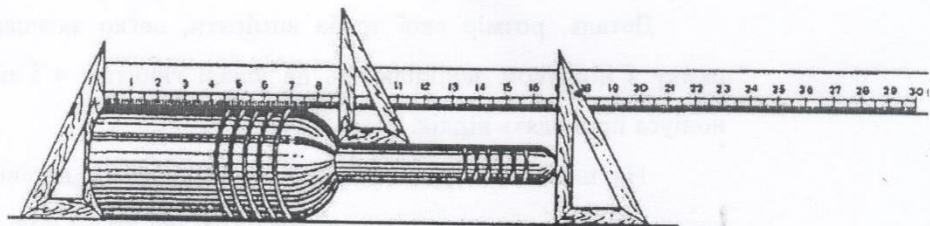


Рис. 4

Довжину деталі, яка має ступінчасту форму (рис. 4) вимірюють лінійкою і косинцями.

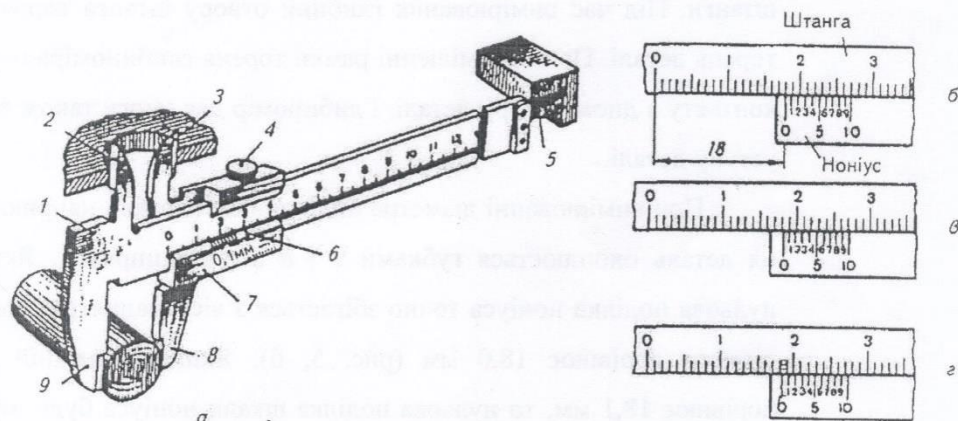


Рис. 5

Описані способи вимірювань кронциркулем, нутроміром і лінійкою не дають високої точності і застосовуються головним чином у навчальному процесі. У виробничій практиці лінійні розміри з точністю від 0,1 до 0,02 мм вимірюють штангенциркулем (рис. 5).

Штангенциркуль складається із металевої лінійки (штанги) з нанесеним на ній міліметровими поділками. Штанга закінчується вимірювальними губками 2 і 9, розташованими до неї під прямим кутом. На штангу надягнута рамка 7 з іншими вимірювальними губками 3 і 8. Рамка пересувається по штанзі і може закріплюватися на ній у будь-якому місці гвинтом 4. На

нижній скошеній частині рамки є шкала з поділками – *ноніус*. Коли губки дотикаються одна до одної, нульові поділки штанги 1 і шкали *ноніуса* 6 збігаються.

Деталь, розмір якої треба виміряти, легко затискають між губками, рамку з *ноніусом* закріплюють на шкалі гвинтом 4 і по шкалі штанги та *ноніуса* проводять відлік.

На шкалі *ноніуса* відстань між поділками дорівнює 0,9 мм. Отже, десять поділок шкали *ноніуса* дорівнюють дев'яťом поділкам штанги.

У пазу штанги універсального штангенциркуля вільно ковзає вузька лінійка 5 глибиноміра. Один кінець цієї лінійки жорстко з'єднаний з рамкою. При зімкнутих положеннях губок торець глибиноміра збігається з торцем штанги. Під час вимірювання глибини отвору штанга торцем впирається в торець деталі. При переміщенні рамки торець глибиноміра переміщується до контакту з дном отвору деталі. Глибиномір дає змогу також виміряти висоту уступу деталі.

При вимірюванні діаметра циліндричної деталі, наприклад, вала чи осі, ця деталь охоплюється губками 9 і 8 штангенциркуля. Якщо, наприклад, нульова поділка *ноніуса* точно збігається з вісімнадцятою поділкою штанги, діаметр дорівнює 18,0 мм (рис. 5, б). Якщо справжній діаметр деталі дорівнює 18,1 мм, то нульова поділка шкали *ноніуса* буде зсунута праворуч на 0,1 мм і перша поділка шкали *ноніуса* збігатиметься з дев'ятнадцятою поділкою штанги (рис. 5, в). Якщо діаметр деталі 18,4 мм, четверта поділка *ноніуса* збігатиметься з двадцять другою поділкою штанги (рис. 5, г).

Отже, щоб виміряти розмір штангенциркулем, треба визначити за лінійкою штанги ціле число міліметрів, а за шкалою *ноніуса* – число десятих часток міліметра. Число десятих часток міліметра дорівнює номеру поділки *ноніуса*, яка збігається з якоюсь поділкою штанги.

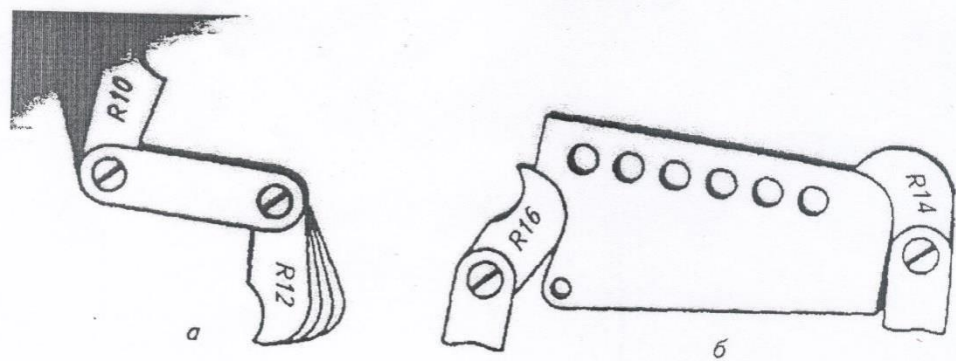


Рис. 6

Радіуси закруглень і гантелей вимірюють набором радіусних закруглень (рис. 6,а).

Під час вимірювань шаблони прикладають до деталі і проглядають місце контакту на просвіт. За відсутності зазору радіус закруглення дорівнює вказаному на шаблоні (рис. 6, б).

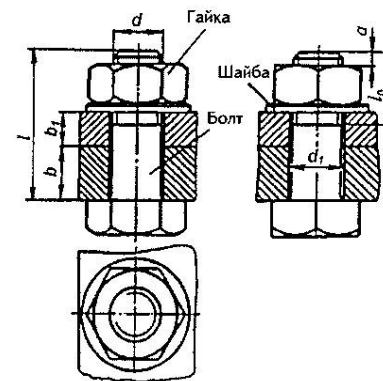
Роз'ємні з'єднання

Допускають розбирання і повторне складання деталей, що з'єднуються, без руйнування і пошкодження їх.

Болтове з'єднання Болтове з'єднання утворюється з'єднанням двох (чи кількох) деталей за допомогою болта, гайки і шайби. Болт вставляють в отвір з'єднуваних деталей із зазором. З'єднання здійснюється затягуванням гайки.

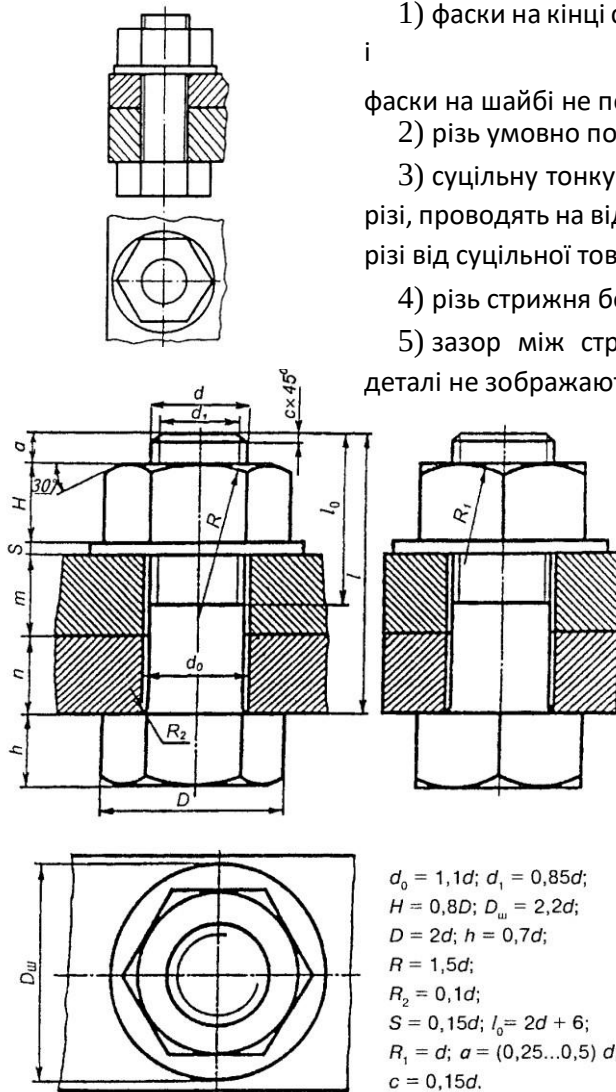
Болт, гайка і шайба для з'єднання двох деталей накреслені за розмірами, взятими з відповідних стандартів: болт виконання 1 за ГОСТ 7798-70, гайка виконання 1 за ГОСТ

5915-70, шайба виконання 2 за ГОСТ 11371-78.



Спрощене болтове з'єднання має такі особливості:

- 1) фаски на кінці стрижня болта, фаски на гайці та головці болта і фаски на шайбі не показують;
- 2) різь умовно показують уздовж довжини стрижня болта;
- 3) суцільну тонку лінію, яка відповідає внутрішньому діаметру різі, проводять на відстані не менше ніж 0,8 мм і не більше як крок різі від суцільної товстої основної лінії;
- 4) різь стрижня болта на вигляді з торця не показують;
- 5) зазор між стрижнем болта і стінкою отвору з'єднуваної деталі не зображають.



$$\begin{aligned}d_0 &= 1,1d; d_1 = 0,85d; \\H &= 0,8D; D_w = 2,2d; \\D &= 2d; h = 0,7d; \\R &= 1,5d; \\R_2 &= 0,1d; \\S &= 0,15d; l_0 = 2d + 6; \\R_1 &= d; a = (0,25 \dots 0,5) d; \\c &= 0,15d.\end{aligned}$$

Щоб накреслити болтове з'єднання, треба знати діаметр отвору в деталях, що підлягають з'єднанню, та їх товщини. Виходячи з діаметра отвору d_0 у з'єднуваних деталях, визначають діаметр болта d , враховуючи співвідношення між цими діаметрами. Наприклад, якщо отвір у деталях має розмір

17 мм, то болт матиме діаметр 16 мм. Визначивши діаметр болта, добирають довжину болта l , яка складається із суми товщин m і n з'єднуваних деталей, товщини шайби S , висоти гайки H і розміру a (запас різі на виході болта з гайки). Для визначеного діаметра болта $d = 16$ мм та при товщинах з'єднуваних деталей, наприклад, $m=30$ мм і $n=45$ мм, довжина болта дорівнюватиме $30+45+(0,15 \times 16)+(0,8 \times 16)+0,25 \times 16 = 75+2,4+12,8+4$

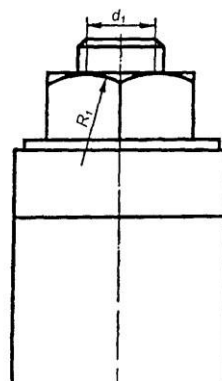
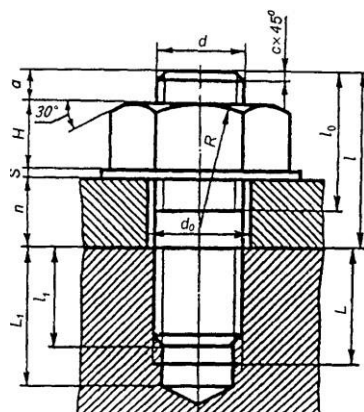
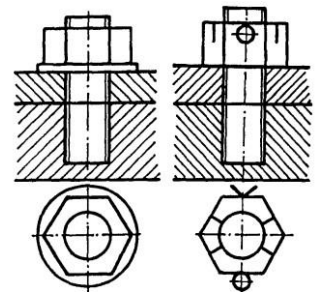
= 94,2 мм. Знайдену довжину болта зіставляють із рядом довжин ГОСТ 7798-70 і вибирають найближче більше. Тут вона дорівнює 95 мм.

Далі обчислюють решту розмірів. Після того як усі розміри знайдені, починають креслити болтове з'єднання. Слід пам'ятати, що на головному вигляді головку болта і гайку обов'язково зображають трьома гранями. Болт у поздовжньому розрізі зображають нерозсіченим. Переважно на складальних кресленнях нерозсіченими показують також гайки і шайби.

