

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.

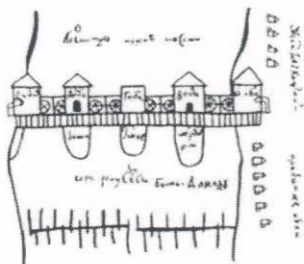


Рисунок 1 Креслення млина на річці Сель (XVII ст.)



Рисунок 2 Креслення першого паровоза Черепанових.

Велика трудомісткість і незначна швидкість ручного виконання креслень змушували шукати засоби механізації їх виконання. Удосконалюються різні креслярські прилади (кульмани), розробляються різноманітні трафарети для викреслювання кіл, еліпсів, написів і умовних знаків для схем: створюються прилади для нанесення штрихування, побудови аксонометричних проєкцій, пристрої для нанесення на креслення цифр, знаків і букв. Механізація креслярських робіт дещо підвищує продуктивність праці конструктора, але не забезпечує відчутного виграшу в часі.



Рисунок 3 Автоматизоване робоче місце конструктора (АРМ).

У наш час прискорити виконання проектно-конструкторських робіт дозволяє застосування сучасної техніки на основі ЕОМ і персональних комп'ютерів(рис. 3).

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).

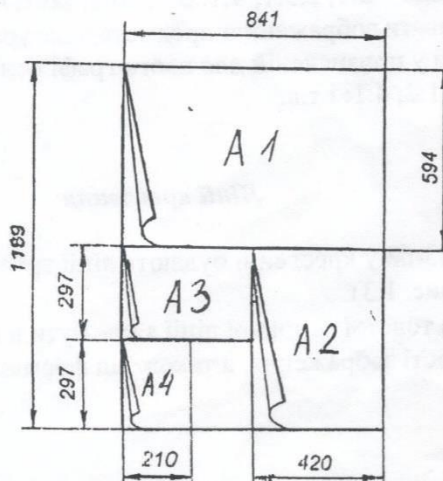


Рис.1.1

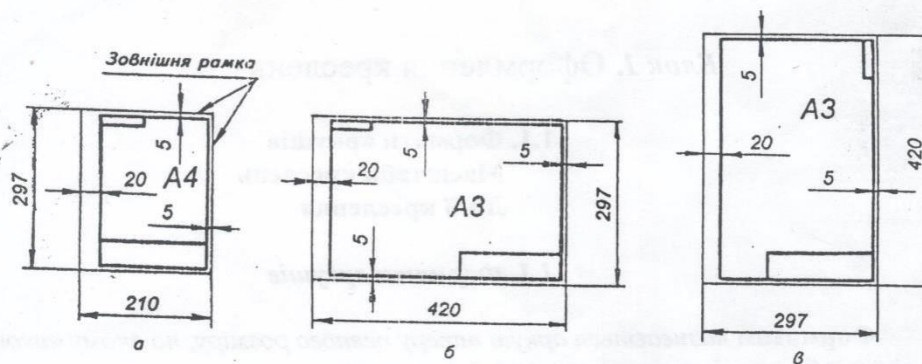


Рис. 1.2

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.

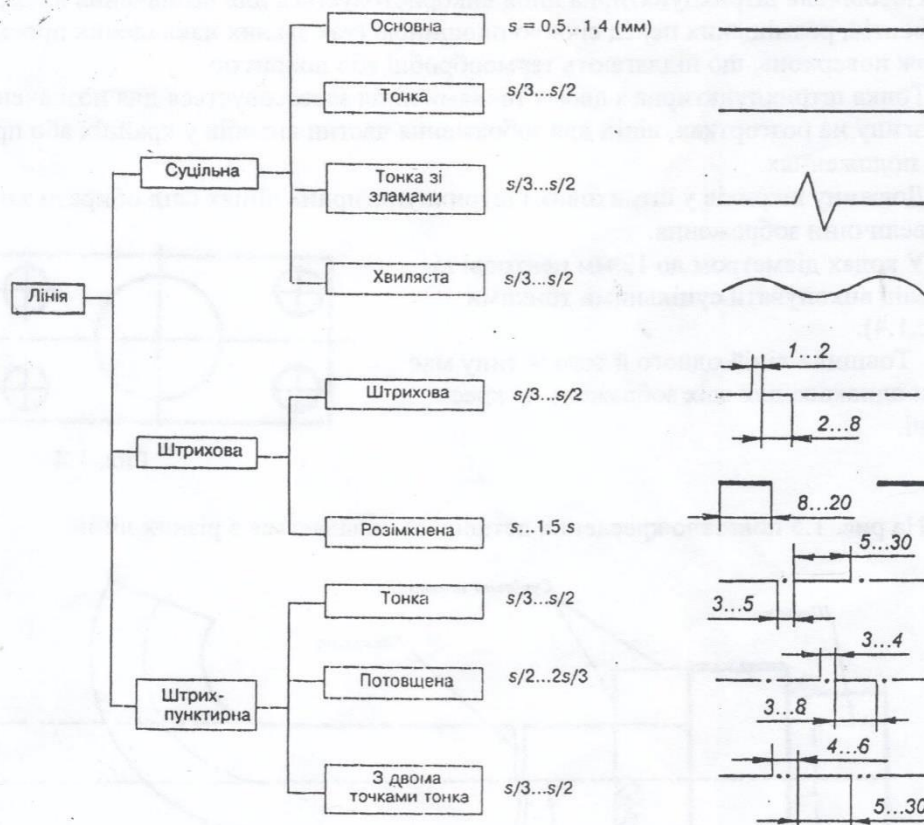


Рис. 1.3

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.

Тонка штрихпунктирна лінія застосовується для зображення центрових і осьових ліній, ліній симетрії. Штрихпунктирні лінії слід починати й закінчувати штрихами.

Потовщена штрихпунктирна лінія використовується для позначення в розрізах елементів, розміщених перед січною площиною (так званих накладених проекцій), а також поверхонь, що підлягають термообробці або покриттю.

Тонка штрихпунктирна з двома точками лінія застосовується для позначення ліній згину на розгортках, ліній для зображення частин виробів у крайніх або проміжних положеннях.

Довжину штрихів у штрихових і штрихпунктирних лініях слід обирати залежно від величини зображення.

У колах діаметром до 12 мм центрові лінії слід виконувати суцільними тонкими (рис. 1.4).

Товщина ліній одного й того ж типу має бути однакова для всіх зображень на кресленні.

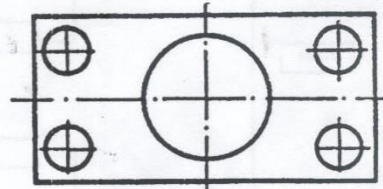


Рис. 1.4

На рис. 1.5 показано креслення деталі, яке складається з різних ліній.

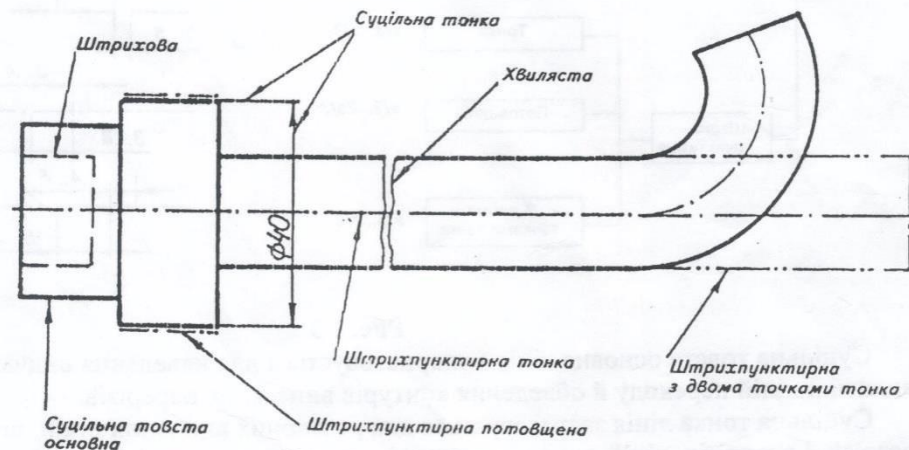


Рис. 1.5

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	Позна- чення	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 допоміж- ної 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 ряд- ків	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, $d, d_1, d_2, b_n, b_{n1}, b_{n2}$.

Основний напис креслення

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

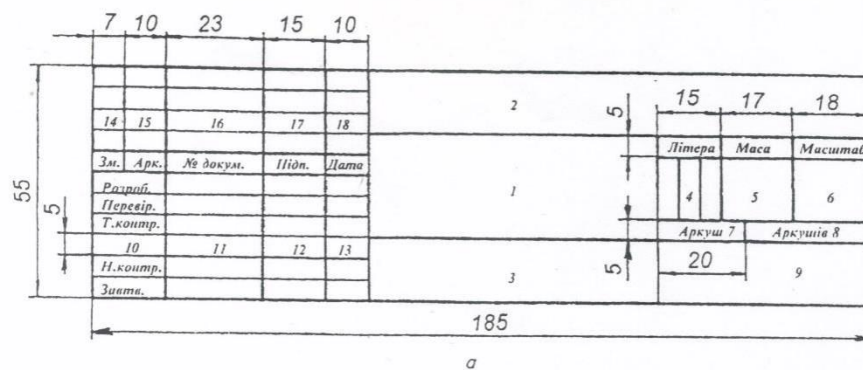


Рис. 1.7,а
для текстових документів (специфікації) – за формами, показаними на
рис.1.7,б

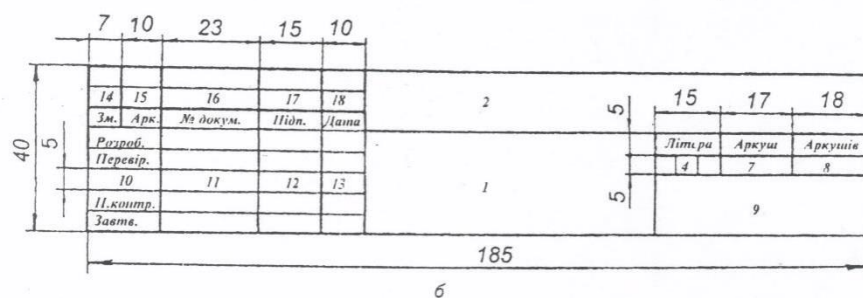


Рис. 1.7,б

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

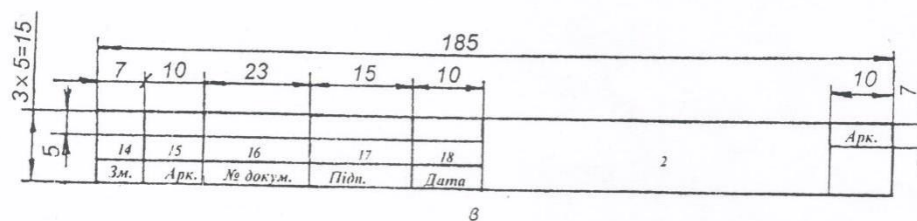


Рис. 1.7,в

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

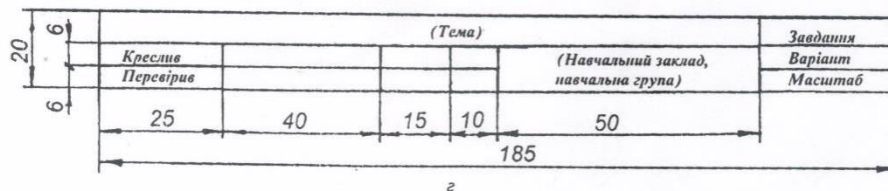


Рис. 1.7,г

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

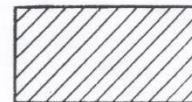


Рис. 1.8

Графічне зображення поширених матеріалів показано на рис. 1.9.

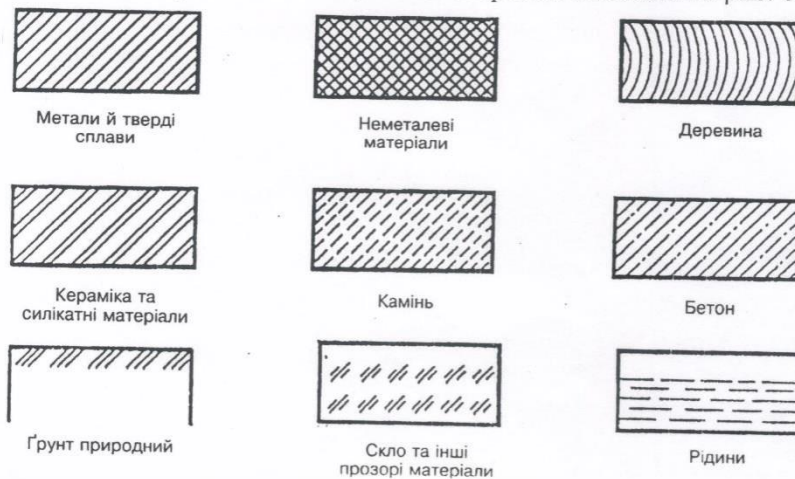


Рис. 1.9

Похили паралельні прямі у штрихуванні проводять під кутом 45° до лінії контуру зображення (рис. 1.10,а) або до його осі (рис. 1.10,б), чи до лінії рамки креслення (рис. 1.10,в).

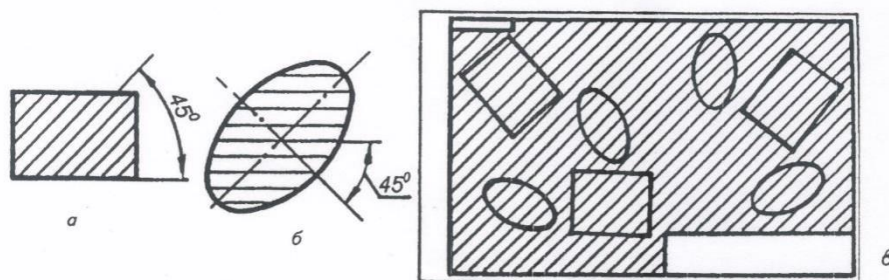


Рис. 1.10

Якщо лінії штрихування збігаються з лініями контуру чи осьовими лініями, рекомендуються лінії штрихування проводити під кутом 30° (рис. 1.11,а) або 60° (рис. 1.11,б).

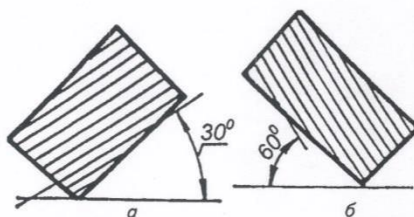


Рис. 1.11

Лінії штрихування можна проводити з нахилом ліворуч або праворуч, але для всіх розрізів і перерізів, що належать одній і тій самій деталі, штрихування треба зазвичай виконувати з нахилом в один бік.

Відстань між прямими лініями штрихування має бути однакова для всіх розрізів і перерізів деталі, що виконуються в одному масштабі.

Залежно від матеріалу, що зображується, площі штрихування і необхідності урізноманітнити штрихування суміжних площин, відстань між лініями штрихування вибирають у межах 1-10 мм.

Перерізи, ширина яких на рисунку становить менше ніж 2 мм, допускається зачорнювати, але залишати просвіт між суміжними перерізами не менше ніж 0,8 мм (рис. 1.12).

Для суміжних перерізів двох деталей слід виконувати зустрічне штрихування: на одній деталі праворуч, на іншій – ліворуч. Для суміжних перерізів трьох і більше деталей треба, щоб лінії штрихування одного напрямку були зсунуті в одному перерізі відносно іншого, або слід змінити відстань між лініями штрихування (рис. 1.13).

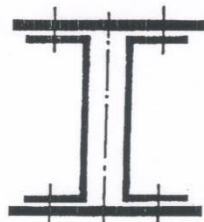


Рис. 1.12

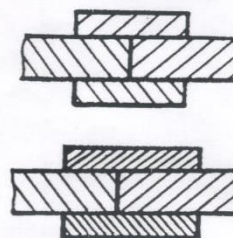


Рис. 1.13

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 просять у міліметрах, не зазначаючи одиниці вимірювання, а кутові – у градусах, хвилинах і секундах із позначенням одиниці вимірювання. Для розмірних чисел використовують лише десяткові дроби. 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).

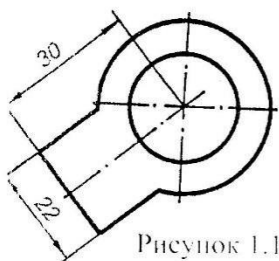


Рисунок 1.14

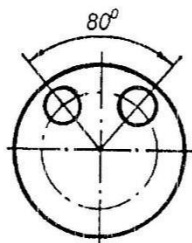


Рисунок 1.15



Рисунок 1.16

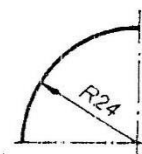


Рисунок 1.17

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).

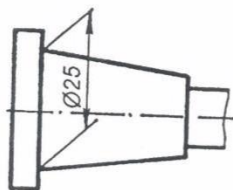


Рисунок 1.18

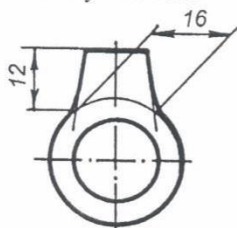


Рисунок 1.19

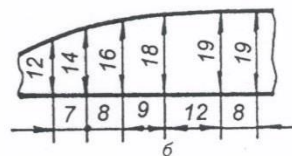
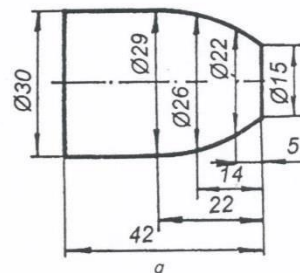


Рисунок 1.20

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.

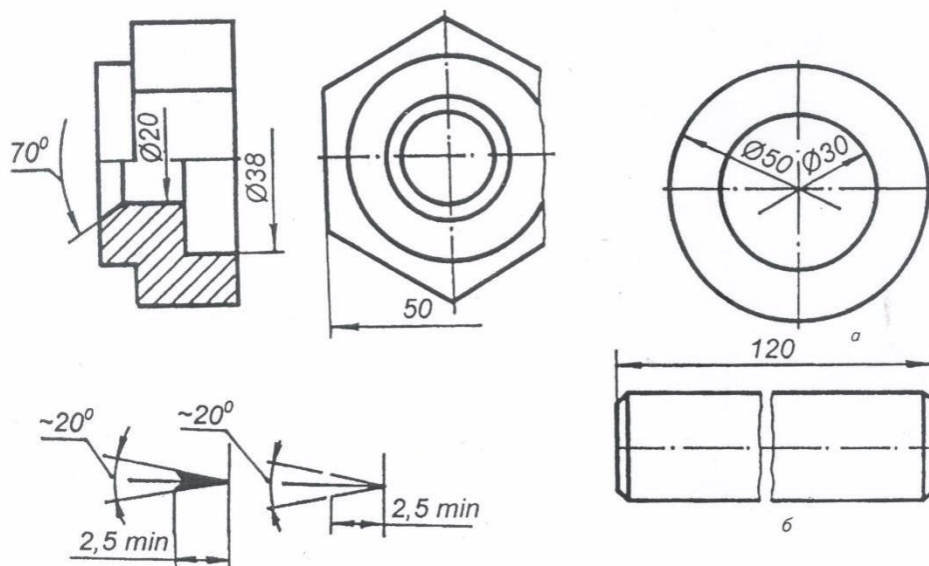


Рисунок 1.21, 1.23

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).

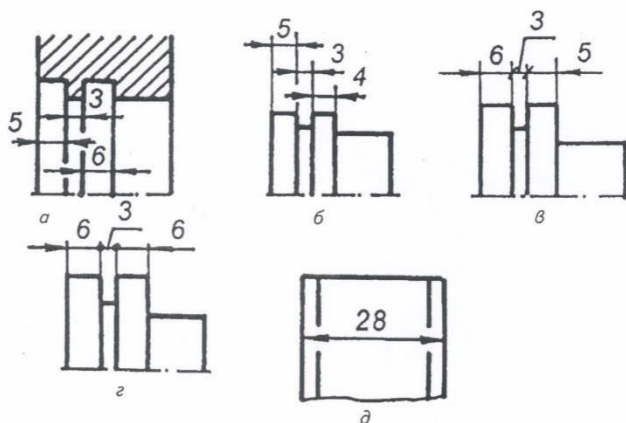


Рисунок 1.24

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

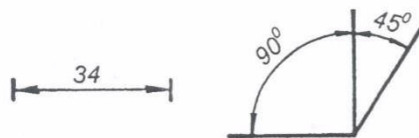


Рисунок 1.25

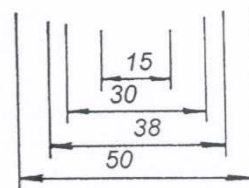


Рисунок 1.26

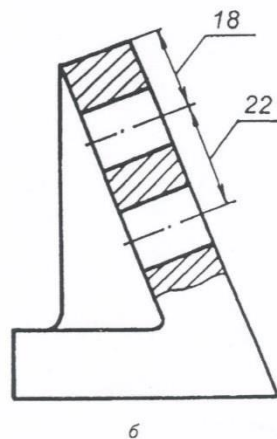
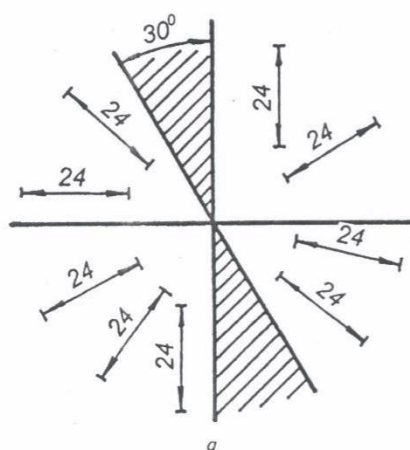


Рисунок 1.27

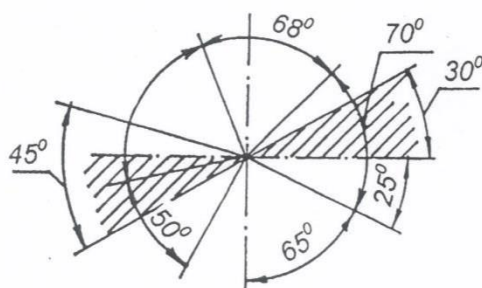


Рисунок 1.28

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.

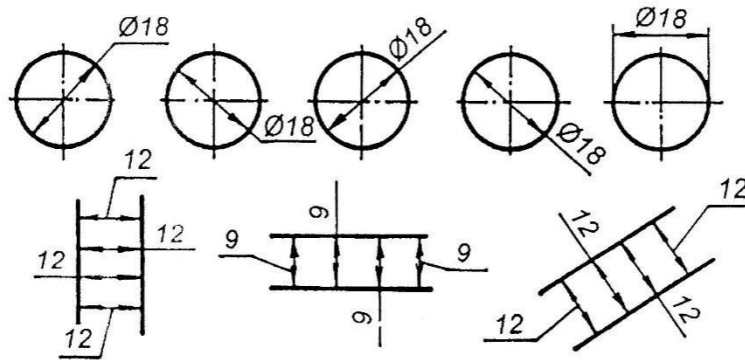


Рисунок 1.29

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

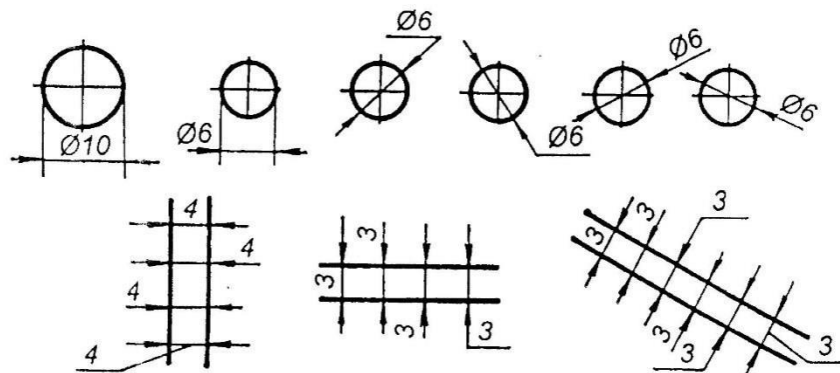


Рисунок 1.30

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).

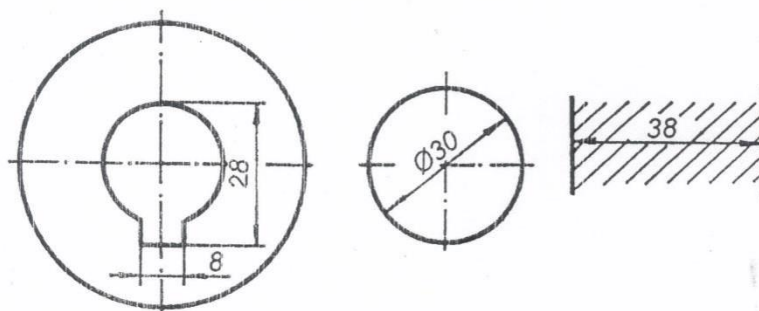


Рисунок 1.31

Розміри, які належать до одного й того самого конструктивного елемента, рекомендується групувати в одному місці, розміщуючи 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).