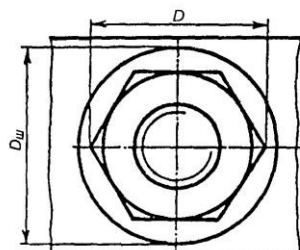
3 Шпилькове з'єднання

Шпилькове з'єднання деталей утворюється за допомогою шпильки, посадочний кінець якої загвинчують у глухий отвір з різьом однієї з деталей; на стяжний кінець шпильки одягають приєднувану деталь, потім шайбу і нагвинчують гайку, яка й притискує деталі одну до одної. Спрощені шпилькові з'єднання мають такі особливості: 1) фаски на кінці стрижня шпильки, фаски на гайці та шайбі не показують;

- 2) різь умовно показують уздовж усієї довжини стрижня шпильки, межу різі зображають лише на тому кінці шпильки, що загвинчується;
- 3) на вигляді з торця різь на шпильці не показують;
- 4) зазор між стрижнем шпильки і стінкою отвору з'єднуваної деталі не зображають;
- 5) межу різі повного профілю в глухому отворі на розрізі не показують; різь умовно доводять до дна отвору, яке зображають плоским на рівні торця стрижня.



$d_0 = 1,1d$;
 $d_1 = 0,85d$;
 $H = 0,8D$;
 $R = 1,5d$;
 $D = 2d$;
 $D_w = 2,2d$;
 $R_1 = d$;
 $S = 0,15d$;
 $l_0 = (1,5 \dots 2)d$;
 $c = 0,15d$.



$$L = l_1 + 0,5d; \quad L_1 = L + 0,5d; \quad a = (0,25 \dots 0,5) d.$$

$$l_1 = \begin{cases} d & \text{— для сталевих деталей;} \\ (1,25 \dots 1,6) d & \text{— для чавунних деталей;} \\ (2 \dots 2,5) d & \text{— для деталей з легких сплавів.} \end{cases}$$

посадочного кінця шпильки залежить від її діаметра і матеріалу деталі, в отвір якої загвинчується шпилька; довжина посадочного кінця шпильки до робочої довжини не входить.

Тому довжина l шпильки складається з товщини n приєднуваної деталі, товщини шайби S , висоти гайки H та розміру a (запас різі на виході шпильки з гайки). Наприклад, для шпильки діаметра $d = 16$ мм при товщині приєднуваної деталі $n = 42$ мм довжина шпильки має бути така: $42 + (0,15 \times 16) + (0,8 \times 16) + (0,25 \times 16)$

$$= 42 + 2,4 + 12,8 + 4 = 61,2 \text{ мм.}$$

Беруть найближче більше стандартне значення довжини —

65 мм.

Цій довжині відповідає стандартна довжина стяжного кінця шпильки $l_0 = 38$ мм.

Далі обчислюють решту розмірів, потрібних для виконання креслення. При конструктивному зображенні шпилькового з'єднання лінію межі різі посадочного кінця шпильки умовно суміщають з лінією рознімання деталей.

У нижній частині глухого отвору, не закритого шпилькою, суцільні товсті основні лінії зображення різі шпильки переходять у суцільні тонкі лінії зображення різі отвору. Кріпильні деталі на кресленні з'єднання зображають нерозсіченими.

Деталювання складальних креслень

Деталюванням називається виконання робочих креслень деталей виробу (складальної одиниці) за складальним кресленням. Характер і послідовність деталювання складального креслення показано на мал.1.

Процес деталювання складального креслення виконують за такими етапами:

1. Вивчають складальну одиницю, прочитавши її креслення.
2. Визначають деталі, креслення яких треба виконати. Деталювання починають із простих за формою деталей.
3. Знаходять і аналізують зображення призначеної для деталювання деталі, яка міститься на кресленні, визначають її головне зображення, кількість і склад потрібних зображень. Слід нагадати, що кількість зображень має бути мінімальна, але достатня для повного уявлення про форму і розміри деталі. Кількість і склад зображень деталі на робочому кресленні можуть і не відповідати зображенням на кресленні складальної одиниці.
4. Обирають масштаб зображень. При деталюванні не обов'язково дотримуватися одного і того ж масштабу для всіх деталей. Дрібні деталі, а також складної форми, зображають у більшому масштабі.
5. Обирають потрібний формат аркуша паперу для виконання креслення, наносять рамку й основний надпис.
6. Виконують зображення деталі. На кресленні деталі зображують і ті її елементи, які на складальному кресленні не показують, або показують спрощено, наприклад, фаски, галтелі. Розміри цих конструктивних елементів визначають не за складальним кресленням, а за відповідними стандартами на ці елементи.
7. Наносять на кресленні розміри, позначення шорсткості поверхонь та інші дані.
8. Перевіряють креслення й остаточно його оформляють.

Під час деталювання складальних креслень виникають деякі ускладнення при визначенні справжніх розмірів елементів деталей, потрібних для креслення та для нанесення на готові креслення деталей, а також при переведенні розмірів зображень із одного масштабу в інший.

Розглянемо деякі випадки.

1. Креслення, що деталюють, і креслення деталі мають масштаб $M1:1$. У цьому випадку справжні розміри всіх елементів деталі вимірюють за складальним кресленням і безпосередньо використовують на кресленні деталі.
2. Креслення, що деталюється, має масштаб, який відрізняється від $M1:1$, а креслення деталі виконується в масштабі, який відрізняється від масштабу креслення, що деталюють, і від $M1:1$. У цьому разі справжні розміри елементів деталі знаходять як результат ділення розмірів цих елементів, виміряних на складальному кресленні, на

його масштаб. Далі справжні розміри множать на масштаб робочого креслення деталі й отримують розміри для виконання зображень на ньому.

3. Найскладніший випадок – це коли креслення, що деталюють, є друкарською (або якоюсь іншою) копією, на якій масштаб зображень не відповідає зазначеному в основному написі. Тоді треба спочатку з'ясувати масштаб копії, далі визначити обчисленням справжні розміри елементів деталей, перемножити ці розміри на масштаб робочого креслення деталі й будувати зображення. Щоб уникнути великої кількості обчислень, у навчальному процесі слід використовувати графічний спосіб, застосовуючи пропорційний(кутовий) масштаб.

На аркуші міліметрового паперу проводять дві взаємно перпендикулярні прямі l і t (рис. 2, а), які перетинаються в точці O . на горизонтальній прямій від точки O праворуч циркулем-вимірювачем відкладають довжину відрізка $OA=10$ мм, виміряну на кресленні, а на вертикальній прямій $OB=20$ мм – справжній розмір цього ж відрізка, що визначений розмірним числом. Проводячи через точки A і B взаємно перпендикулярні прямі, на їх перетині отримуємо точку M . Пряма OM є лінією масштабу $M1:1$ і дає змогу визначити справжні розміри решти елементів цього креслення: вимірявши циркулем-вимірювачем розмір потрібного елемента на кресленні, що деталюють (рис. 2, б), відкладають його від точки O на прямій l (рис. 2, б); через точку C проводять вертикальну пряму до перетину з лінією масштабу. Відрізок цієї прямої від C до лінії масштабу визначає справжній розмір потрібного елемента (у цьому випадку 50 мм).

Проставляючи розміри на робочих кресленнях, слід враховувати, що багато елементів деталей мають стандартні розміри.

У табл.1 подано ряди нормальних розмірів.

Розміри під гайковий ключ вибирають із ряду нормальних розмірів: 3,2; 4; 5,5; 7; 8; 10; 12; 14; 17; 19; 24; 27; 30; 32; 36; 41; 46; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100.

Розміри фасок вибирають залежно від кута фаски: для кутів 45° ; 60° – 0,5; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 15,0; для кутів 30° – 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 15,0.

У табл.2 подано рекомендовану шорсткість деяких поверхонь, які найчастіше трапляються в деталях.

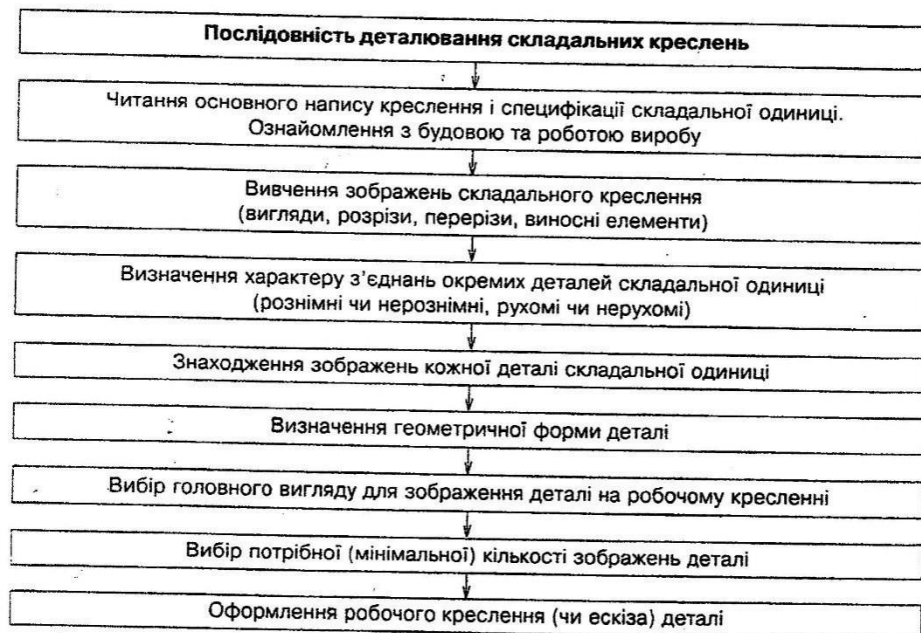


Рис. 4

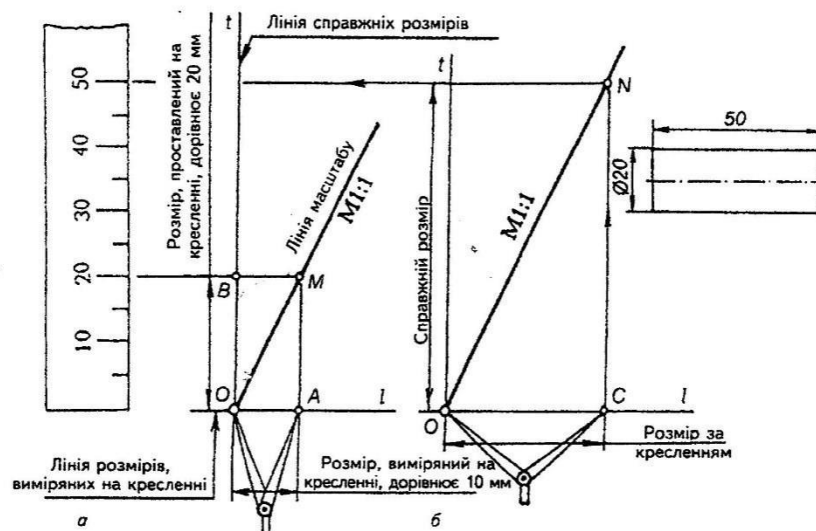


Рис. 2

Лекція з теми: «Схема електрична принципова»

Схема електрична принципова є найбільш повною схемою виробу і дає детальне уявлення про принцип його роботи.

На схемі зображують всі складові частини виробу і зв'язки між ними, а також елементи якими закінчуються вхідні та вихідні кола (роз'єми, зажими і т.п.).

Схему слід виконувати для режиму, коли виріб знаходиться у вимкненому стані. Якщо ж режим інший, то на полі схеми вказують режим для якого виконується схема.

Всі елементи і зв'язки між ними на схемі зображують за допомогою УГП згідно з діючими державними стандартами і розміщують таким чином, щоб схема була найбільш наглядною, зручною для читання.

Схеми рекомендується виконувати строчним способом: умовні графічні позначення пристроїв та їх складових частин, які входять в одне коло, зображають послідовно одне за одним по прямій, а окремі кола у вигляді паралельних горизонтальних або вертикальних стрічок.

Елементи, які у виробі використовуються частково, допускається зображуватиме повністю, а тільки ті частини, які використовуються.

Виводи невикористаних частин УГП слід креслити короткими.

Допускається зливати в одну лінію декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку.

При цьому кожен лінію в місці злиття на обох кінцях помічають умовними позначеннями (цифровими або буквенно-цифровими).

На схемі дозволяється вказувати характеристики вхідних кіл виробів (частоту, напругу, силу струму, опір та ін.), а також параметри, які підлягають вимірюванню на контрольних контактах. Написи, знаки або графічні позначення, які повинні бути нанесені на виріб, поміщають біля відповідних елементів в лапках.

Допускається вказувати адреси зовнішніх з'єднань вхідних та вихідних кіл даного виробу, якщо вони відомі.

Умовні графічні позначення вхідних та вихідних елементів – з'єднувачів, плат та інших дозволяється замінити таблицями довільних розмірів. Таблицям присвоюють позиційні позначення елементів, які вони замінюють. Порядок розташування контактів в таблиці визначається зручністю побудови схеми.

Всі елементи на схемі повинні мати буквенно-цифрове позиційне позначення (ПП), яке записують тільки великими буквами латинського алфавіту та арабськими числами, однаковим шрифтом, в один рядок без пропусків (R1, C25, ...), справа від УГП або над ними (ГОСТ 2.710-81). Порядкові номери присвоюють в напрямку зверху-вниз, зліва-направо в межах виду елемента. При виконанні схеми на кількох аркушах П. продовжують. Вид і номер є обов'язковими частинами УГП.

При об'єднанні елементів у функціональні групи, П. елементів про ставляють в межах групи і присвоюють П. групі.

На полі схеми дозволяється розташовувати:

- вказівки про марки, перерізи та кольори проводів та кабелів, які з'єднують елементи, пристрої, функціональні групи;
- вказівки про специфічні вимоги до електричного монтажу даного виробу.