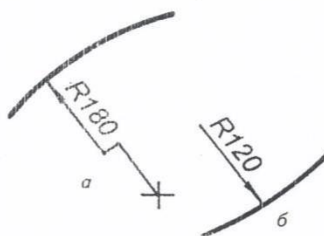


Рисунок 1.32

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.

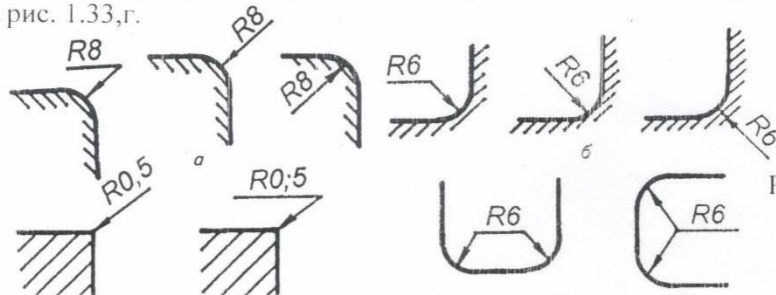


Рисунок 1.33

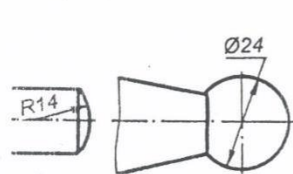


Рисунок 1.34

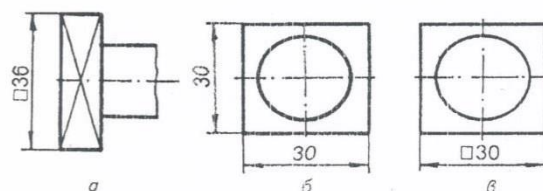


Рисунок 1.35

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.

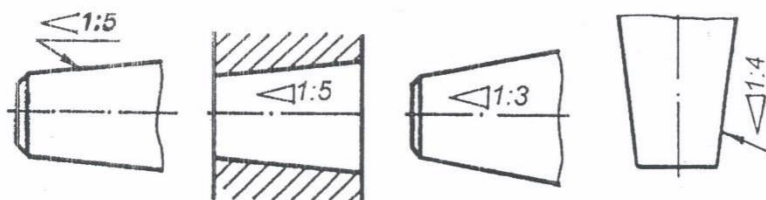


Рисунок 1.36

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).

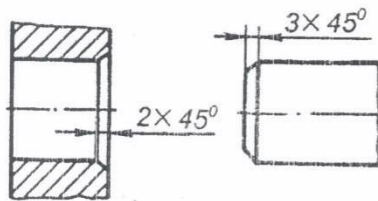


Рисунок 1.38

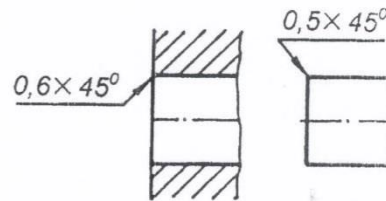


Рисунок 1.39

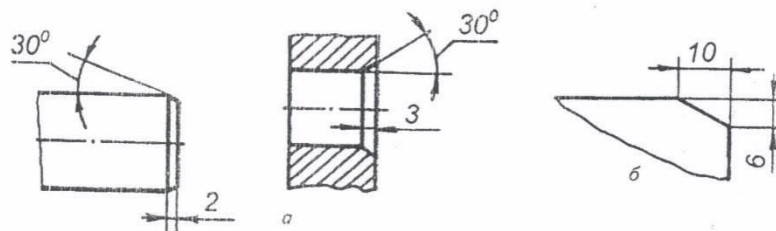


Рисунок 1.40

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

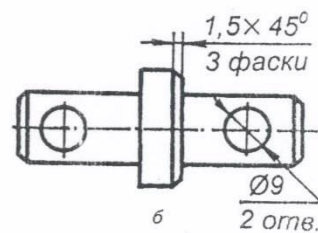
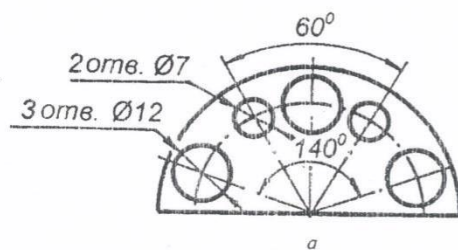


Рисунок 1.41

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

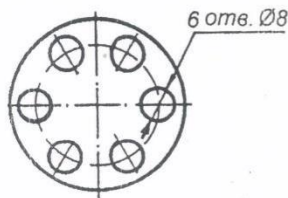


Рисунок 1.42

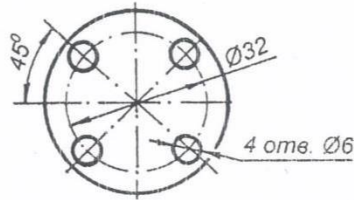


Рисунок 1.43

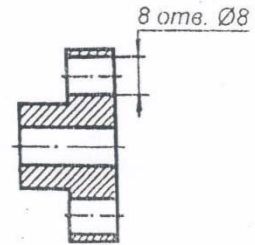


Рисунок 1.44

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).

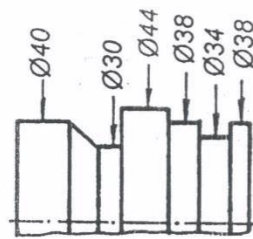


Рисунок 1.45

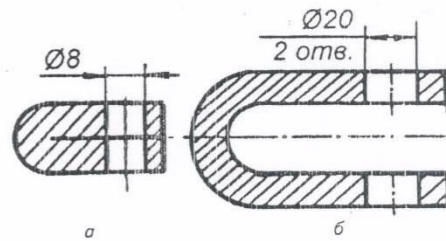


Рисунок 1.46

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).

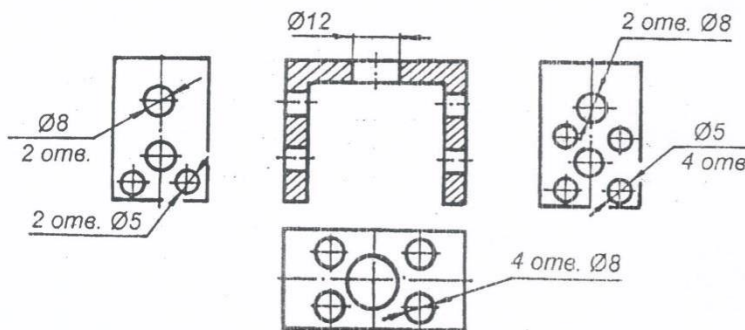


Рисунок 1.47

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).

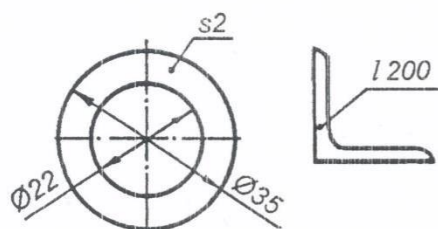


Рисунок 1.48

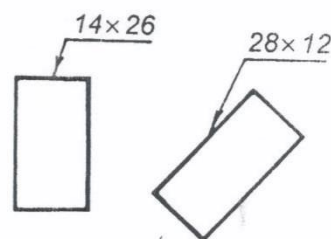


Рисунок 1.49

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.

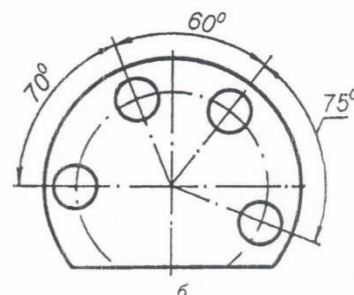
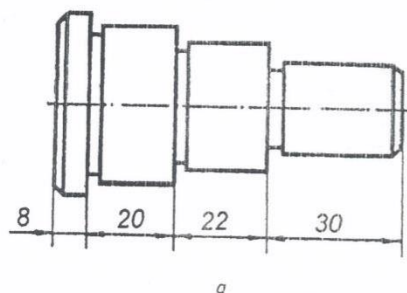


Рисунок 1.50

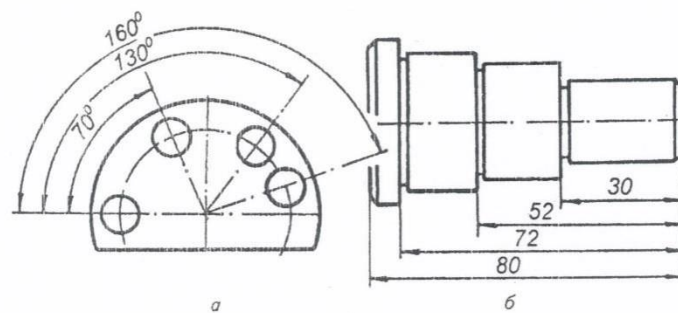


Рисунок 1.51

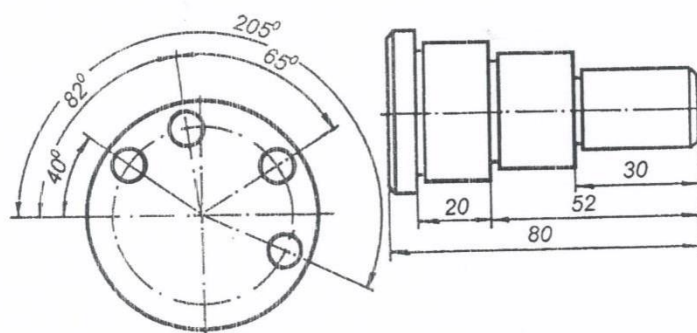


Рисунок 1.52

АксонOMETричні проєкції

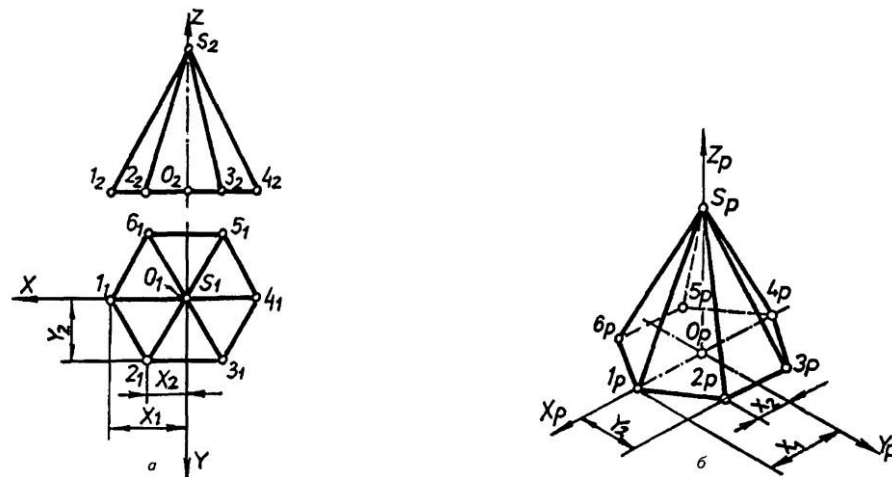
Комплексне креслення дає уявлення про форму і розміри предмета, але в деяких випадках не має достатньої наочності. Тоді додатково зображають предмет в аксонометричній проєкції.

Метод аксонометричного проєктування полягає в тому, що предмет разом з осями прямокутних координат, до яких він віднесений у просторі, проєктується паралельно на площину, що називається площиною аксонометричних проєкцій.

Якщо проєкційні лінії, паралельні напрямку проєктування, утворюють з аксонометричною площиною проєкцій прямий кут, отримаємо прямокутну аксонометричну проєкцію фігури, непрямої — косокутну.

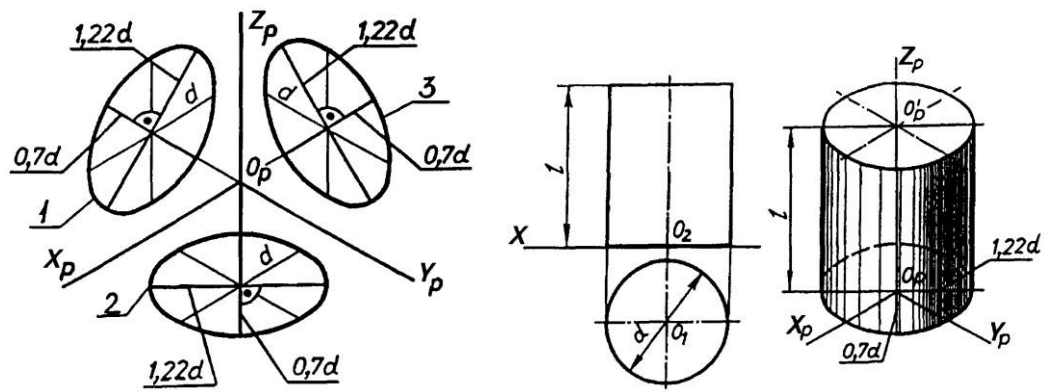
Прямокутна ізометрична проєкція

АксонOMETричні осі розташовані одна відносно іншої під однаковим кутом 120° . Коефіцієнт спотворення по осях однаковий і дорівнює 0,82. Для спрощення побудови рекомендується виконувати ізометричну проєкцію, взявши коефіцієнт спотворення по осях 1, тобто без спотворення. Таку ізометрію інколи називають практичною (зведеною). Розглянемо побудову ізометричної проєкції на прикладі піраміди:



Слід звернути увагу на те, що в ізометрії, як і на комплексному кресленні, протилежні сторони шестикутника мають бути паралельні між собою. Із рис. видно, що сторони шестикутника, які не паралельні координатним осям, мають різну величину спотворення.