УГП можуть виконуватися сполученим або рознесеним способом:

- при сполученому способі складові частини елемента зображують на схемі так, як вони розміщені у виробі, тобто разом;

- при рознесеному способі складові частини елемента розміщують в різних частинах схеми так, як це обумовлено послідовністю процесу роботи виробу. При цьому в П. добавляють порядковий номер частини елемента, розділяючи крапкою (DA1.2).

Кожна схема повинна мати перелік елементів (ПЕ), в якому записують всі елементи, що зображені на схемі.

Форма і розміри ПЕ повинні відповідати міждержавному стандарту ГОСТ 2.701-84.

Заповнюють ПЕ за групами елементів в алфавітному порядку їх П.

В графі "Найменування" повинно бути вказано: тип елемента, його параметри і позначення документа, згідно з яким його використовують (ТУ, ДСТУ), наприклад,

C1 K53-14 – 16 В – 22 мкФ $\pm 20\%$ ОЖО.464.139
ТУ

DA1 KP142EH5A
БКО.348.634-02 ТУ

R1 СП5-2 – 1 Вт - 100 Ом $\pm 5\%$ ОЖО.468.559
ТУ

ПЕ розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа.

В першому випадку його розміщують над основним написом, але не ближче 12 мм (продовження – зліва від основного напису). В другому випадку – на аркушах формату А4 з основним написом за формою 2 і розміщують в додатках пояснювальної записки. При цьому в графі 1 основного напису вказують найменування виробу, а нижче – "Перелік елементів".

Якщо в схему входять функціональні групи, то в ПЕ спочатку записують елементи які не входять в групу, а потім вказують П. функціональної групи, найменування групи (яке підкреслюють) і їх кількість. Далі записують елементи, які входять в групу по вище вказаним правилам.

Якщо на схемі є УГП мікросхем, на яких не вказані виводи для підключення живлення, то на вільному полі схеми виконують таблицю за формою:

Таблиця підключення мікросхем до шин живлення

Шина живлення	Виводи мікросхем		
	DD1, DD4	DD2	DD3, DD5 ... DD8
+ 5 В	20	16	14
0 В	10	08	07

185

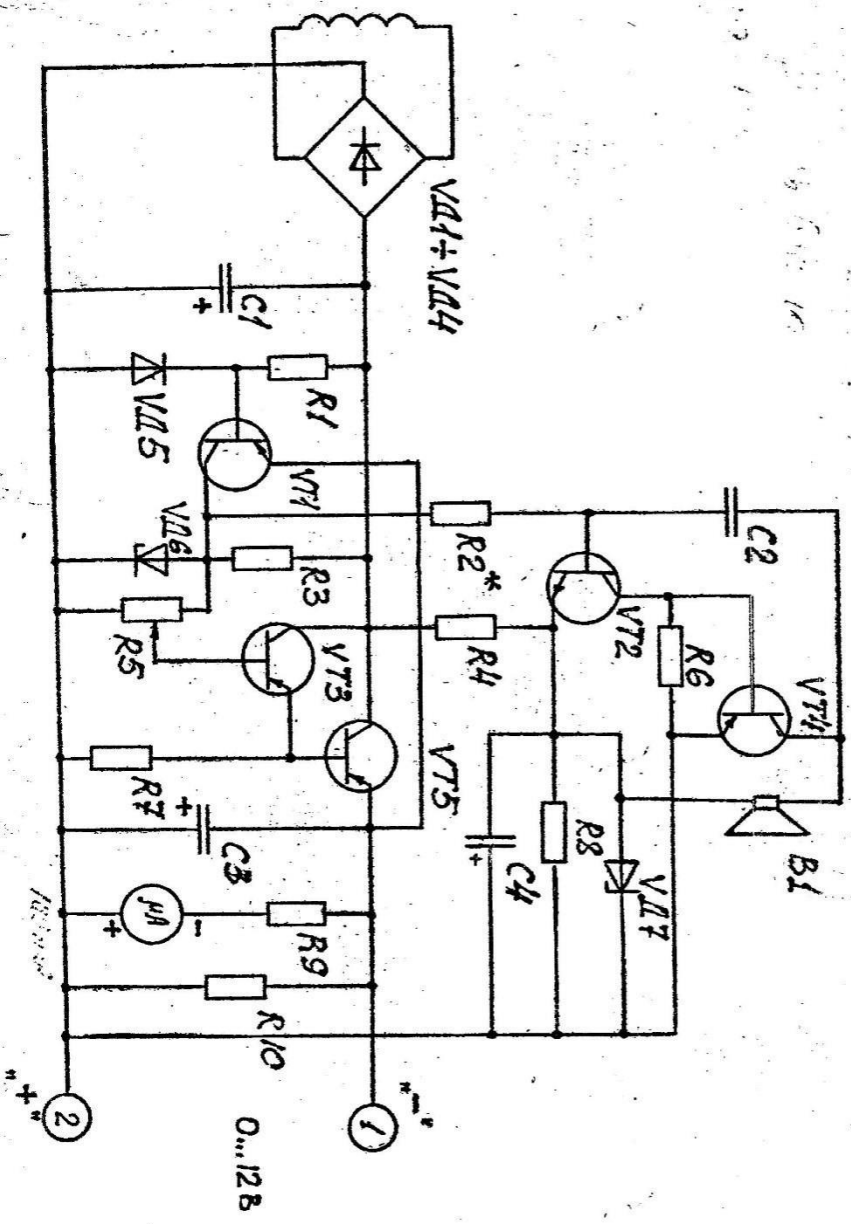
45

Вміст

	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		<u>Конденсатори</u>		
	C1	КТ-1а-М1300-150±10%-10Ж0.460.024ТУ	2	
	C2	КЛС-1Е-а-Н70-6800 ⁺⁸⁰ ₋₂₀ % ОЖ0.460.031ТУ	2	
	C3	КЛС-1Е-а-Н70-3300 ⁺³⁰ ₋₂₀ % ОЖ0.460.031ТУ	2	
	C4	КЛС-1Е-а-Н70-3300 ⁺⁵⁰ ₋₂₀ % ОЖ0.460.031ТУ	2	
	C5..C8	КПМ-3-Н 22000 ⁺⁸⁰ ₋₂₀ % ОЖ0.460.044ТУ	4	
		<u>Резистори МТ, МЛТ, ГОСТ 7113-66</u>		
	R1..R3	МТ-0,25-5,6к±5%-Б	6	
	R4	МТ-0,25-10к±5%-Б	2	
	R5	МЛТ-0,5-2,4к±5%	2	
	R6	МЛТ-0,25-510±5%	2	
	R7	МТ-0,25-6,2к±5%	2	
	R8	МЛТ-0,25-560±5%	2	
	R9	МТ-0,25-1,1к±5%	2	
	R10	МЛТ-0,25-510	2	
	R11	МЛТ-0,25-560	2	
	R12	МЛТ-0,25-3к	2	
	R13	МЛТ-0,25-100	2	
	R14	МЛТ-0,25-6,2	2	
	V1..V6	Діод напівпровідн. Д106ТТ3.362.000ТУ	12	
	V7..V8	Діод напівпровідн. Д10АТТ3.362.000ТУ	6	
	V9	Діод напівпровідн. Д10БТТ3.362.000ТУ	2	
	V11	Транзистор П416Б ШП3.365.001ТУ	2	
	V12	Діод напівпровідн. Д10Б ТТ3.362.000ТУ	2	
	V13	Діод напівпровідн. Д311 ТТ3.362.000ТУ	2	

49	Зм.	Арх.	№ докум.	Підп.	Дата			
	Розроб.					Літера	Аркуш	Аркушів
	Перевір.							
	Н. контр.							
	Забір.							

БН 3 РЕГУЛИРОВАННОГО ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ



$V_{A_1} - V_{A_4}$

V_{A_5}

V_{A_6}, V_{A_7}

$\Delta 2425$

$\Delta 2265$

$\Delta 814 \Delta$

$C_1 20000 \times 25B$

$C_2 0,047$

$C_3 500,0 \times 25B$

$C_4 500,0 \times 25B$

$R_1 10k$

$R_2^* 33k$

$R_3 360$

$R_4, R_6 510$

$R_5 4,7k$

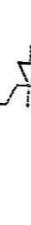
$R_7, R_{10} 1k$

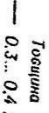
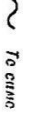
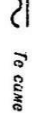
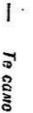
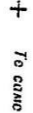
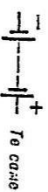
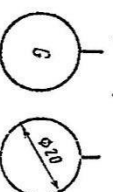
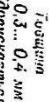
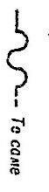
$R_8 22k$

$R_9 150k$

Назва	Позначення і розмір
з феромагнітним осердям	 <i>Та саме</i>
Трансформатор без осердя	 <i>Та саме</i>
Трансформатор з феромагнітним осердям	 <i>Та саме</i>
Автотрансформатор однофазний з феромагнітним осердям	 <i>Та саме</i>
Прилади електровимірювальні	
Прилад вимірювальний:	
показувачий	 $\phi 10$
реєструючий	 10×10
інтегруючий (наприклад, електро-лічильник)	 10×10
Обмотка струмова вимірювального приладу	 $R15... \phi 10$
Обмотка напруги вимірювального приладу	 $\phi 10$
Шунт вимірювальний	 <i>лічильник</i>

Назва	Позначення і розмір
Електричні машини	
Машини електричні (загальне позначення)	 $\phi 10$
Двигун асинхронний (загальне позначення)	 $\phi 10$
Обмотка статора (кожної фази) машини змінного струму, обмотка послідовного обдуження машини постійного струму	 $R15... \phi 10$
Обмотка паралельного обдуження машини постійного струму, обмотка послідовного обдуження	 <i>Та саме</i>
Обмотка допоміжних полюсів	 <i>Та саме</i>
Статор, обмотка статора (загальне позначення)	 $\phi 10$
Ротор з короткозамкненою обмоткою	 $\phi 10$
Ротор з обмоткою, колектором і щітками	 $\phi 10$
Освітлювальні і сигнальні лампи	
Лампа розжарювання освітлювальна і сигнальна	 <i>Та саме</i>
Лампа світлодіодна (конусне загальне позначення)	 $\phi 10$
Лампа газорозрядна освітлювальна і сигнальна (наприклад, люміноесцентна лампа)	 <i>Та саме</i>

Имя	Изображение 1 раз
Имя (для идентификации)	
Имя (для идентификации)	
Имя (для идентификации)	
Имя (для идентификации)	
Имя (для идентификации)	
Имя (для идентификации)	

Позначення умовні графічні в електричних схемах	
Назва	Позначення і розмір
Рід струму і напруги	
Струм постійний	 Напруга — 0,3... 0,4 мм
Струм змінний	 Те саме
Струм постійний і змінний	 Те саме
Тепловість:	
негативна	 — Те саме
позитивна	 + Те саме
Джерела електричного струму	
елемент гальванічний або акумулатор	
апарат з радіаційних або акустичних елементів	
інвертор електричний (загальнозначущий)	
Лінії електричного зв'язку	
лінія електричного зв'язку (провід, кабель, шина — загально позначення)	 Напруга — 0,3... 0,4 мм (довжестандарт 0,2...1 мм)
лінія електричного зв'язку, виконана ізлучним проводом	 Те саме

Назва	Позначення і розмір
Перетин ліній електричного зв'язку	 Те саме
Лінії електричного зв'язку з відгалуженнями	 Те саме
Злам ліній електричного зв'язку	 Те саме
Позначення ізоляції:	
між проводами	 Те саме
на землю	 Те саме
на корпус	 Те саме
Заземлення	 5...10
Конфигурації пристроїв і контактів з'єднання	
Запобіжник плавкий (загально позначення)	
Контакт комутаційного пристрою:	
замикаючий	 У силовому колі 30°
розмикаючий	 або

Тема: Плати друковані

1. Правила виконання креслень друкованих плат

Конструкторська документація на друковані плати і блоки оформляється відповідно до вимог ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.417-91 і інших діючих нормативно-технічних документів.

Креслення друкованої плати (односторонньої або двосторонньої) класифікується як креслення деталі. Креслення друкованої плати повинне містити всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю: зображення друкованої плати з боку друкованого монтажу, розміри, граничні відхилення і шорсткість поверхонь друкованої плати і всіх її елементів (отворів, провідників), а також розміри відстаней між ними, необхідні технічні вимоги, відомості про матеріал.

Розміри кожної сторони друкованої плати повинні бути кратними 2.5 мм при довжині до 100 мм, 5 мм при довжині до 350 мм; 20 мм – при довжині більш ніж 350 мм. Максимальний розмір кожної зі сторін друкованої плати не повинний перевищувати 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін друкованої плати повинне бути не більше за 3:1 і вибирається з ряду 1:1, 2:1; 3:1, 3:2; 5:2. Товщину плат визначають виходячи з механічних вимог, що ставляться до конструкції друкованого блоку з врахуванням методу виготовлення. Рекомендуються плати товщиною 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 мм. Креслення друкованих плат виконують в натуральну величину або зі збільшенням 2:1, 4:1, 5:1, 10:1.

Розроблення креслення друкованої плати починають з нанесення координатної сітки. За основний крок прямокутної координатної сітки за ГОСТ 10317-79 приймається 2.5 мм. Для малогабаритної апаратури і у технічно обґрунтованих випадках допускається застосовувати додаткові кроки 1.25 і 0.5 мм.