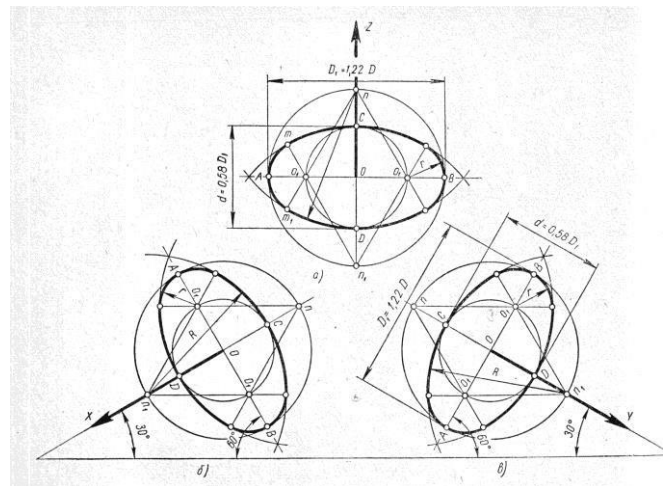
Кола, розміщені в площинах рівня, зображуються на аксонометричну площину проєкцій у вигляді однакових еліпсів, великі осі яких розташовані: еліпса 1 — під кутом 90° до осі Y_p; еліпса 2 — під кутом 90° до осі Z_p, тобто горизонтально, еліпса 3 — під кутом 90° до осі X_p. Еліпс 1 розміщений у фронтальній, еліпс 2 — у горизонтальній і еліпс 3 — у профільній площині рівня. Для всіх трьох еліпсів під час побудови ізометричної проєкції без спотворення по осях великі осі дорівнюють 1,22, а малі — 0,7 діаметра кола.



Замість еліпсів можна використовувати овали.

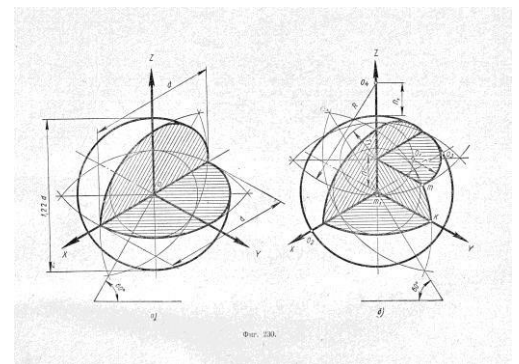
3 Спрощений метод побудови овалів в ізометрії 1. Проводять вертикальну та горизонтальну осі. Точка їх перетину O .

2. Із т. O проводять два допоміжних кола, радіусами, що дорівнюють половині довжини великої та малої напівосей.
3. Точки O_1 з'єднують прямими з точками n .
4. Із точок n , як з центрів, радіусами Dn проводять дуги кіл.
5. Із точок O_1 проводять дуги радіусом O_1m .



Ізометрична проекція кулі 1. Проводять осі координат. Із початку координат описують коло, діаметром $1,22d$ (d – діаметр кулі)

2. Будують фігури перетину площинами у вигляді двох еліпсів, або овалів.
3. Фігури перетину штрихують.

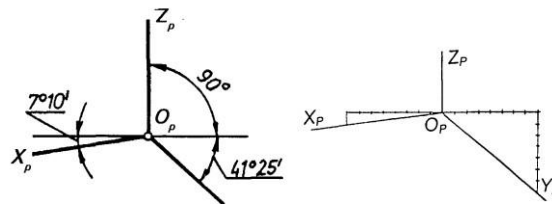


Прямокутна диметрична проекція

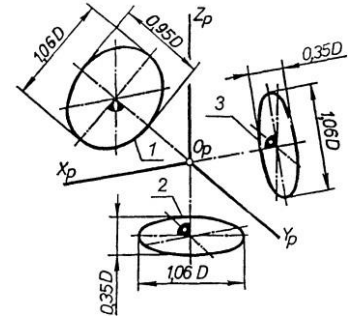
Для побудови осей диметрії можна використати такий спосіб:

На горизонтальній прямій, що проходить через точку Op , відкладають в обидва боки вісім однакових відрізків. З кінцевих точок цих відрізків по вертикалі відкладають ліворуч одну поділку, а праворуч — сім таких поділок. Сполучивши знайдені точки з точкою Op , отримують аксонометричні осі Ox і Oy . Коефіцієнт спотворення по осях Xp Zp дорівнює $0,94$, а по осі Yp — $0,47$. Для спрощення побудови рекомендується диметричну проекцію виконувати без

спотворення по осях X і Z , застосовуючи коефіцієнт спотворення, що дорівнює одиниці, а по осі Y — коефіцієнт спотворення 0,5.



Кола, розміщені у площинах рівня, проектується на аксонометричну площину проєкцій у вигляді еліпсів, великі осі яких орієнтовані відносно осей так само, як і в ізометрії. Якщо диметричну проєкцію виконують без спотворення по осях X_p Z_p , то велика вісь еліпсів 1, 2 і 3 дорівнює 1,06, мала вісь еліпса 1 — 0,95, еліпсів 2 і 3 — 0,35 діаметра кола.



Проекції геометричних тіл

Деталь будь-якої форми можна уявити як сукупність окремих геометричних тіл. Такими тілами, зокрема, є багатогранники та тіла обертання.

Геометричні тіла, обмежені плоскими багатокутниками, називають **багатогранниками** (рис. 1.). Ці багатокутники називаються *гранями*. Лінії перетину граней називаються *ребрами*. Точки перетину ребер називаються *вершинами*.

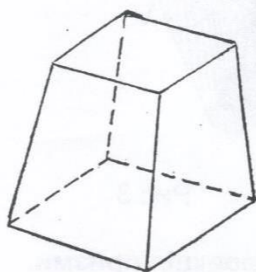


Рис.1

Тіла обертання обмежені поверхнями, які утворюються в результаті обертання будь-якої лінії навколо нерухомої осі (рис. 2.). Лінія, яка під час руху утворює поверхню, називається *твірною*.

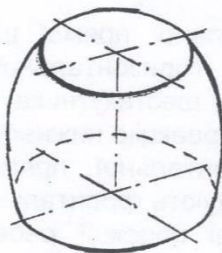


Рис.2

Найбільш поширені такі тіла-обертання, як циліндр, конус, куля.

Деталі машин і приладів здебільшого мають форми, які являють собою різноманітні геометричні поверхні, перерізані площинами (рис. 3.). Задачі

побудови проєкцій таких перерізів часто трапляються у виконанні креслень деталей машин.

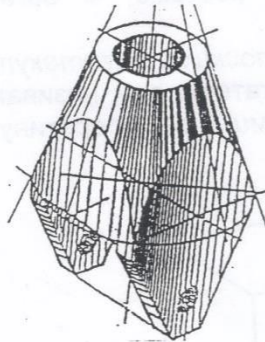


Рис.3

Проекція призми.

Призмою називається багатогранник, дві грані (основи) якого – рівні багатокутники з відповідно паралельними сторонами, а бічні грані в загальному випадку – паралелограми.

Призма є прямою, якщо бічні ребра перпендикулярні до основи і похилою, якщо не перпендикулярні. Бічні грані прямої призми – прямокутники, похилої – паралелограми.

Правильною є призма, в основі якої лежить правильний багатокутник. Якщо в основі призми лежить прямокутник або паралелограм, вона називається паралелепіпедом.

Побудова проєкцій правильної прямої шестикутної призми (рис. 1) починається з виконання її горизонтальної проєкції – правильного шестикутника. Із вершин цього шестикутника проводять вертикальні лінії зв'язку і будують фронтальну проєкцію нижньої основи призми. Ця проєкція зображується відрізком горизонтальної прямої. Від цієї прямої вгору відкладають висоту призми і будують фронтальну проєкцію верхньої основи. Потім викреслюють фронтальні проєкції ребер – відрізки вертикальних прямих, рівних висоті призми. Фронтальні проєкції передніх та задніх ребер співпадають. Горизонтальні проєкції бічних граней зображуються в у вигляді відрізків прямих. Передня бічна грань 1243 зображується на площині *V* без спотворення, а на площині *W* – у вигляді прямої лінії. Фронтальні та профільні проєкції інших граней зображуються з спотворенням.

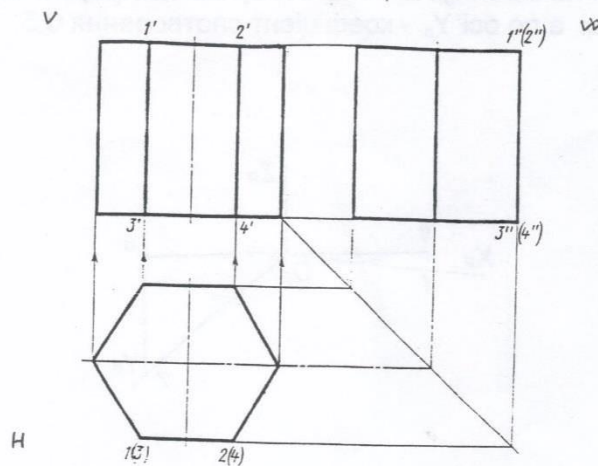


Рис.4

Прямокутна диметрична проекція

На рис.5 показано положення аксонометричних осей.

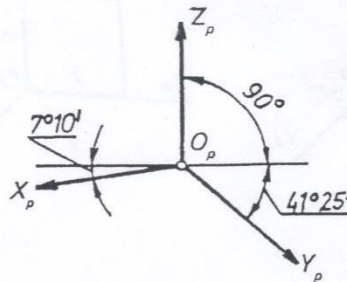


Рис.5

Для побудови осей диметрії можна використати такий спосіб (рис.6). На горизонтальній прямій, що проходить через точку O_p , відкладають в обидва боки від O_p вісім однакових відрізків. З кінцевих точок цих відрізків по вертикалі відкладають ліворуч одну поділку, а праворуч – сім таких поділок. Сполучивши знайдені точки з точкою O_p , отримують аксонометричні осі $O_p X_p$ і $O_p Y_p$.

Коефіцієнт спотворення по осях X_p і Z_p дорівнює 0,94, а по осі Y_p – 0,47. Для спрощення побудови рекомендується диметричну проекцію виконувати

без спотворення по осях X_p і Z_p , застосовуючи коефіцієнт спотворення, що дорівнює одиниці, а по осі Y_p - коефіцієнт спотворення 0,5.

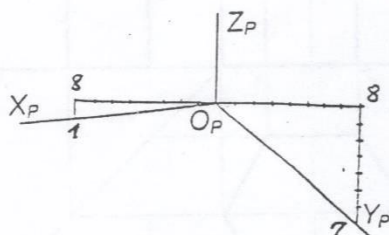


Рис.6

На рис.7 в диметрії побудовано квадрат зі стороною a , що лежить у горизонтальній (рис. 7а), фронтальній (рис. 7б) та профільній (рис.7 в) площинах проекцій.