Центри всіх отворів на друкованій платі повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки. Якщо через конструктивні особливості навісного елемента цього зробити не можна, то центри отворів розташовують відповідно до вказівок креслення на цей елемент. При цьому потрібно дотримуватися наступних вимог: центр одного з отворів, прийнятого за основний, повинен бути розташований у вузлі координатної сітки; центри інших отворів потрібно по можливості розташовувати на вертикальних або горизонтальних лініях координатної сітки.

Діаметри монтажних і перехідних металізованих і неметалізованих отворів (мм) вибирають з ряду (0.2), 0.4, (0.5), 0.6, (0.7), 0.8, (0.9), 1.0, (1.2), 1.3, 1.5, 1.8, 2.0, 2.2, (2.4),

(2.6), (2.8), (3.0). Не рекомендується на одній друкованій платі мати більше трьох різних діаметрів отворів. Діаметри металізованих отворів вибирають в залежності від діаметрів виводів навісних елементів і товщини плати, а діаметри неметалізованих отворів – у залежності від діаметрів виводів навісних елементів, встановлюваних у ці отвори. Необхідність зенківки монтажних і перехідних отворів диктується конкретними конструктивними вимогами і методом виготовлення плати.

При застосуванні інших діаметрів металізованих отворів згідно ГОСТ 10317-79 різниця між діаметром металізованого отвору і діаметром виводу повинна бути не більше за 0.4 мм для виводів діаметром від 0.4 до 0.8 мм і 0.6 мм для виводів діаметром понад 0.8 мм.

Для спрощення креслення плати отвори на ній показують колами однакового діаметру з позначенням згідно рекомендацій табл. 3.1.

При виконанні отворів таким способом на поле креслення поміщають таблицю отворів, в графах якої вказується умовне позначення отвору, його діаметр, діаметр zenківки, наявність металізації та кількість однакових отворів. Розміри граф і форма таблиці не регламентуються.

Таблиця 1 – Умовні позначення отворів на кресленнях друкованих плат

отвору, мм						1.8	2.0	5.0
Умовне позначення								

Діаметр

0.6 0.8 1.0 1.3

1.5

Усі монтажні отвори повинні мати контактні площадки. Форма контактної площадки може бути довільною, круглою, прямокутною або близькою по формі до них. Центр контактної площадки симетричної форми повинен збігатися з центром монтажного отвору, для контактних площадок прямокутної та овальної форм центр монтажного отвору може бути зміщений. Круглі контактні площадки й отвори з zenківкою зображують одним колом, діаметр якого повинен відповідати мінімальному розмірові контактної площадки. Розмір діаметра контактних площадок слід вказувати в технічних вимогах креслення. При наявності на платі контактних площадок з не вказаними розмірами, або з формою, відмінною від круглої, допускається всі контактні площадки зображувати колом, діаметр якого повинен бути рівним діаметрові отвору. Форму і розміри слід задавати шляхом відповідного запису у технічних вимогах.

Для нанесення розмірів групових контактних площадок рекомендується винести зображення контактної групи в збільшеному масштабі з нанесенням необхідних розмірів на поле креслення. Рекомендується робити плавний перехід контактної площадки до провідника. При цьому вісь симетрії друкованого провідника повинна бути перпендикулярною до дотичної до контуру контактної площадки або самого контуру контактної площадки. Відстань між краєм провідника, контактної площадки, неметалізованого отвору і краєм плати повинна бути не меншою за товщину плати. Друковані провідники слід зображати у виді відрізків ліній, що збігаються з лініями координатної сітки, або під кутом, кратним 15° . Допускається виконання провідників довільної конфігурації і скруглення перегинів провідників.

Друковані провідники слід виконувати однакової ширини по всій довжині. У вузьких місцях звужують провідники до мінімально припустимих значень на можливо меншій довжині. Взаємне розташування провідників не регламентується. Провідники шириною, меншою за 2.5 мм зображують одною лінією, що є віссю симетрії провідника, більшою за 2.5 мм – двома лініями і штрихують під кутом 45° або зачорнюють. Провідники шириною більше за 5 мм слід виконувати як екран.

З метою спрощення креслення допускається виконувати провідники будь-якої ширини одною лінією. При цьому в технічних вимогах креслення вказують ширину провідника.

При прокладанні друкованих провідників слід, по можливості, уникати відгалужень провідників. Кінці друкованих провідників, які призначені для підключення друкованої схеми, рекомендується розташовувати з урахуванням зручності застосування перехідних контактних елементів. Границі ділянок друкованої плати, що не допускається займати провідниками, обмежують штрих-пунктирною потовщеною лінією.

Габаритні розміри друкованої плати, діаметри і координати отворів, контактних площадок та їхнє відносне розташування показують на кресленні одним з наступних способів:

- відповідно до вимог ГОСТ 2.307-68 за допомогою розмірних і виносних ліній;
- нанесенням координатної сітки;
- комбінованим способом за допомогою розмірних і виносних ліній і координатної сітки;

- за допомогою таблиці координат.

При заданні розмірів лінії координатної сітки повинні нумеруватися. Крок нумерації визначають конструктивно з урахуванням насиченості і масштабу зображення. Координатну сітку, в залежності від способу виконання документації, наносять на все поле плати або рисками по периметру плати. Допускається наносити не всі лінії координатної сітки, але при цьому на полі креслення поміщають запис типу „Лінії координатної сітки нанесені через одну”. За нуль у прямокутній системі координат на головному виді плати приймають або центр крайнього лівого нижнього отвору, або лівий нижній кут плати, або ліву нижню точку, утворену побудовами, наприклад, продовженням лінії контуру плати, кути якого зрізані.

На рис. 3.3 наведений приклад виконання креслення друкованої плати.

На кресленні друкованої плати вказують габаритні розміри плати, ширину провідників, що мають строго визначену або змінну ширину (при цьому розрахункову ширину слід вказувати на кожній ділянці між двома сусідніми контактними площадками, перехідними або монтажними отворами), діаметри і координати кріпильних, технологічних і інших отворів, не зв'язаних із друкованим монтажем.

На полі креслення вказують метод виготовлення плати, технічні умови (якщо не всі дані вказані на кресленні), крок координатної сітки, ширину провідників і відстані між ними, відстані між контактними площадками, між контактною площадкою і провідником, допуски на виконання провідників, контактних площадок, отворів і відстаней між ними, особливості конструкції, технології й інші параметри друкованих плат.

Технічні вимоги розташовують над основним написом, формулюють і викладають у наступній послідовності і таким чином:

- 1 Плату виготовити методом.
- 2 Плата повинна відповідати (ГОСТ, ОСТ).
- 3 Крок координатної сітки ... мм.
- 4 Конфігурацію провідників витримувати по координатній сітці з відхиленням від креслення мм.
- 5 Допускається скруглення кутів контактних площадок і провідників.
- 6 Місця, обведені штрих-пунктирною лінією, провідниками не займати.
- 7 Вимоги до параметрів елементів плати – відповідно до конструктивних даних.
- 8 Ширина провідників у вільних місцях ... мм, у вузьких ... мм.
- 9 Відстань між двома провідниками, між двома контактними площадками або провідником і контактною площадкою у вільних місцях ... мм, у вузьких – ... мм.
- 10 Форма контактних площадок довільна, $b_{\min} \square \dots \text{мм}$.
- 11 Допускається заниження контактних площадок металізованих отворів: на зовнішніх шарах до зенківки, на внутрішніх шарах
- 12 Граничні відхилення відстаней між центрами отворів, крім вказаних особливо, у вузьких місцях $\pm \dots$ мм, у вільних місцях $\pm \dots$ мм.
- 13 Граничні відхилення відстаней між центрами контактних площадок у групі $\pm \dots$

мм.

14 Маркувати емаллю .. ГОСТ .., шрифт ..згідно ГОСТ....

Приклад запису технічних вимог у залежності від змісту креслення друкованої плати наведений на рис. 3.3.

На зображенні плати допускається вказувати маркування (рис. 3.3) відповідно до вимог ГОСТ 2.314-68. Маркування може бути основним і додатковим. Основне маркування включає умовне позначення плати, порядковий номер зміни креслення, дату виготовлення, порядковий або заводський номер плати і партії плат. Умовне позначення плати слід виконувати травленням фольги. Як умовне позначення приймають останні три цифри позначення креслення плати або буквено-цифрове позначення функціональної групи. Інше маркування виконується фарбою.

Додаткове маркування включає позиційні буквено-цифрові позначення навісних елементів по електричній принциповій схемі, зображення контуру навісних елементів, цифрове позначення виводів навісних елементів, точок контролю, позначення позитивного виводу (+) полярних навісних елементів.

Символи додаткового маркування варто виконувати травленням фольги при наявності вільного місця на стороні друкованого монтажу плати або фарбою способом сіткографічного друку з боку друкованого монтажу плати, а при необхідності – і з боку пайки.

2. Правила виконання складальних креслень друкованих плат

Складальне креслення друкованої плати при мінімальній кількості зображень повинне давати повне уявлення про розташування і виконання всіх друкованих і навісних елементів та деталей. Складальне креслення виконують відповідно до вимог ГОСТ 2.10973 з урахуванням вимог ГОСТ 2.413-72. Конструкції навісних елементів викреслюються у виді спрощених зображень, їм привласнюється буквено-цифрове позиційне позначення відповідно до електричної принципової схеми, по якій виконують електричний монтаж плати (рис. 3.4). На складальному кресленні друкованої плати повинні бути зазначені номери позицій усіх складових частин, габаритні і приєднувальні розміри, повинні бути вказані відомості про способи приєднання навісних елементів до друкованої плати.

До числа особливостей друкованого монтажу відносяться плоске розташування друкованих провідників, що не дозволяє здійснювати перехід з однієї сторони плати на іншу без перемичок, перехідних колодок або з'єднувачів; установка навісних елементів і кріплення виводів тільки шляхом пропускання їх в отвори; одночасна пайка всіх елементів, встановлених на друкованій платі.

Навісні елементи слід розміщати правильними рядами, паралельно один іншому, на тій стороні плати, де відсутні друковані провідники. Таке розміщення дозволяє встановлювати і закріплювати навісні елементи на автоматичних лініях і виконувати пайку зануренням, уникаючи впливу припою на навісні елементи [13].

Усі навісні елементи кріпляться на платі за допомогою виводів, що вставляють у монтажні отвори і підгинають. Не рекомендується у монтажному отворі розміщувати два і більш виводів. Деякі елементи, наприклад, малопотужні транзистори, кріплять клеєм. У технічних вимогах на складальне креслення повинні бути посилання на документи (ГОСТ, ОСТ), що встановлюють правила підготовки і кріплення навісних елементів, відомості про припій та ін.

Основним конструкторським документом складального креслення друкованої плати є специфікація, яка оформлюється у виді таблиці за правилами ГОСТ 2.106-96. При записі в

специфікацію складових частин, що є елементами електричної принципової схеми, у графі „Примітки” вказують буквено-цифрові позиційні позначення цих елементів (рис.

3.5).

Розроблення конструкторської документації друкованих плат може здійснюватися ручним, напівавтоматичним або автоматизованим методами.

Ручний метод повинен передбачати розбивку навісних елементів на функціональні групи, розміщення груп елементів на площині плати, трасування друкованих провідників і оптимальний розподіл провідного малюнка.

При ручному методі конструювання розробляється креслення плати, що містить зображення плати з провідним малюнком і отворами, а також, при необхідності, додаткове окреме зображення частини плати, що вимагає графічного пояснення або нанесення розмірів, координатну сітку, виконану відповідно до вимог ГОСТ 2.417-91, розміри всіх елементів провідного малюнка і їхні граничні відхилення, технічні вимоги. Креслення плати повинне виконуватися в масштабі не менше за 2:1, максимальний формат А1.

Напівавтоматичний метод передбачає розміщення навісних елементів за допомогою ЕОМ при ручному трасуванні друкованих провідників або ручний розподіл навісних елементів при автоматизованому трасуванні провідників, забезпечує прискорення процесу конструювання при оптимальному розміщенні провідного рисунка. Креслення плати повинне містити всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю.

Постійні дані креслення, наприклад, технічні вимоги, таблицю отворів, слід вдруковувати з оригіналу креслення. Формат конструкторського документа повинний бути не більшим за А2.

Автоматизований метод [14] передбачає кодування вихідних даних, розміщення навісних елементів і трасування друкованих провідників здійснювати за допомогою ЕОМ. Такий метод забезпечує високу продуктивність праці при виготовленні креслень. При автоматизованому методі конструктор розробляє креслення-схему кодування, що містить номінальні значення розмірів елементів конструкції плати.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДО ТЕМИ “МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ”

- 1 Які основні терміни і поняття використовуються при розробленні друкованих плат?
- 2 В чому полягають характерні особливості при розробленні креслень друкованих плат?
- 3 Які існують методи виготовлення друкованих плат і які їх особливості?
- 4 Яким чином вказують на кресленнях друкованих плат отвори різного діаметру?
- 5 Які характерні особливості необхідно враховувати при розробленні креслень друкованих блоків?
- 6 Яким чином формують специфікацію на складальне креслення друкованого блоку? 7 Що вказують в технічних вимогах на кресленнях друкованих блоків?
- 8 Що включає повний комплект конструкторських документів на друкований блок?
- 9 Які загальні правила виконання складальних креслень друкованих плат?
- 10 Яку текстову інформацію вказують на полі креслення плати та її складального креслення?
- 11 Які формати використовуються для креслень плат?

12 Якими методами здійснюється розроблення конструкторської документації для друкованих плат?