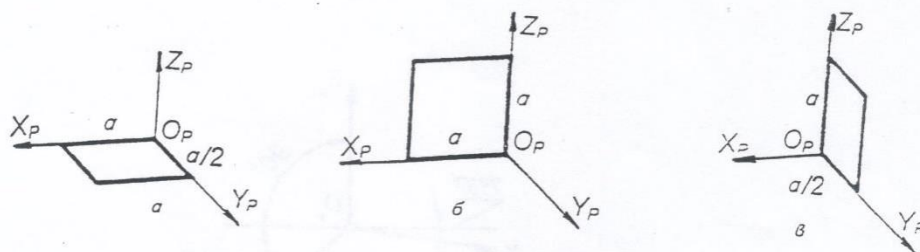


Рис.7

Послідовність побудови така ж, як і в ізометрії (рис.8), лише по осі $O_p Y_p$ відкладають половину справжнього розміру сторони квадрата, тобто $a/2$

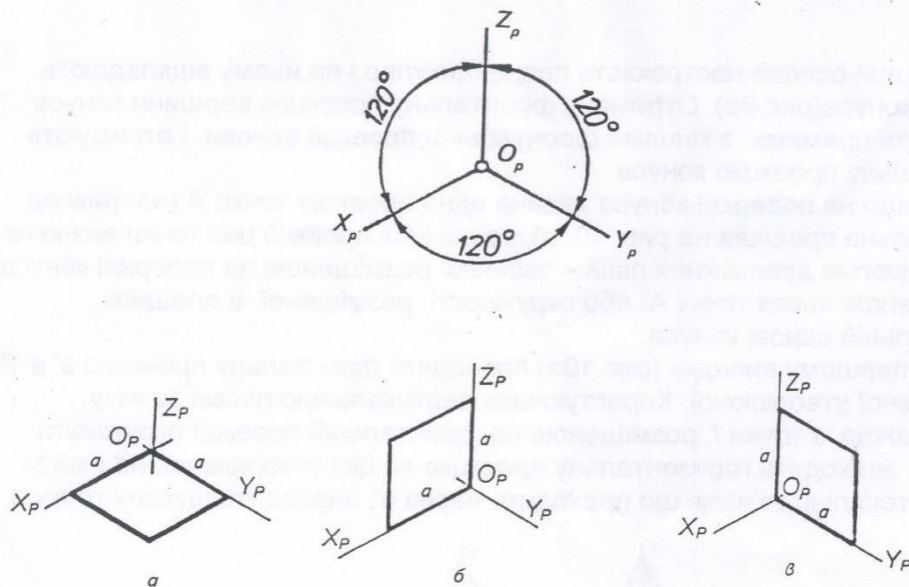


Рис.8
ПРОЕКЦІЯ КОНУСА

Конусом назветься тіло, обмежене конічною бічною поверхнею і площиною, що перерізає всі його твірні. Бічну поверхню конуса отримують при обертанні відрізка твірної навколо осі, яка перетинає твірну в кожному своєму положенні. Перпендикуляр, опущений з вершини на площину основи, називається *висотою конуса*.

Наочне зображення прямого кругового конуса зображено на рис.9а. Бічна поверхня конуса виходить при обертанні відрізка BS навколо осі конуса по направляючій —окружності основи. Послідовність побудови двох проекцій конуса зображена на рис.9б,в. Спочатку будують дві проекції основи. Горизонтальна проекція основи - окружність. Фронтальною проекцією буде відрізок горизонтальної прямої, рівний діаметру цієї окружності (рис. 9б). На фронтальній проекції із середини основи

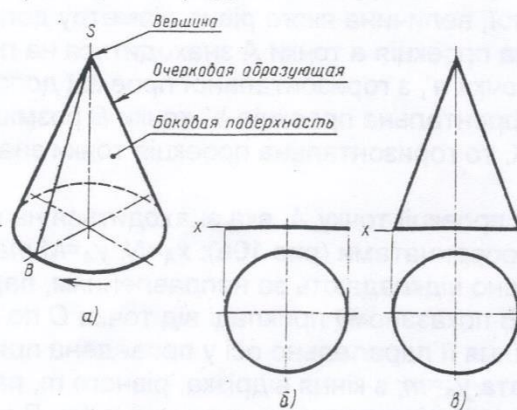


РИС. 9

із середини основи наструюють перпендикуляр і на ньому відкладають висоту конуса (рис. 9в). Отриману фронтальну проекцію вершини конуса з'єднують прямими з кінцями фронтальної проекції основи і отримують фронтальну проекцію конуса.

Якщо на поверхні конуса задана одна проекція точка A (наприклад, фронтальна проекція на рис. 10, а), то дві інші проекції цієї точки визначають за допомогою допоміжних ліній – твірною розміщеною на поверхні конуса проведеною через точку A , або окружності, розміщеної в площині, паралельній основі конуса.

В першому випадку (рис. 10а) проводять фронтальну проекцію $s'a'f'$ допоміжної утворюючої. Користуючись вертикальною лінією зв'язку, проведеною з точки f , розміщеною на фронтальній проекції окружності основи, знаходять горизонтальну проекцію sf цієї утворюючої, на якій за допомогою лінії зв'язку, що проходить через a' , знаходять шукану точку a .

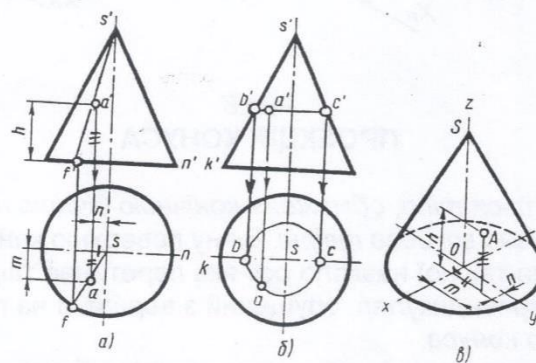


Рис. 10

В другому випадку (рис 10, б) допоміжною лінією, що проходить через точку A , буде окружність, розміщена на конічній поверхні та паралельна площині H . Фронтальна проекція цієї окружності зображується у вигляді відрізка $b'c'$ горизонтальної прямої, величина якого рівна діаметру допоміжної окружності. Шуана горизонтальна проекція a точки A знаходиться на перетині лінії зв'язку, опущеної з точки a' , з горизонтальної проекції допоміжної окружності.

Якщо задана фронтальна проекція b' точки B розміщена на контурній (нарисній) твірній SK , то горизонтальна проекція точки знаходиться без допоміжних ліній.

В ізометричній проекції точку A , яка знаходиться на поверхні конуса, будують за трьома координатами (рис 10в): $x_A=N$, $y_A=M$ та $z_A=H$. Ці координати послідовно відкладають за направленням, паралельним ізометричним осям. В показаному прикладі від точки O по осі x відкладена координата $x_A=n$; з кінця її паралельно осі y проведена пряма, на якій відкладена координата $y_A=m$; з кінця відрізка, рівного m , паралельно осі z проведена пряма, на якій відкладена координата $z_A=n$. В результаті побудов отримаємо шукану точку A .

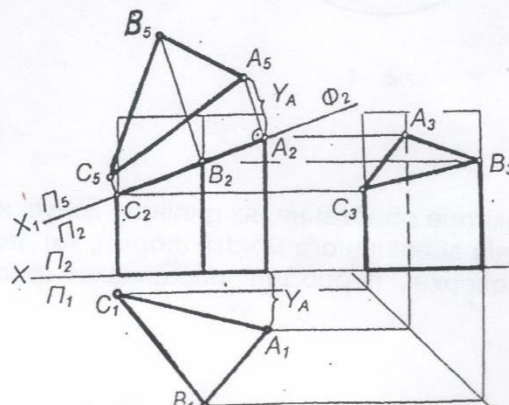
Переріз призми площиною

Призмою називається багатогранник, дві грані (основи) якого – рівні багатокутники з відповідно паралельними сторонами, а бічні грані в загальному випадку – паралелограми.

Призма є прямою, якщо бічні ребра перпендикулярні до основи і похилою, якщо не перпендикулярні. Бічні грані прямої призми – прямокутники, похилої – паралелограми.

Правильною є призма, в основі якої лежить правильний багатокутник. Якщо в основі призми лежить прямокутник або паралелограм, вона називається паралелепіпедом.

Фігурою перерізу прямої трикутної призми фронтально-проекційною площиною Φ (Φ_2 – фронтальний слід площини) є трикутник ABC (рис. 4.).



На рис. 5. пряма чотирикутна призма перерізана горизонтально-роекційною площиною Γ (Γ_1 – горизонтальний слід площини).



Профільні проекції точок A_3, B_3, C_3, D_3 побудовано відомим способом.

Справжню величину фігури перерізу визначено способом заміни площин проєкцій. Фронтальна площина проєкцій замінена новою Π_4 , нову вісь X_1 проведено через слід Γ_1 . Далі побудова зрозуміла з креслення.

На рис. 6. правильна шестикутна призма перерізана фронтально-проєкційною площиною Φ (Φ_2 – фронтальний слід площини).

Слід звернути увагу, що площина перетинає не лише бічні ребра, а й верхню основу призми.

Справжній вигляд фігури перерізу $A_1B_1C_1D_1E_1$ визначено плоскопаралельним переміщенням.

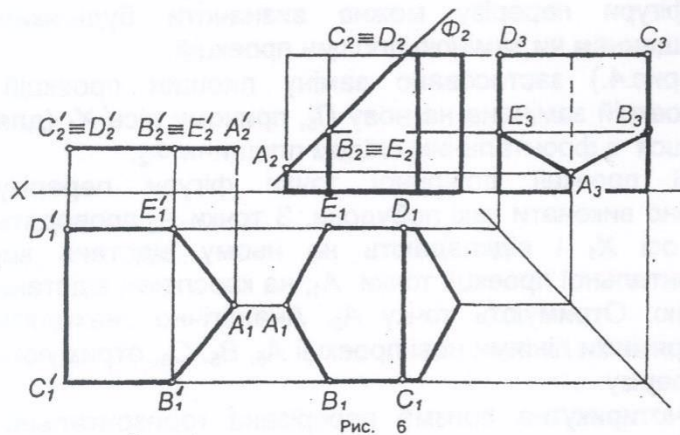


Рис. 6

Розгортка поверхні геометричного тіла (призми)

Розгорткою називається плоска фігура, яка утворилася при поєднанні геометричного тіла з однією площиною (без накладання граней чи інших елементів поверхні одну на одну) .

Розгортку бічної поверхні (рис. 1, б) з основою та фігурою перетину призми будують наступним чином. Проводять пряму, на якій відкладають п'ять відрізків, рівних довжинам сторін п'ятикутника, що лежить в основі призми. З отриманих точок проводять перпендикуляри, на яких відкладають дійсні довжини ребер усіченої призми,

Беручи їх з фронтальної або профільної проекції (рис.1а) отримують розгортку бічної поверхні призми.

До розгортки бічної поверхні добудовують фігуру нижньої основи – п'ятикутник та фігуру перетину. при цьому використовують метод триангуляції або метод координат, відомий з геометричного креслення. На рис.1, а показано побудову вершини 5 методом триангуляції. Лінії перегину по ГОСТу 2.303 – 68 показують на розгортці штрих пунктирною лінією з двома точками.

Для наочності виконаємо побудову усіченого тіла в аксонометричній проекції. На рис.1,в побудована ізометрична проекція усіченої призми. Порядок побудови ізометричної проекції наступний. Будують ізометричну проекцію основи призми, проводять у вертикальному напрямку лінії ребер, на яких від основи відкладають їх дійсні довжини, взяті з фронтальної або профільної проекції призми. Отримані точки 1' - 5' сполучають прямими лініями.

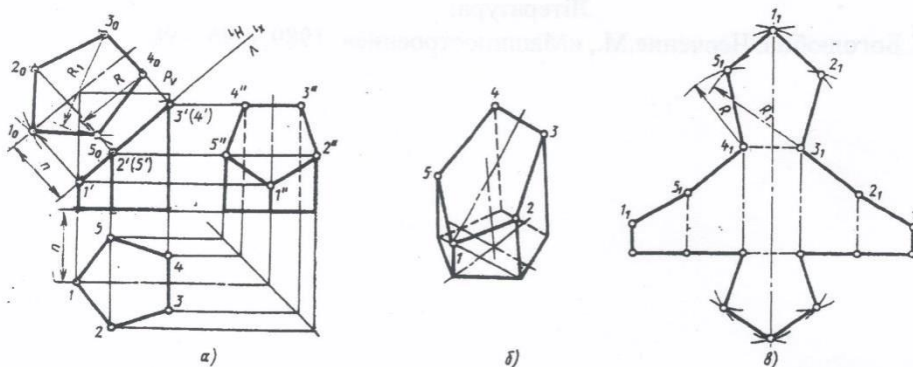


РИС. 1

Вигляди. Розрізи. Перерізи

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

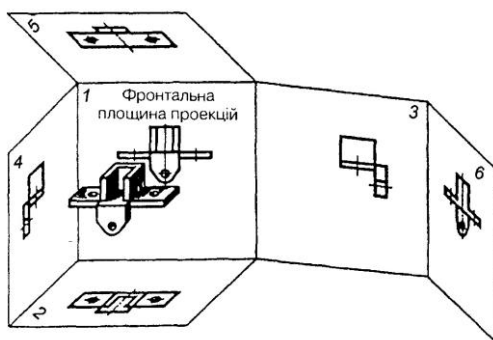


Рис 1

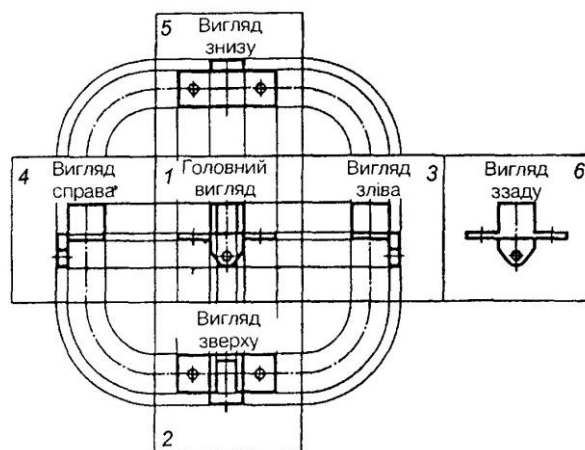


Рис 2

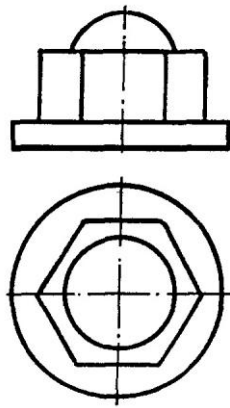
Найуживанішими з цих шести площин є фронтальна 1, горизонтальна 2 і профільна 3. За допомогою цих площин на кресленні можна передати без спотворення розміри предмета в трьох основних напрямках, а саме — висоту, довжину і ширину.