Лекція № 1

з навчальної дисципліни Інженерна та комп'ютерна графіка

6 **Тема Вступ. Види комп'ютерної графіки. Основні типи САПР.**
Середовище моделювання КОМПАС

Мета Показати роль систем автоматизованого проектування, **Заняття** охарактеризувати основні види комп'ютерної графіки, сприяти формуванню світогляду студентів.

Навчальні матеріали лекції

ВСТУП

Конструкторська графіка використовується в роботі інженерів-конструкторів, архітекторів, винахідників нової техніки. Цей вид комп'ютерної графіки є обов'язковим елементом САПР (систем автоматизації проектування). Засобами конструкторської графіки можна отримувати як плоскі зображення (проекції, перетини), так і просторові тривимірні зображення.

1 Системи автоматизованого проектування, основні типи

Система автоматизованого проектування (САПР; англ. Computer-aided design) — комп'ютерна система обробки інформації, що призначена для автоматизованого проектування (CAD), розроблення (CAE) і виготовлення (CAM) кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської і/або технологічної документації.

Робота з CAD полягає у створенні геометричної моделі виробу (двовимірної чи тривимірної, твердотільної), генерацію на основі цієї моделі конструкторської документації (креслень виробу, специфікацій тощо) і його наступний супровід.

CAE-системи - це різноманітні програмні продукти, що дозволяють за допомогою розрахункових методів (метод кінцевих елементів, метод кінцевих різниць, метод кінцевих об'ємів або система рівнянь) оцінити, як поведеться комп'ютерна модель виробу в реальних умовах експлуатації. Допомагають переконатися в працездатності виробу, без значних затрат часу і засобів (математична модель)

Автоматизована система технологічної підготовки виробництва, АСПВ, САМ (англ. Computer-aided manufacturing) — підготовка технологічного процесу виробництва виробів, орієнтована на використання ЕОМ. Під терміном розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-технологами. Фактично ж технологічна підготовка зводиться до автоматизації програмування устаткування з ЧПК (2-координатні лазерні верстати) (3- і 5-координатні фрезерні верстати з ЧПК;

токарні верстати, оброблювальні центри; автомати подовжнього точіння і токарно-фрезерної обробки; ювелірне і об'ємне гравіювання).

Дані з CAD-систем передаються в САМ (англ. Computer - aided manufacturing — система автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів з ЧПУ або ГАВС (Гнучких автоматизованих виробничих систем)).

Основна мета створення САПР - підвищення ефективності праці інженерів, включаючи:

- скорочення трудомісткості проектування і планування;
- скорочення термінів проектування;
- скорочення собівартості проектування і виготовлення, зменшення витрат на експлуатацію;
- підвищення якості і техніко-економічного рівня результатів проектування;
- скорочення витрат на натурне моделювання та випробування.

Досягнення цих цілей забезпечується шляхом:

- автоматизації оформлення документації;
- інформаційної підтримки та автоматизації процесу прийняття рішень;
- використання технологій паралельного проектування;
- уніфікації проектних рішень і процесів проектування;
- повторного використання проектних рішень, даних і напрацювань;
- заміни натурних випробувань та макетування математичним моделюванням; - застосування методів варіантного проектування і оптимізації.

За призначенням САПР поділяється:

MCAD (англ. mechanical computer-aided design) - автоматизоване проектування механічних пристроїв. Це машинобудівні САПР, застосовуються в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіакосмічній промисловості, виробництві товарів народного споживання, включають в себе розробку деталей і зборок (механізмів) з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого і об'ємного моделювання (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, Ansys, CATIA).

EDA (англ. electronic design automation) або ECAD (англ. electronic computeraided design) - САПР електронних пристроїв, радіоелектронних засобів, інтегральних схем, друкованих плат і т. п., (Altium Designer, OrCAD);

АЕС CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) або CAAD (англ. computer-aided architectural design) - САПР в області архітектури і будівництва. Використовуються для проектування будівель, промислових об'єктів, доріг, мостів та ін. (Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD Revit Architecture Suite, Piranesi, ArchiCAD).

2 Види комп'ютерної графіки

Векторна графіка (весь САПР, Corel Draw, текст, шрифти) - спосіб представлення об'єктів і зображень в комп'ютерній графіці, оснований на використанні елементарних геометричних об'єктів, таких як точки, лінії, сплайни і багатокутники. Об'єкти векторної графіки є графічними зображеннями математичних функцій. Термін використовується в протилежність до растровій графіці, яка представляє зображення як матрицю фіксованого розміру, що складається з точок (пікселів) зі своїми геометричними параметрами.

Спосіб зберігання зображення графічний примітив, як коло радіуса r . Для його побудови необхідно і достатньо наступних вихідних даних:

1. Координати центру кола;
2. Значення радіусу r ;
3. Колір заповнення (якщо коло не прозоре); 4. Колір і товщина контуру (у разі наявності контуру).

Переваги векторного способу опису графіки над растровою

- Розмір, займаний описовою частиною, не залежить від реальної величини об'єкта, що дозволяє, використовуючи мінімальну кількість інформації, описати скільки завгодно великий об'єкт файлом мінімального розміру.
- У зв'язку з тим, що інформація про об'єкт зберігається в описовій формі, можна нескінченно збільшити графічний примітив, наприклад, дугу кола, і вона залишиться гладкою. З іншого боку, якщо крива представлена у вигляді ламаної лінії, збільшення покаже, що вона насправді не крива.
- Параметри об'єктів зберігаються і можуть бути легко змінені. Також це означає що переміщення, масштабування, обертання, заповнення і т. д. не погіршує якості малюнка
- При збільшенні або зменшенні об'єктів товщина ліній може бути задана постійною величиною, незалежно від реального контуру.

Растрова графіка (Paint, PhotoShop) застосовується у випадках, коли графічний об'єкт представлено у вигляді комбінації точок (пікселів), яким притаманні свій колір та яскравість і які певним чином розташовані у координатній сітці. Такий підхід є ефективним у разі, коли графічне зображення має багато напівтонів і інформація про колір важливіша за інформацію про форму (фотографії та поліграфічні зображення). При редагуванні растрових об'єктів, користувач змінює колір точок, а не форми ліній. Растрова графіка залежить від оптичної роздільності, оскільки її об'єкти описуються точками у координатній сітці певного розміру. Роздільність вказує кількість точок на одиницю довжини.

Фрактальна графіка

Фрактал - об'єкт, окремі елементи якого успадковують властивості батьківських структур. Оскільки більш детальний опис елементів меншого масштабу відбувається по простому алгоритму, описати такий об'єкт можна всього лише декількома математичними рівняннями. Фрактали дозволяють описувати цілі класи зображень, для детального опису яких потрібно відносно мало пам'яті. З іншого боку, фрактали слабо застосовні до зображень поза цих класів.

Тривимірна графіка

Тривимірна графіка (3D - від англ трьох вимірах) оперує з об'єктами в тривимірному просторі. Зазвичай результати являють собою плоску картинку, проекцію. Тривимірна комп'ютерна графіка широко використовується в кіно, комп'ютерних іграх. У тривимірній комп'ютерній графіці всі об'єкти зазвичай представляються як набір поверхонь або часток. Мінімальну поверхню називають полігоном. В якості полігону зазвичай вибирають трикутники. Всіма візуальними перетвореннями в 3D-графіці управляють матриці. У комп'ютерній графіці використовується три види матриць: матриця повороту, матриця зсуву, матриця

масштабування. Будь - який полігон можна представити у вигляді набору з координат його вершин. Так, у трикутника буде 3 вершини. Координати кожної вершини представляють собою вектор (x, y, z). Помноживши вектор на відповідну матрицю, ми отримаємо новий вектор. Зробивши таке перетворення з усіма вершинами полігону, отримаємо новий полігон, а перетворивши все полігони, отримаємо новий об'єкт, повернений / зрушений / масштабований відносно вихідного.

3 Середовище креслення та моделювання КОМПАС

3.1 Типи документів

Тип документа, створюваного в системі КОМПАС-3D, залежить від роду інформації, що зберігається в цьому документі.

Кожному типу документа відповідає розширення імені файлу і власна піктограма.

Тривимірні моделі

Деталь - модель виробу, що виготовляється з однорідного матеріалу, без застосування складальних операцій.

Файл деталі має розширення m3d.

Збірка - модель виробу, що складається з декількох деталей із заданим взаємним становищем.

Файл збірки має розширення a3d.

Графічні документи

Основний тип графічного документа в КОМПАС-3D - *креслення*. Креслення містить графічне зображення виробу, основний напис, рамку, іноді - додаткові елементи оформлення (знак незазначеної шорсткості, технічні вимоги і т.д.). Креслення КОМПАС-3D може містити один або кілька аркушів. Для кожного аркуша можна задати формат, кратність, орієнтацію та інші властивості. У файлі креслення КОМПАС-3D можуть міститися не тільки креслення (в розумінні ЕСКД), але і схеми, плакати та інші графічні документи. Файл креслення має розширення sdw. Допоміжний тип графічного документа в КОМПАС-3D - *фрагмент*. Фрагмент відрізняється від креслення відсутністю рамки, основного напису й інших об'єктів оформлення конструкторського документа. Він використовується для зберігання зображень, які не потрібно оформляти як окремий аркуш (ескізні промальовування, розробки і т.д.). Крім того, у фрагментах також зберігаються створені типові рішення для подальшого використання в інших документах. Файл фрагмента має розширення frw.

Текстові документи

Специфікація - документ, що містить інформацію про склад збірки, представлену у вигляді таблиці. Специфікація оформляється рамкою і основним написом. Вона часто буває багатосторінковою.

Файл специфікації має розширення sprw.

Документ, що містить переважно текстову інформацію - *текстовий документ*. Текстовий документ оформляється рамкою і основним написом. Він часто буває багатосторінковим. В

текстовому документі можуть бути створені пояснювальні записки, повідомлення, технічні умови тощо

Файл текстового документа має розширення kdw.

3.2 Одиниці виміру довжини

У КОМПАС-3D використовується стандартна метрична система мір. За замовчуванням одиниця виміру довжини - міліметр.

При роботі в графічних документах можна вибрати іншу одиницю виміру - сантиметр, дециметр або метр. У вибраних одиницях будуть задаватися і відображатися параметри об'єктів (наприклад, довжина або радіус), значення розмірів, координати курсора і т.д. Щоб задати одиниці вимірювання довжини в поточному графічному документі, викличте команду Сервіс - Параметри ... - Поточний документ - Одиниці виміру. Щоб задати одиниці вимірювання довжини в нових графічних документах, викличте команду Сервіс - Параметри ... - Нові документи - Графічний документ - Одиниці виміру.

У КОМПАС-3D користувач завжди оперує реальними розмірами об'єктів (у масштабі 1:1), а розміщення зображення на кресленні потрібного формату виконується шляхом вибору відповідного масштабу вигляду

3.3 Одиниці виміру кутів

В якості одиниць виміру кутів можуть використовуватися:

градуси (XX, XXX °)

градуси, хвилини, секунди (XX ° XX'XX, XXX ") радіани (XX.XXX рад).

Щоб вибрати одиниці виміру кутів, викличте команду Сервіс - Параметри ... Система - Загальні - Представлення чисел. У групі Одиниці виміру кутів з'явився діалог активізуйте потрібну опцію.

Вибрані одиниці використовуються для відображення та введення значень кутів в полях Панелі властивостей під час створення і редагування об'єктів. При прстановці кутових розмірів у графічних документах кути вимірюються - в залежності від встановленої точності - в градусах, в градусах і хвилинах або в градусах, хвилинах і секундах.

3.4 Числа

Максимальна точність, з якою можуть відображатися числа (координати точок, розміри об'єктів, значення змінних і т.п.) - 6 знаків. Щоб встановити точність представлення чисел, викличте команду Сервіс - Параметри ... - Система Загальні - Представлення чисел. У групі Числа з'явився діалог задайте потрібну кількість знаків після коми. При необхідності включіть відображення незначущих нулів.

Встановлена точність буде використовуватися для відображення різних величин в полях Панелі властивостей, в колонці Значення вікна змінних і в діалозі установки значення асоціативного розміру

3.5 Системи координат

При роботі в КОМПАС-3D використовуються стандартні праві декартові системи координат.

У кожній тривимірної моделі існує система координат і визначувані нею координатні площини. Система координат показується на екрані у вигляді трьох ортогональних відрізків. Площині показуються на екрані умовно - у вигляді прямокутників, що лежать в цих площинах.

У кожному графічному документі також існує система координат. Вона лежить в площині, паралельній екрану, і відображається у вигляді двох ортогональних стрілок.

Початок абсолютної системи координат креслення завжди знаходиться в лівій нижній точці його габаритної рамки. При роботі в графічному документі користувач може створювати додаткові (локальні) системи координат.

Абсолютну систему координат і координатні площини неможливо видалити з документа.

Висновки

1. Система автоматизованого проектування — комп'ютерна система обробки інформації, що призначена для автоматизованого проектування, розроблення і виготовлення кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської і/або технологічної документації.
2. Комп'ютерна графіка може бути векторною або растровою.
3. Тип документа, створюваного в системі КОМПАС-3D, залежить від роду інформації, що зберігається в цьому документі.
4. Кожному типу документа відповідає розширення імені файлу і власна піктограма.