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).

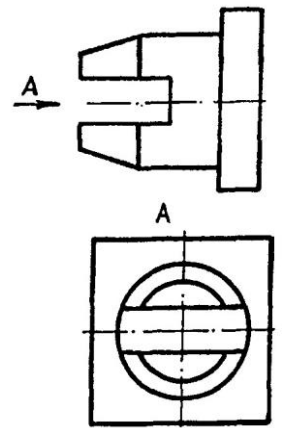
Виглядом називають зображення повернутої до спостерігача видимої поверхні предмета. На вигляді інколи показують штриховими лініями (коли це потрібно) невидимі контури предмета.

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 літеру (рис. 4). Рис 4

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

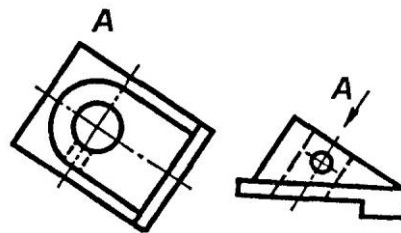


Рис 5

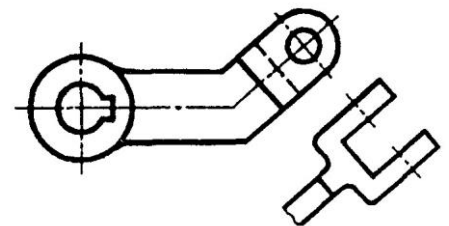


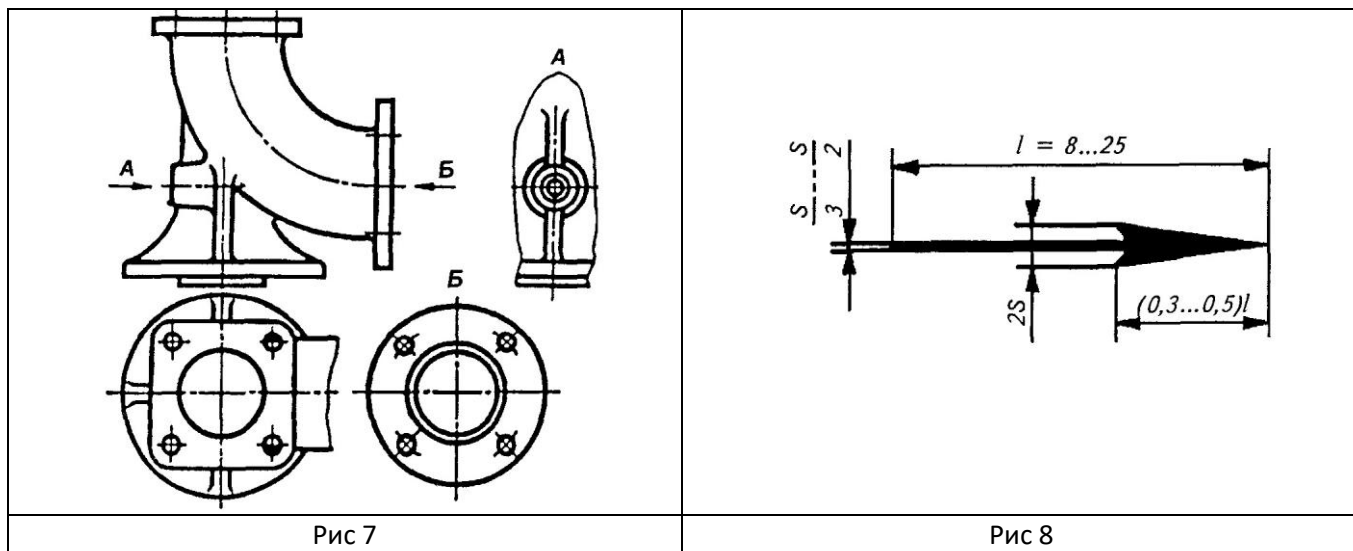
Рис 6

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).

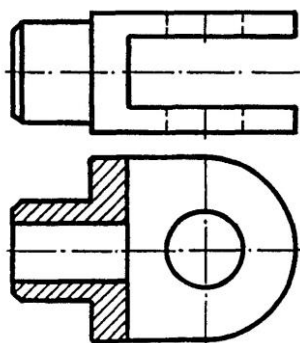


Рис 9

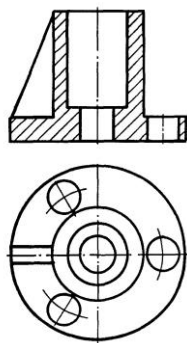


Рис 10

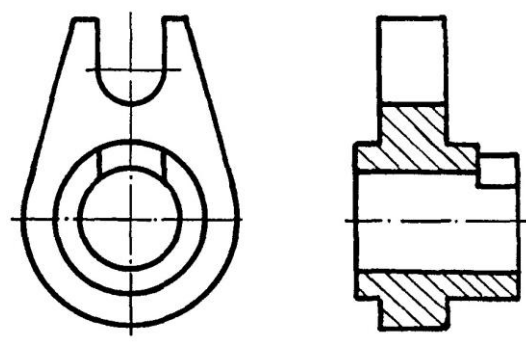


Рис 11

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

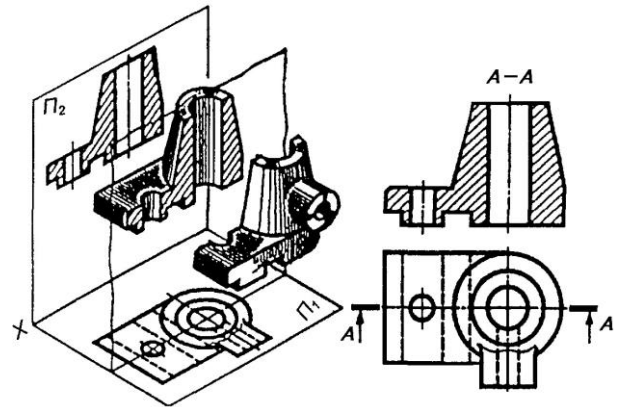


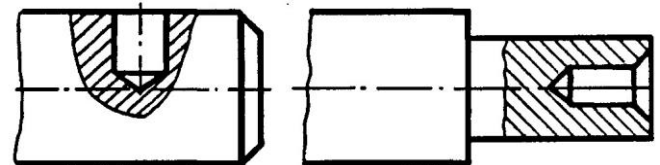
Рис 12

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).

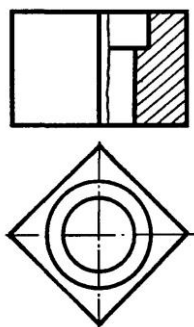


Рис 14

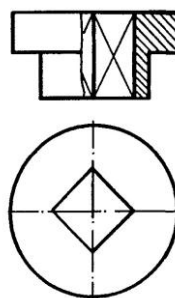


Рис 15

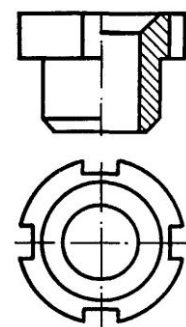


Рис 16

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).

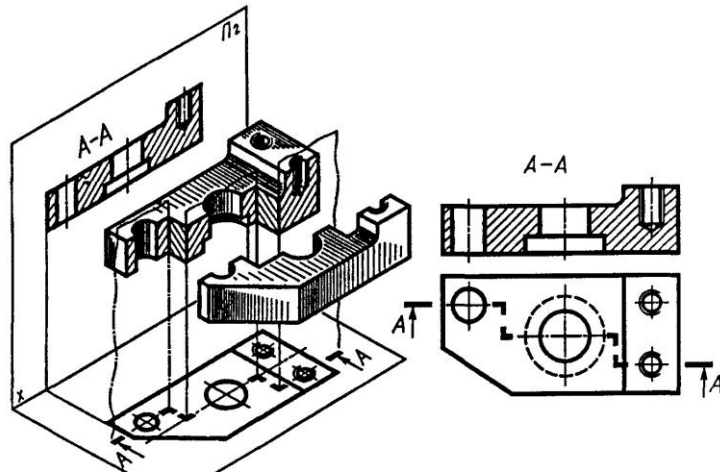


Рис 17

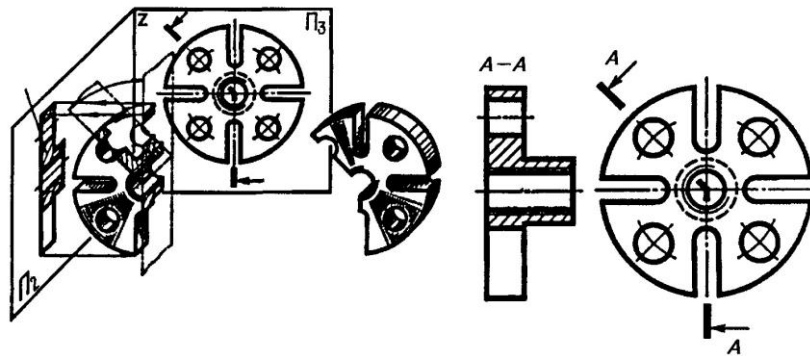


Рис 18

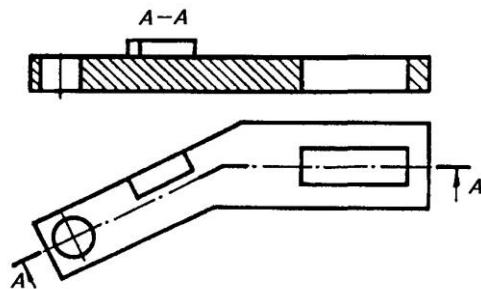


Рис 19

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).

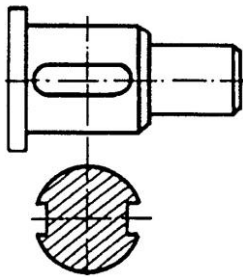


Рис 20

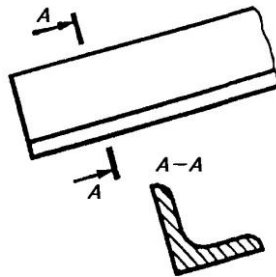


Рис 21

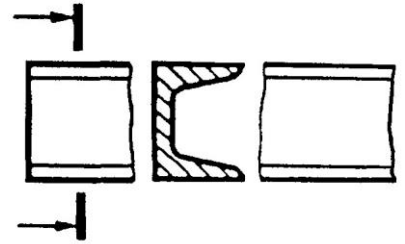
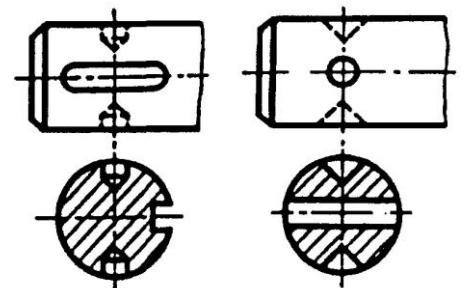
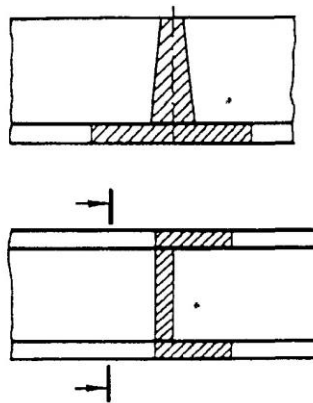


Рис 22

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 перерізаними.

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).

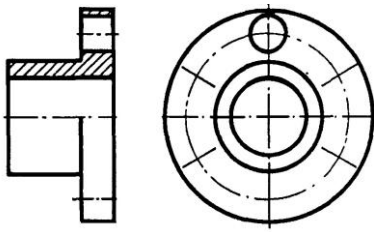


Рис 25

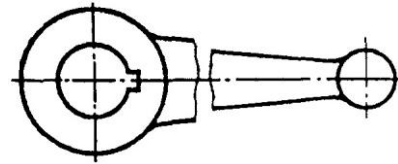


Рис 27

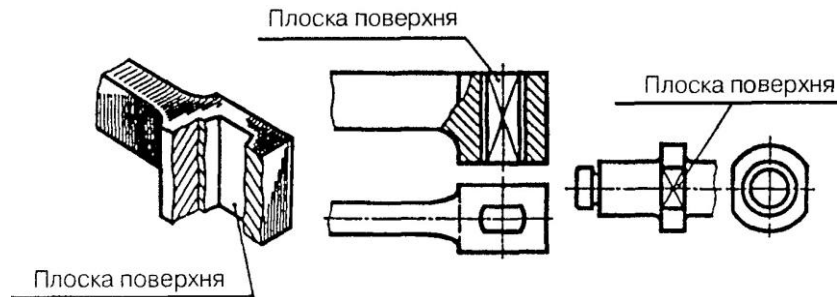


Рис 26

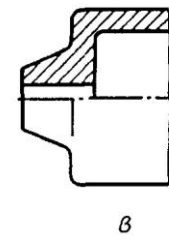
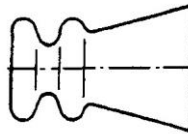
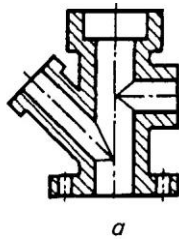


Рис 28

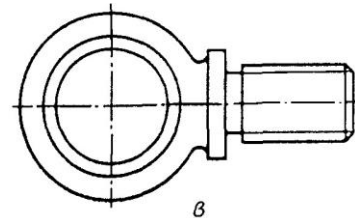
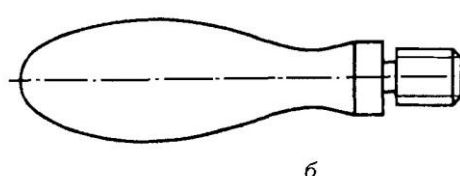
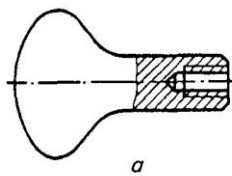


Рис 29

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).

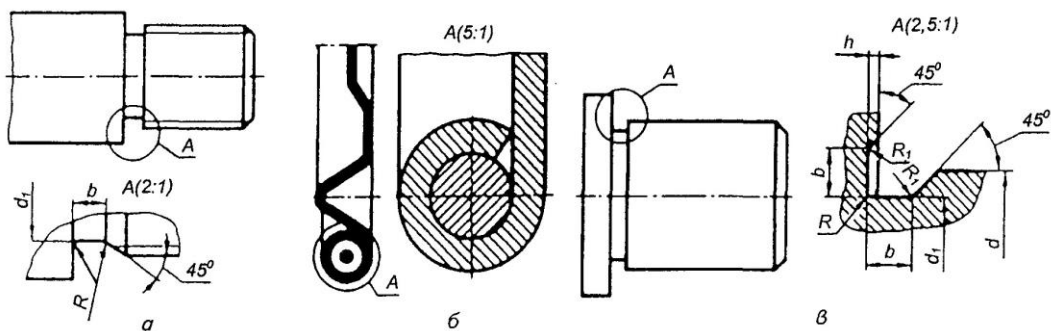


Рис 30

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 різи на поверхні стрижня або отвору вони поділяються на зовнішні (рис. 1-2) та внутрішні (рис. 3).

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

Залежно від експлуатаційного призначення різи 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) різи.

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

Основні параметри різи мають такі визначення.

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

Хід різи t — відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю, які належать одній і тій же гвинтовій поверхні, в напрямку, паралельному осі різи (рис. 6). Хід різи — величина відносного осьового переміщення гвинта (гайки) за один оберт.

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

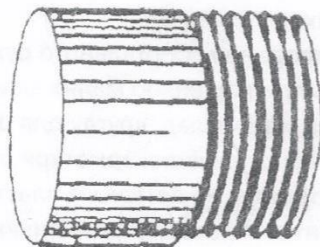


Рис. 1

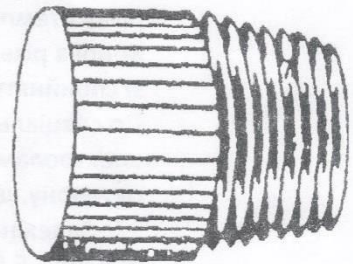


Рис. 2

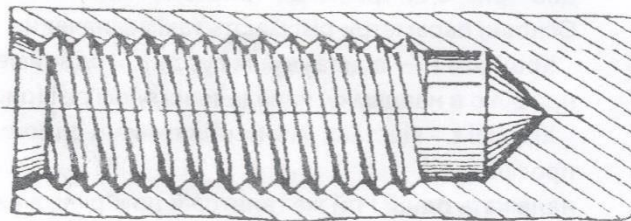


Рис. 3

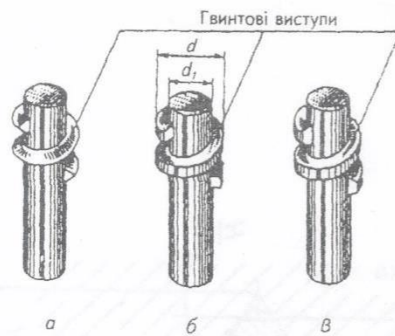


Рис. 4

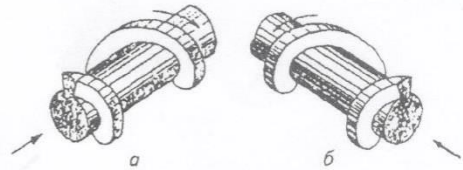


Рис. 5

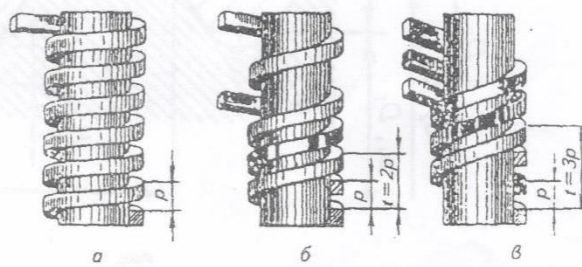


Рис. 6

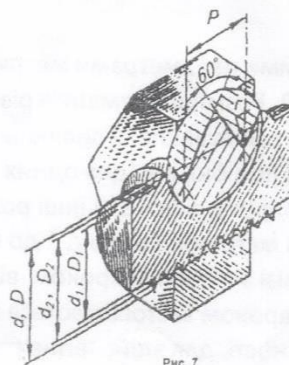


Рис. 7

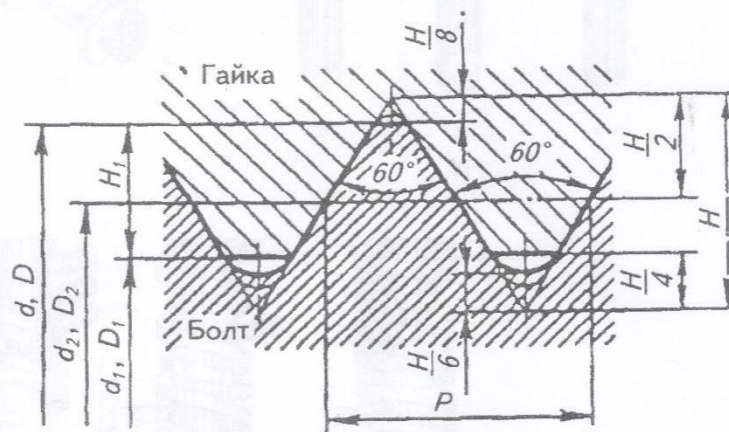


Рис. 8

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 трубку циліндричну різь подано в табл. 2

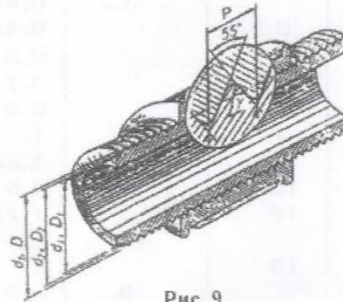


Рис. 9

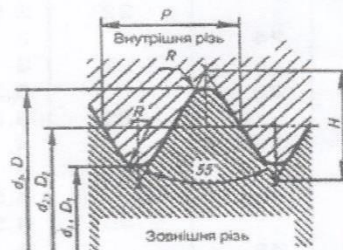


Рис. 10

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).

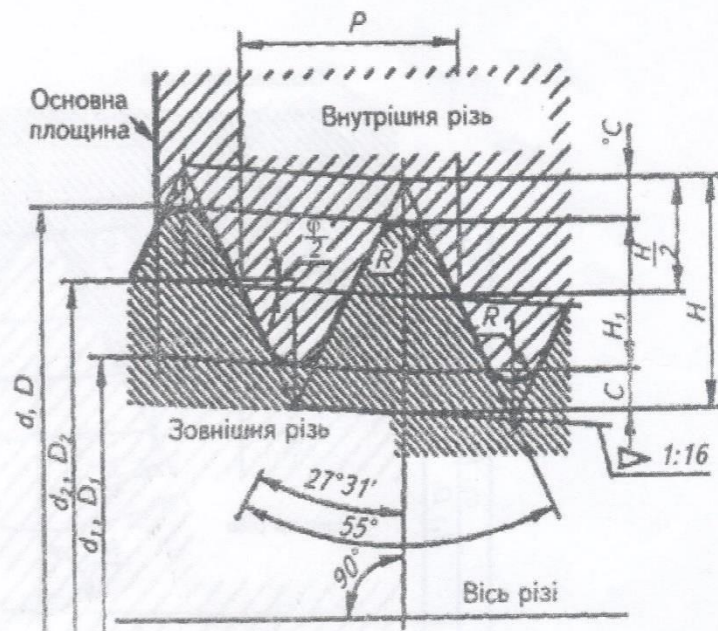


Рис. 11

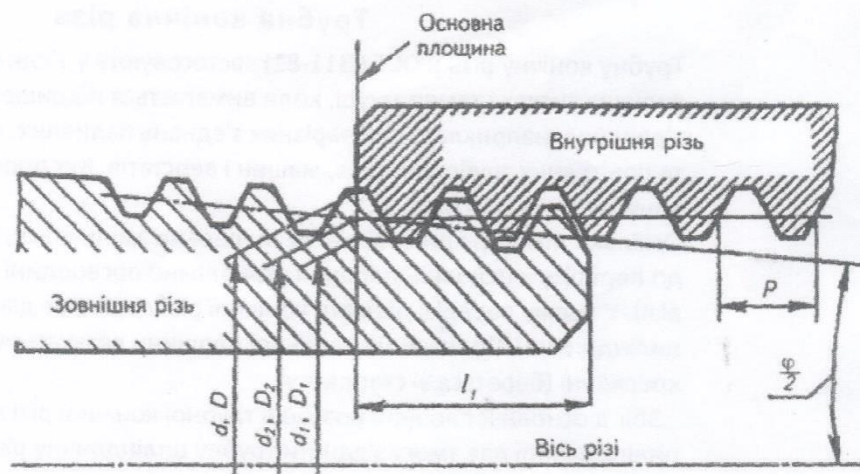


Рис. 12

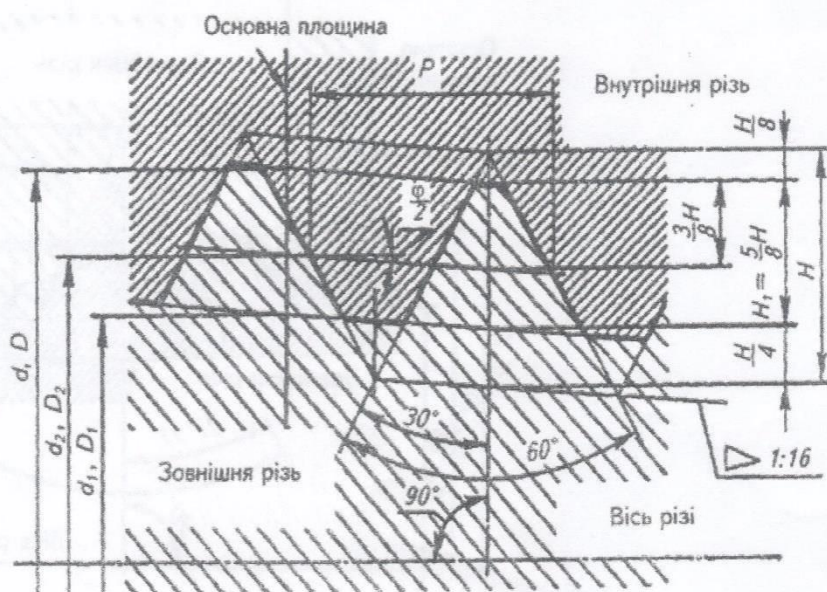


Рис. 13

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).