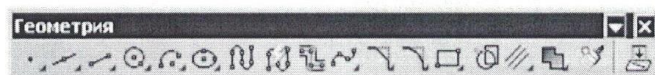
Питання та завдання до контролю знань студентів

Для узагальнення та перевірки засвоєного матеріалу на лекції:

1. Як ви розумієте поняття «Система автоматизованого проектування»?
2. Які види комп'ютерної графіки ви знаєте?
3. Від чого залежить тип документа, створюваного в системі КОМПАС?

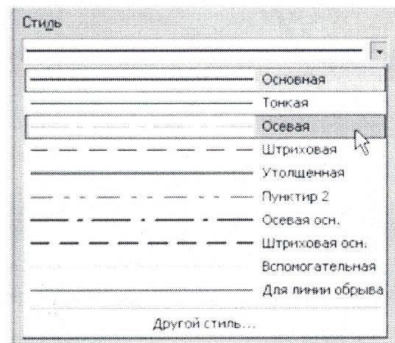
Лекція № 3 Огляди команд та інструментів побудови. Засоби використання альтернативних параметрів побудови

В системі КОМПАС-Графік можлива побудова геометричних об'єктів наступних типів: точки, прямі, відрізки, кола, еліпси, дуги кіл і еліпсів, прямокутники, правильні багатокутники, ламані, сплайни (NURBS, криві Безьє), кінчні криві, мультілінії, штрихування і заливки, еквідистанти, контури. Команди створення цих об'єктів згруповані в меню *Инструменты – Геометрия*, а кнопки для виклику команд - на панелі Геометрія



Стилi геометричних об'єктів

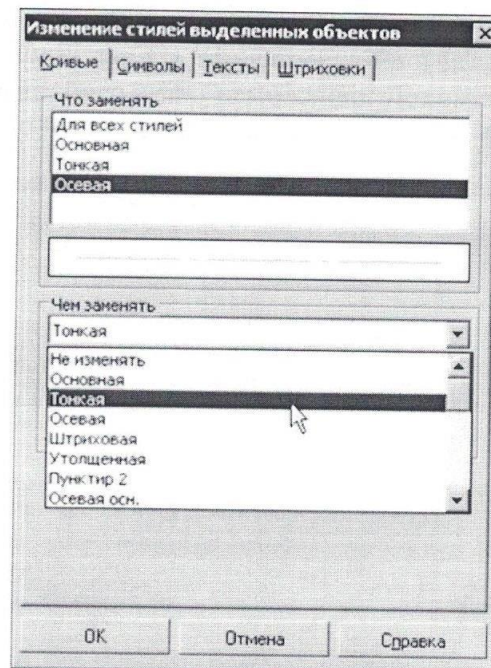
Зовнішній вигляд геометричного об'єкту визначається його стилем. Разом з КОМПАС-Графік поставляються системні стилі точок, ліній і штриховок. Системні стилі ліній і штриховок відповідають стандартним. Одним з системних стилів точок і кривих є *Вспомогательный стиль*. Він призначений для об'єктів, що виконують допоміжні функції - точок і ліній, створюваних при розмітці, під час попередніх побудов т.п.



При створенні геометричного об'єкта поточний стиль відображається в однойменному полі на Панелі властивостей. Щоб змінити стиль, розгорніть список *Стиль* і виберіть в ньому потрібний рядок.

Щоб виділити в документі все криві, що мають один стиль, виконайте наступні дії.

1. *Выделить – По стилю кривой...*
2. Виберіть в діалозі потрібний стиль (стилі). Об'єкти, що мають зазначений стиль (стилі), будуть виділені.



Інструменти та засоби побудови примітивів

Точки



Довільна точка



Точки по кривій



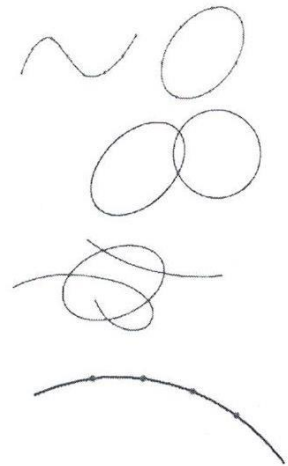
Точки перетину двох кривих



Всі точки перетинів кривої



Точка на заданій відстані



Допоміжні прямі

Прямі є аналогом тонких ліній, які конструктор використовує при кресленні на кульмані. Вони потрібні для попередніх побудов, за якими потім формується остаточний контур деталі, а іноді - для завдання проекційної зв'язку між видами. Прямі мають стиль Допоміжна, його зміна неможливо. Допоміжні прямі (а також інші криві зі стилем лінії Допоміжна) не виводяться на папір при друці документів.



Довільна пряма



Простановка точок перетинів



Горизонтальна пряма



Вертикальна пряма



Паралельна пряма



Перпендикулярна пряма



Дотична через зовнішню точку



Дотична через точку кривої



Пряма, дотична до двох кривих

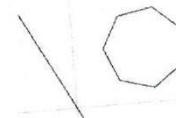
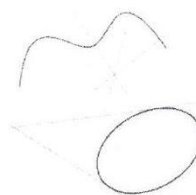
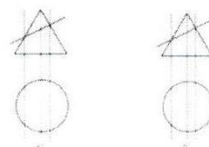
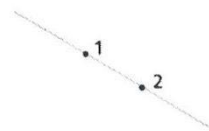


Бісектриса

Відрізки



Відрізок





Паралельний відрізок



Перпендикулярний відрізок



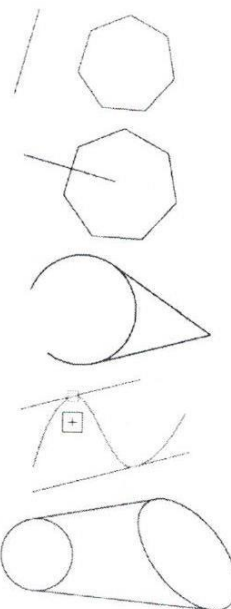
Дотичний відрізок з зовнішньої точки



Дотичний відрізок через точку кривої



Відрізок, дотичний до двох кривих



Коло



Коло



Коло по трьом точкам



Коло з центром на об'єкті



Коло, дотичне до кривої



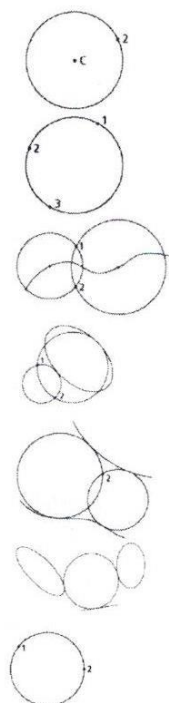
Коло, дотичне до двох кривих



Коло, дотичне до трьох кривих



Коло по двох точках



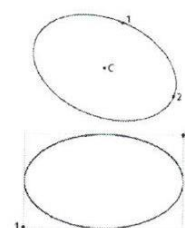
Еліпс



Еліпс



Еліпс по діагоналі габаритного прямокутника





Еліпс по центру і вершині габаритного прямокутника



Еліпс по центру і вершині габаритного прямокутника



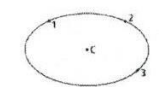
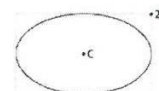
Еліпс по трьом вершинам описаного паралелограма



Еліпс по центру і трьом точкам



Еліпс, дотичний до двох кривих



Дуга



Довільна дуга



Дуга по трьом точкам



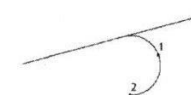
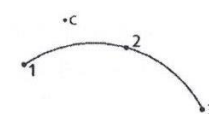
Дуга, дотична до кривої



Дуга по двох точках



Дуга по двох точках і розі розчину

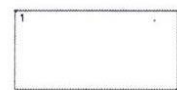


Прямокутники і багатокутники

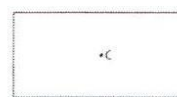
При побудові прямокутників і багатокутників з парною кількістю кутів можлива автоматична побудова осьових ліній. Прямокутники і багатокутники в КОМПАС-Графік є єдиними об'єктами, а не наборами відрізків. Вони виділяються і редагуються одним цілим. Щоб побудувати довільний прямокутник, викличте команду *Прямоугольник*.



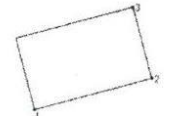
По двум противоположным вершинам.



По центру и вершине.

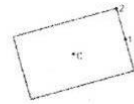


Прямокутник по трьох точках. По трьом вершинам.





Прямокутник по трьох точках. По центру, середині боку і вершині.



Багатокутник

Висновки

1. В системі КОМПАС-Графік можлива побудова геометричних об'єктів наступних типів: точки, прямі, відрізки, кола, еліпси, дуги кіл і еліпсів, прямокутники, правильні багатокутники, ламані, сплайни (NURBS, криві Безьє), кінчні криві, мультілінії, штрихування і заливки, еквідистанти, контури.
2. Зовнішній вигляд геометричного об'єкта визначається його стилем
3. Точки можливо використовувати не тільки в якості допоміжних елементів, але й в якості самостійних геометричних об'єктів.
4. Допоміжні прямі (а також інші криві зі стилем лінії Допоміжна) не виводяться на папір при друці документів.
5. Прямокутники і багатокутники в КОМПАС-Графік є єдиними об'єктами, а не наборами відрізків. Вони виділяються і редагуються одним цілим.

Лекція № 5 Оформлення креслення деталі

План:

1. Команда для створення текстового напису в кресленні.
2. Команди постановки позначень.
3. Складові креслення та їх оформлення.
4. Поняття видів та особливості їх створення.
5. Вимірювання в КОМПАС-3D.

7 1. Команда *Вставка тексту*

Команда **Текст**  створить текстовий напис в кресленні або фрагменті. Кожен напис може складатися з довільної кількості рядків. Після виклику команди КОМПАС переключається в режим роботи з текстом. При цьому змінюються кількість і назви команд головного меню, а також склад *Компактної панелі*.

За допомогою групи перемикачів *Размещение*  виберіть розташування тексту щодо точки прив'язки (*зліва, справа, по центру*).

В поле *Угол* можна ввести кут нахилу рядків тексту до осі X поточної системи координат. Хоча текст в режимі набору буде розташовано горизонтально, остаточний кут він набуде тільки після створення об'єкту.

Вкажіть точку прив'язки тексту. Після цього програма ввійде в режим набору або редагування тексту.

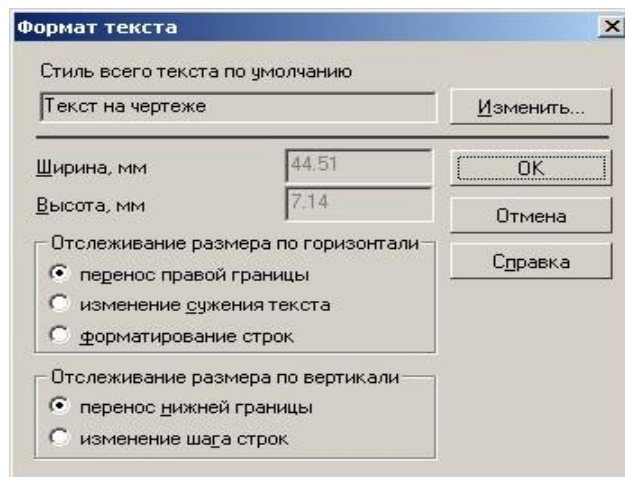


Введіть потрібну кількість рядків, закінчуючи набір кожного з них натисненням клавіші <Enter>.

Можна змінити встановлені за умовчанням параметри введення тексту за допомогою елементів управління, розташованих на вкладці *Форматирование* Панелі властивостей, а також вставити різні спеціальні об'єкти за допомогою елементів вкладки *Вставка*.

Налаштування параметрів абзацу схоже на подібну процедуру в тестовому редакторі MS Word.

Навпаки, вікно **Формат тексту** має елементи, притаманні тільки КОМПАС. Наприклад, можна встановлювати параметри *Ширина текста* або *Высота текста*, тобто визначати габарит тексту тільки в *міліметрах*. За умовчанням текст набирають при включеній опції переносу правої границі, при цьому зовнішні габарити літер не змінюються. При включенні опції *Изменение сужения текста* треба задати ширину "контейнера" в мм, а звуження тексту буде відбуватися при досягненні курсором правої межі за рахунок звуження ширини літер. Занадто інтенсивне звуження може призвести до втрати естетичного вигляду.



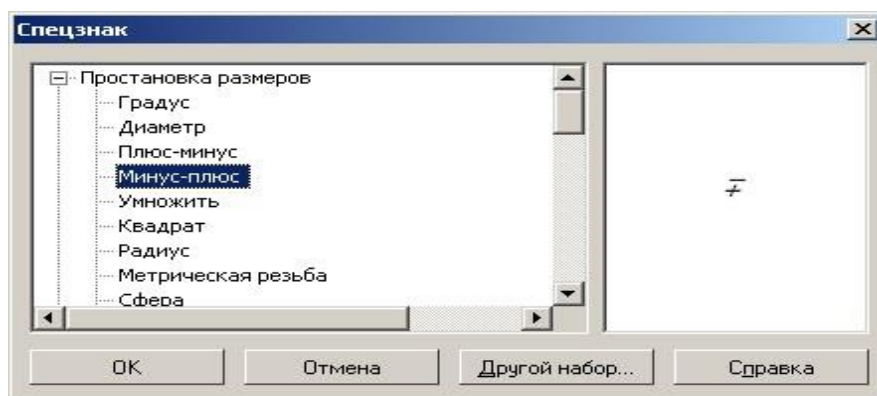
Кнопка **Параметры списка** викликає появу вікна налаштування параметрів нумерації абзаців тексту. Налаштування єдині для всього тексту. Порядок роботи зі списками схожий з MS Word.

Текстовий процесор КОМПАС-3D має команди для вставки спеціальних об'єктів технічного спрямування. Ці команди згруповані в меню *Вставка*, а їх кнопки на панелі *Вставка в текст*.



Також вставка можлива за допомогою елементів управління вкладки *Вставка* Панелі властивостей.

Вікно *Спецзнак* слугує для вибору спеціального знаку для вставки в текст. З лівої сторони вікна маємо каталог тематично згрупованих спецзнаків. Спецзнак, позначений курсором відображається у вікні перегляду. Набори спецзнаків зберігають в файлах *.sss.



В текст можна вставити *Дроби* різної висоти — повної, середньої або малої (100%, 67% або 45%), або *Индексы*. Ця процедура також подібна роботі з MS Word.

8 2. Команды постановки позначень

Команди постановки позначень доступні (окрім кнопок *Текст* і *Обозначение центра*), якщо в документі вже є які-небудь графічні об'єкти.

Команди найбільш вживані для машинобудівних креслень. Кнопки виклику команд постановки позначень знаходяться в меню *Инструменты* або на інструментальній панелі *Обозначения*. Основні з них наведемо нижче:

9 Команда **Шероховатость**

дозволяє створити позначення шорсткості поверхні.

Параметр шорсткості і його значення можна вибрати з контекстного меню поля *Текст* на вкладці *Знак* Панелі властивостей.

Команда **База**

Дозволяє створити позначення базової поверхні.

Вкажіть курсором об'єкт, що зображає базовий елемент (контур деталі, осьову лінію і т.п.). Вкажіть точку основи трикутника, що позначає базу і точку, що визначає розташування рамки з написом.

10 Команда **Линия-выноска**

Дозволяє створити довільну лінію-виноску. Вкажіть початкову точку першого відгалуження лінії-виноски. Вкажіть точку початку полиці. Потім вкажіть початкові точки решти відгалужень (кількість не обмежена). Літеру для постановки на полиці лінії-виноски можна вибрати з контекстного меню поля *Текст* на вкладці *Знак* Панелі властивостей.

11 Команда **Допуск формы**

створює позначення допуску форми і розташування поверхні. Вкажіть точку вставки рамки допуску. За умовчанням у вибрану точку поміщається лівий нижній кут рамки. При цьому в списку *Базовая точка* вибраний варіант *Слева внизу*. Щоб змінити розташування рамки відносно точки вставки, розкрийте вказаний список і виберіть потрібний рядок. Щоб включити вертикальне розташування рамки, активізуйте опцію *Вертикально*.

12 Команда **Линия разреза**

дозволяє створити лінію розрізу або перетину. Вкажіть початкову (розташовану ближче до зображення виробу) точку лінії розрізу. Укажіть точки перегину лінії. Для точної вказівки користуйтеся прив'язками або меню геометричного калькулятора в полях *Текущая точка* на вкладці *Знак* Панелі властивостей. Можна також вводити в ці поля значення з клавіатури.

13 Команда **Стрелка взгляда**

створить стрілку, яка вказує напрям погляду. Вкажіть початкову точку (вістря) стрілки. Вкажіть точку, що визначає напрям стрілки. Потім вкажіть точку, що визначає розташування напису. У полі *Текст* на Панелі властивостей відображається пропонується системою літера для позначення стрілки погляду.

14 Команда **Обозначение центра**

За умовчанням позначення центру формується у вигляді двох пересічних осей. При цьому в групі *Тип* на Панелі властивостей активний перемикач *Две оси*. Щоб створити умовне позначення центру або одну вісь, активізуйте відповідний перемикач. Якщо потрібно сформувати позначення центру осесиметричного об'єкту (кола, дуги кола, еліпса, дуги еліпса, прямокутника, правильного багатокутника), вкажіть цей об'єкт.

3. Оформлення креслення

Кожне креслення складається з видів, технічних вимог, основного напису (штампу креслення) і позначення шорсткості невказаних поверхонь деталі (знаку невказаної шорсткості).

У креслярсько-графічному редакторі КОМПАС-Графік при роботі з документами (графічними і текстовими) використовується поняття оформлення.

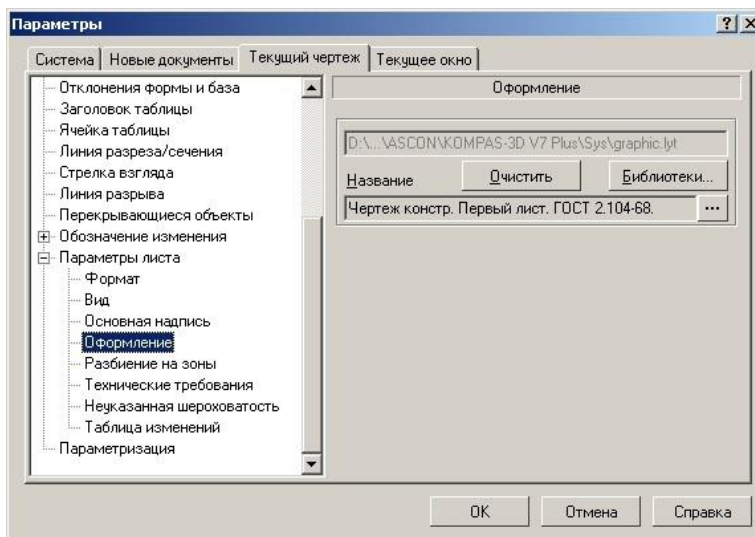
Процес оформлення креслення включає вибір стилю оформлення, створення елементів оформлення і заповнення основного напису.

Оформлення креслення включає основний напис, а також зовнішню і внутрішню рамки. У оформлення текстового документа, крім основного напису і рамок, входить інформація про відступи тексту від внутрішньої рамки.

[illegible]

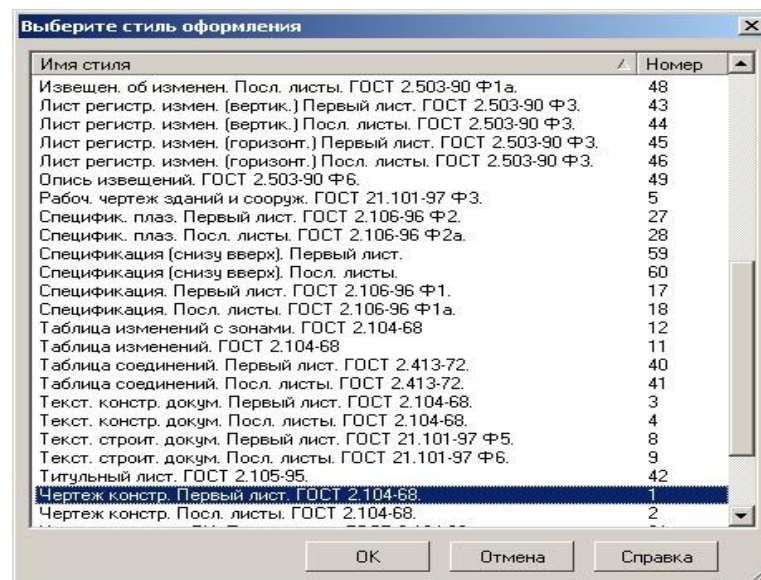
Коли ви створюєте нове креслення, до нього застосовується стиль оформлення, що діє за умовчанням для всіх створюваних креслень.

Ви можете вказати інший стиль оформлення для поточного креслення в діалозі вибору оформлення.



Цей діалог з'являється на екрані після виклику команд настройки оформлення документів, як нових, так і поточних. Наприклад, *Сервис*

Параметры\Новые документы\Графический документ\Параметры листа\Оформление — дозволяє вибрати оформлення, яке використовуватиметься для графічного або текстового документа, або стиль, який матиме специфікація.

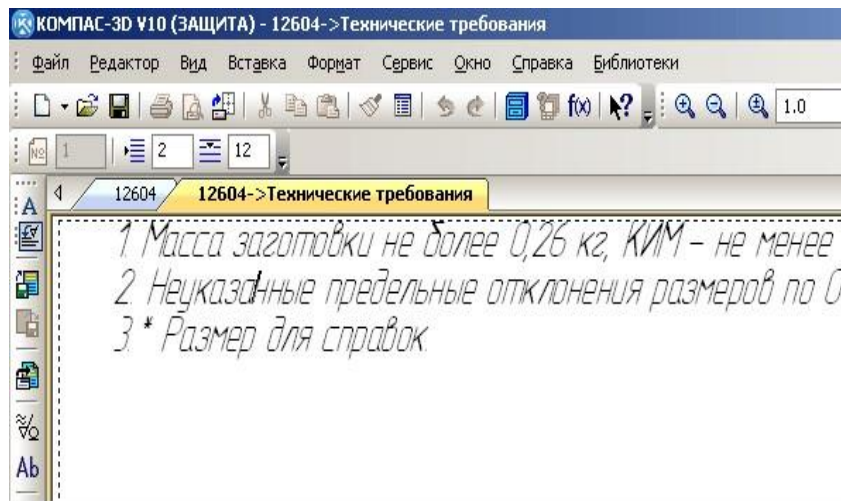


16 Елементи оформлення креслення

До елементів оформлення креслення відносяться **технічні вимоги** і **знак невказаної шорткості**.

Щоб почати **введення технічних вимог**, викличте команду *Вставка\Технические требования\Введение....* На екрані з'явиться вікно введення і редагування технічних вимог. При роботі з ним доступні всі можливості текстового редактора КОМПАС-3D.

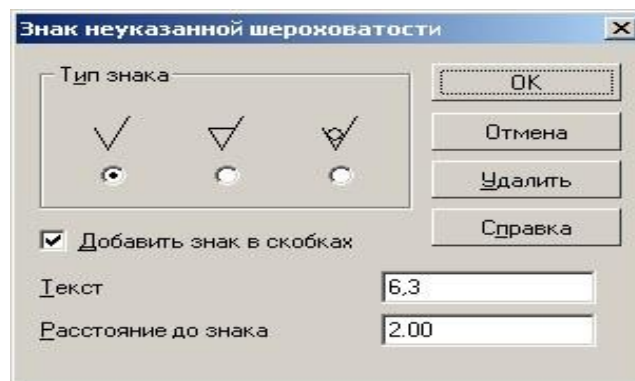
За умовчанням технічні вимоги мають вигляд нумерованого списку (нумерація проводиться автоматично, після натиснення кнопки <Enter>). Завершивши введення технічних вимог, збережіть їх (у креслення або файл) і закрийте вікно. Для зміни розташування тех. вимог служить команда *Вставка\Технические требования\Размещение*. Команда недоступна, якщо відсутній текст технічних вимог.



Завершити роботу в режимі розміщення технічних вимог можна, натиснувши клавішу <Esc>.

17 Позначення невказаної шорсткості

Щоб створити **позначення невказаної шорсткості**, викличте команду *Вставка\Неуказанная шероховатость\Ввод...* На екрані з'явиться діалог настройки позначення невказаної шорсткості, в якому можна задати напис і параметри позначення. Для редагування розміщення знаку невказаної шорсткості скористайтеся командою *Вставка\Неуказанная шероховатость\Размещение*.



Щоб приступити до **заповнення основного напису**, викличте команду *Вставка\Основная надпись*, або просто двічі клацнути мишею по таблиці основного напису. Комірки основного напису стануть доступними для редагування. Завершивши заповнення таблиці основного напису, викличте з контекстного меню команду *Создать объект* або натисніть комбінацію клавіш <Ctrl> + <Enter>.

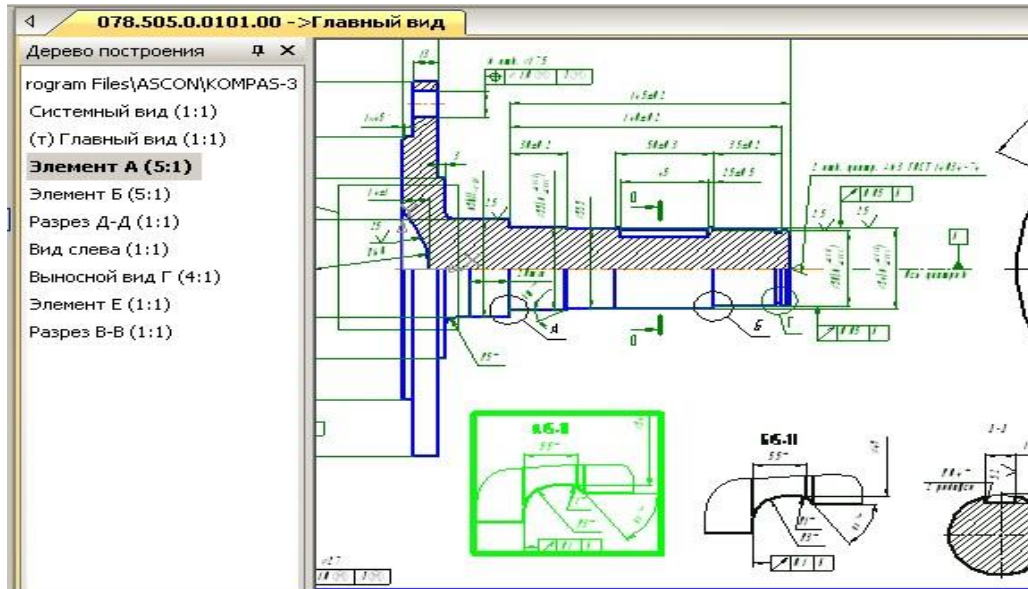
4. Види в КОМПАС-3D

Кожне креслення містить один або декілька видів.

Поняття виду в системі КОМПАС-3D відрізняється від прийнятого в звичайному кресленні і трактується дещо ширше. У машинобудівному кресленні під видом розуміється прямокутна проекція зверненої до спостерігача поверхні предмету на площину проекцій. У системі КОМПАС3D видом є **будь-яке ізольоване зображення на кресленні**. **Види в КОМПАС-3D** —

зручний засіб структуризації креслення. Управління ними (створення, видалення, переміщення, зміна параметрів) знаходиться під повним контролем конструктора.

Будь-яке креслення КОМПАС-3D складається принаймні з одного виду. При створенні нового креслення система автоматично формує спеціальний системний вид з номером 0. Цей вид містить основний напис креслення (штамп). Якщо користувач не створював інших видів, то всі об'єкти, що вводяться, автоматично поміщатимуться в цей системний вид. Тому відразу ж після створення нового креслення можна приступати до побудови зображення, однак краще використовувати види.

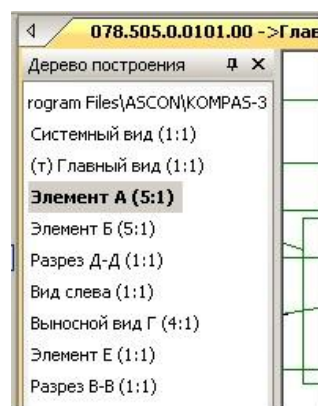


18 Зміна параметрів виду

Ви можете змінювати деякі параметри виділеного виду — назву, масштаб та інше. Параметри системного виду з номером 0 для редагування недоступні.

19 Переміщення видів і компоновання креслення

Ви можете редагувати види таким же чином, як і окремі їх об'єкти. Команди переміщення, копіювання, видалення, повороту, кнопки виклику яких знаходяться на панелі **Редагування**, стосуються і видів. Можливість переміщення видів дозволяє раціонально розташовувати їх на листі креслення. Універсальним способом зміни розташування об'єктів на кресленні є перетягання їх мишею. Цей спосіб може бути застосований у тому випадку, коли вимоги до точності розміщення об'єктів невисокі. **Дерево побудови креслення**



Окрім засобів управління видами на панелі Поточний стан, існує ще один спосіб доступу до структури креслення, зв'язаний з використанням дерева побудови креслення. Відкрийте

меню **Вид** і включіть прапорець команди **Дерево побудови**. У лівій частині вікна системи з'явиться дерево побудови креслення, на якому в графічному вигляді представлена послідовність видів, що утворюють креслення. Види відображаються у вигляді ієрархічного дерева, у порядку їх створення.

Робота з деревом побудови креслення підкоряється тим же правилам, що і для дерева побудови тривимірної моделі. Можна включати і вимикати його відображення, переводити в "плаваючий" режим, міняти розміри і розташування у вікні системи.

Використання видів в кресленні не є обов'язковим. Проте, в деяких випадках їх використання є необхідним:

- Якщо розміри деталі такі, що її зображення в масштабі 1:1 не уміщатиметься на аркуші заданого формату або навпаки, буде дуже дрібним, зобразіть її в новому виді у потрібному масштабі.
- Якщо на одному аркуші креслення потрібно помістити декілька об'єктів, зображених в різному масштабі.
- Не рекомендується розміщувати в різних видах зображення на кресленні, які знаходяться в безпосередньому проекційному зв'язку.
- Якщо створюється складне креслення з великою кількістю видів, перетинів, розрізів, то ці об'єкти доцільно розмістити в різних видах.
- Помилки, допущені при створенні виду, можна легко виправити зміною його параметрів.

Одержане креслення необхідно оформити в ручному режимі: побудувати осьові лінії, проставити розміри і технологічні позначення, ввести технічні вимоги і заповнити штамп.

20 Команди створення видів

Кнопки виклику команд побудови видів знаходяться на інструментальній панелі **Ассоциативные виды**, а команди — в меню *Вставка*.

Асоціативний вид - вид креслення, асоціативно пов'язаний з існуючою моделлю (деталлю або збіркою). При зміні форми, розмірів і топології моделі змінюється і зображення у всіх пов'язаних з нею видах.

Команда **Вид** (кнопка **Создать новый вид**) дозволяє створити в активному кресленні новий вид.

Елементи управління, розташовані на вкладці *Параметры* Панелі властивостей дозволяють набудувати параметри виду.

У полі **Номер** відображається номер виду, автоматично привласнений йому системою. Якщо необхідно, введіть в це поле інше значення.

У полі **Имя** відображається ім'я виду, автоматично привласнене йому системою. Якщо необхідно, введіть в це поле інший текст. Вміст поля *Имя* відображається в *Дереві креслення*.

Список **Цвет** дозволяє вибрати колір виду в активному стані.

У поле **Масштаб** можна ввести довільний масштаб створюваного зображення у вигляді відношення будь-яких чисел, але краще вибрати масштаб виду із стандартного ряду. Для цього розверніть список *Масштаб* і виділіть потрібний рядок.

Група перемикачів **Точка вида** дозволяє вибрати розташування базової точки : у центрі габаритного прямокутника або на початку координат. Задайте кут повороту виду і розташування його точки прив'язки.

Команда **Стандартные виды...** дозволяє вибрати існуючу (збережену на диску) тривимірну модель і створити в активному документі креслення цієї моделі, що складається з одного або декількох стандартних асоціативних видів.

Після вибору команди на екрані з'явиться діалог, в якому слід вибрати модель, потім у вікні креслення показується фантом зображення у вигляді габаритних прямокутників видів.

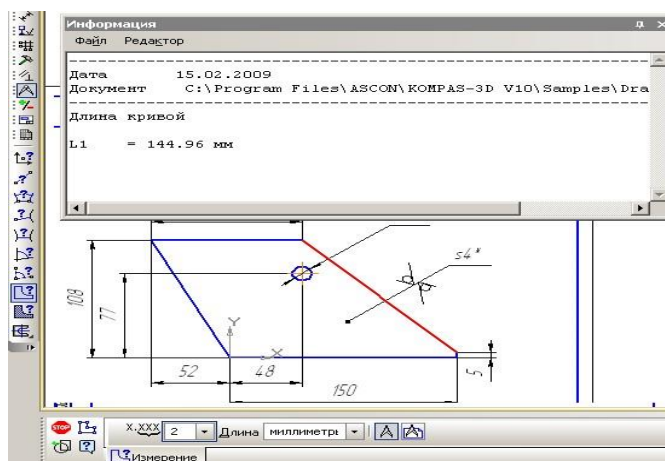
Кнопка *Схема видов* на вкладці *Параметры* Панелі властивостей дозволяє змінити набір стандартних видів вибраної моделі.

5. Вимірювання в КОМПАС-3D

При плоскому (двовимірному) кресленні або роботі з моделлю деталі може виникнути необхідність дізнатися відстань або кут між точками, вершинами, ребрами, осями, гранями і площинами.

У КОМПАС-3D можливо вимірювання різних геометричних характеристик, а також розрахунок **масо-інерційних характеристик (МЦХ)** деталі (об'єму, маси, координат центру тяжіння, осьових і відцентрових моментів інерції, напрямку головних осей інерції). Кнопки виклику команд вимірювань знаходяться на панелі *Измерения*.

Після виклику команди вимірювання на екрані з'явиться діалогове вікно, що дозволяє одержувати і записувати інформацію про проведені вимірювання. Послідовно указуйте об'єкти для вимірювань. Результати цих вимірювань відображатимуться у вікні.



Це вікно з'являється на екрані після виклику будь-якої з команд вимірювання.

У ньому відображаються поточна дата, повне ім'я активного документа, назва викликаної команди і результати вимірювань.

Інформаційне вікно має власне меню, що складається з двох пунктів: *Файл* і *Редактор*.

Команди меню *Редактор* дозволяють редагувати текст у вікні, але робити це доцільно тільки після завершення вимірювань.

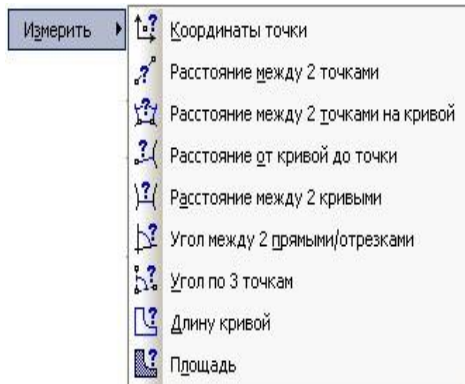
Команди меню *Файл* дозволяють зберегти вміст Інформаційного вікна в текстовому файлі (*.txt), роздрукувати його (без створення файлу) або завершити команду вимірювання.

Кнопка *Прикріпить* в заголовку Інформаційного вікна включає режим його автоматичного згортання.

Ви можете провести декілька вимірювань, не виходячи з команди.

Система запам'ятає і покаже в діалозі всі значення цих вимірювань.

21 Команди вимірювання



22 Команда Координаты точки

Дозволяє визначити розташування вказаної точки в поточній системі координат. Вкажіть курсором точку, розташування якої потрібно визначити, при необхідності скористайтесь прив'язками.

У Інформаційному вікні з'являться значення, що характеризують розташування вказаної точки: координати по осях X і Y, довжина і кут нахилу радіус-вектора.

23 Команда Расстояние между 2 точками

Дозволяє визначити відстань між двома точками в поточній системі координат. Вкажіть курсором точки, відстань між якими потрібно визначити.

У Інформаційному вікні з'явиться значення відстань між вказаними точками, відстань (проекції) між ними по осях X і Y, а також координати точок.

24 Команда Расстояние между 2 точками на кривой

Дозволяє визначити довжину ділянки кривої, обмеженої вказаними точками. Після виклику команди вкажіть курсором криву, уздовж якої вимірюватиметься відстань, а потім - дві точки на ній.

У Інформаційному вікні з'явиться значення довжини ділянки кривої, обмеженої вказаними точками і деякі довідкові параметри (проекції уздовж осей координат, координати точок).

25 Команда Расстояние от кривой до точки

Дозволяє визначити відстань між кривою і точкою.

Вкажіть курсором криву, а потім - точку, відстань до якої потрібно визначити.

Команда **Расстояние между 2 кривыми** дозволяє визначити відстань між двома вибраними кривими. Вкажіть курсором першу і другу криві, відстань між якими потрібно визначити, в Інформаційному вікні з'явиться значення відстані між кривими і деякі довідкові параметри. Криві не повинні перетинатися.

26 Команда Угол между 2 прямыми/отрезками

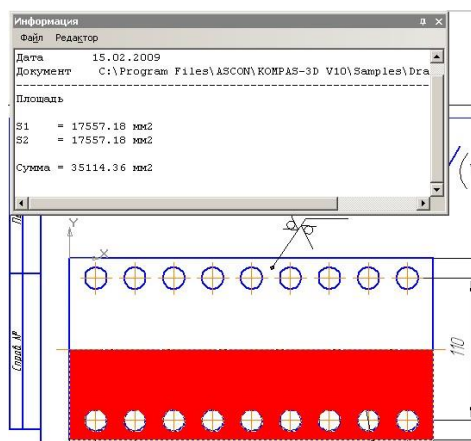
Дозволяє зміряти кут між двома прямолінійними об'єктами (прямими, відрізками, ланками ламаної і т.п.). Вкажіть курсором перший і другий об'єкт, кут між якими потрібно визначити. У Інформаційному вікні з'явиться значення кута між вказаними об'єктами (у градусах, хвилинах, секундах і десяткових градусах, або радіанах, з точністю за умовчанням до 6-го знаку).

Команда **Угол, заданий 3 точками** зміряє кут, вказавши три його твірних точки. Вкажіть курсором вершину кута і дві точки, які визначають його сторони. Для точного позиціонування курсора скористайтеся прив'язками або меню геометричного калькулятора в полях *Первая точка* і *Вторая точка* на Панелі властивостей. У Інформаційному вікні з'явиться значення кута, утвореного заданими точками.

Команда **Длина кривой** дозволяє зміряти повну довжину довільної кривої. Вкажіть курсором криву, довжину якої потрібно визначити. Вибрана крива буде виділена червоним кольором, а значення її довжини з'явиться в Інформаційному вікні. При вказівці іншого об'єкту, в Інформаційному вікні буде вказана його довжина і сума довжин об'єктів.

Команда **Площадь** зміряє площу довільної фігури. Для виконання команди вкажіть курсором точку усередині замкнутої області, обмеженої пересіченими геометричними об'єктами. Система автоматично визначить межі фігури, утвореної цими об'єктами (вона буде виділена червоним кольором), а значення її площі з'явиться в Інформаційному вікні.

Якщо потрібно обчислити площу фігури, обмеженої замкнутим контуром, натисніть кнопку *Указать замкнутую кривую*.



Якщо межі фігури, площу якої потрібно обчислити, не існують в кресленні, ви можете сформувати тимчасову ламану лінію. Для цього натисніть кнопку *Ручное рисование границ*.

Питання для закріплення:

1. Яка команда дозволяє створити текстовий напис в кресленні?
2. В яких одиницях визначаються параметри тексту?
3. Якої висоти дроби можна вставити в текст?
4. Які ви знаєте команди постановки позначень?
5. З яких елементів складається будь-яке креслення?
6. Що таке вид в КОМПАС-3D?
7. Коли використання видів є необхідним?
8. Що таке асоціативний вид?

9. Як провести вимірювання в КОМПАС-3D?