Дюймові 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

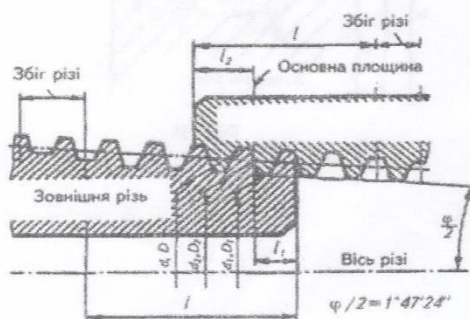


Рис. 15

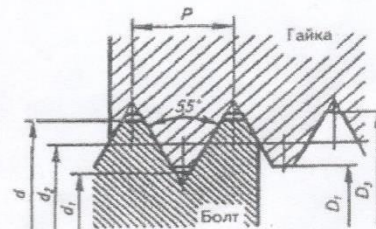


Рис. 16

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.

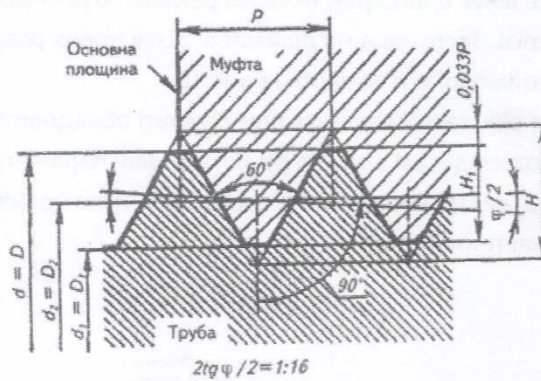


Рис. 17

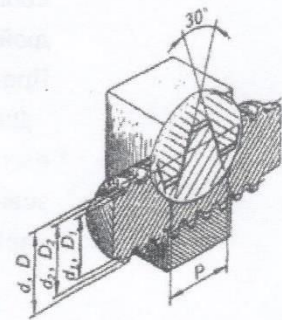


Рис. 18

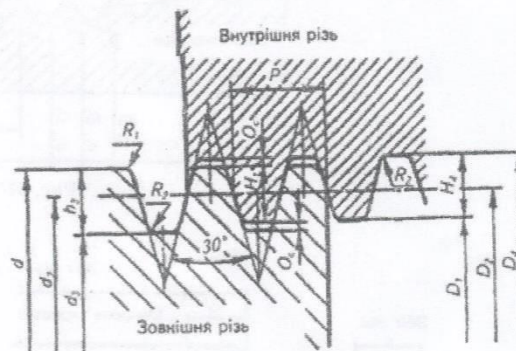


Рис. 19

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).

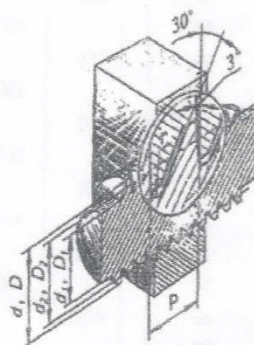


Рис. 20

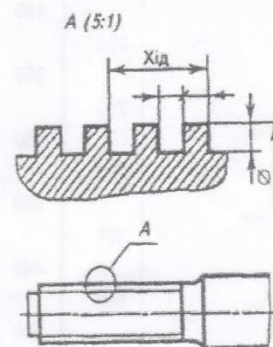


Рис. 21

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 проєкційного 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.

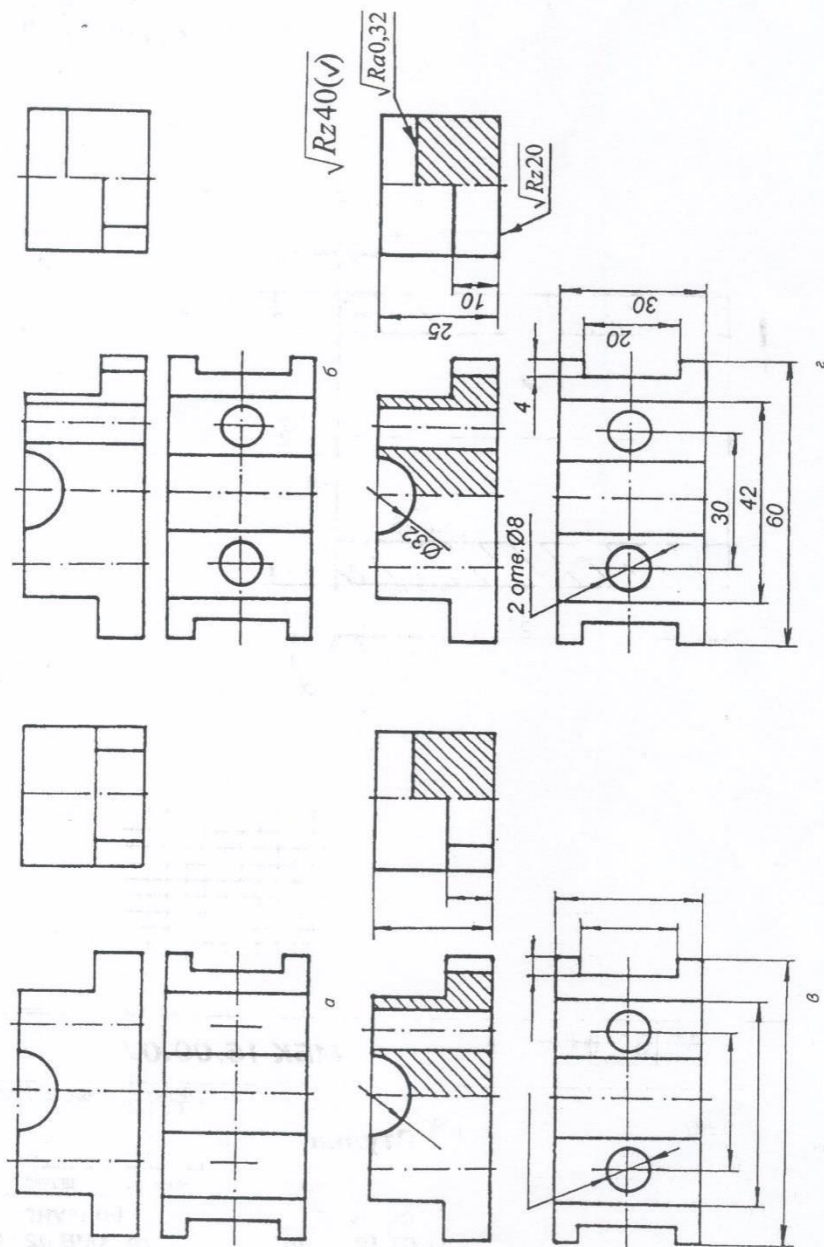
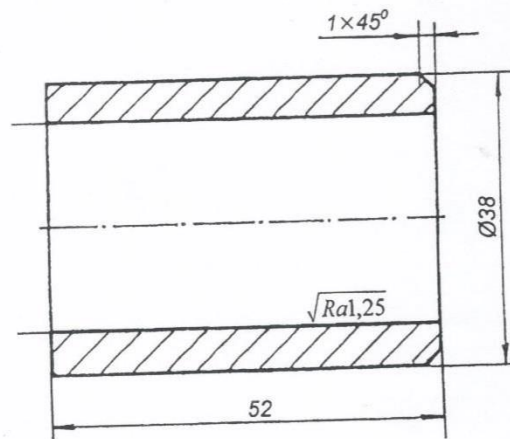


Рис. 1

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



МБК 15.00.07

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

Рис. 2

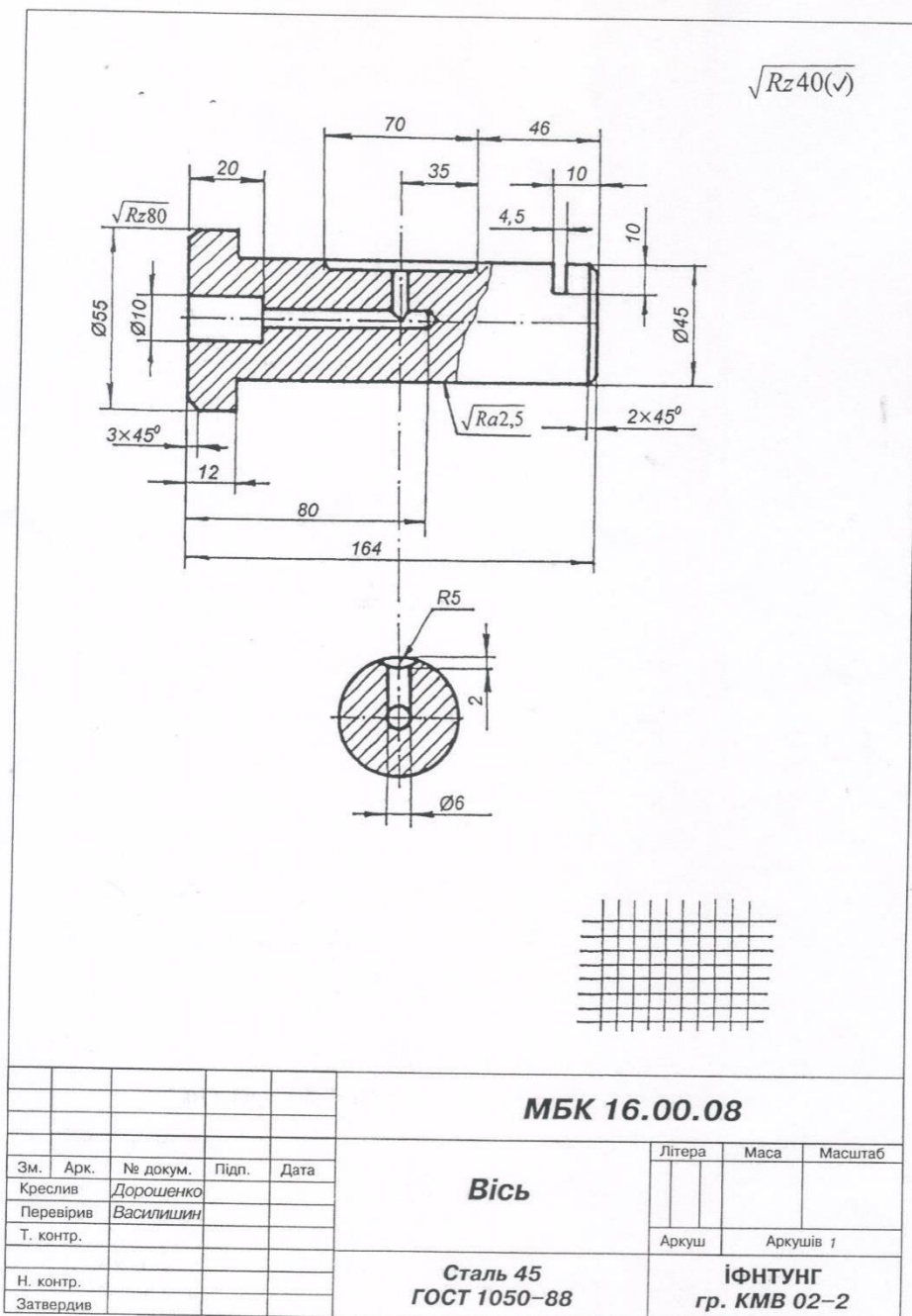
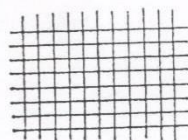
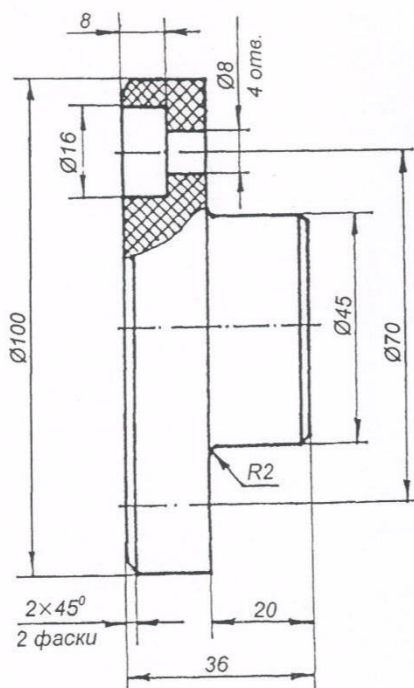
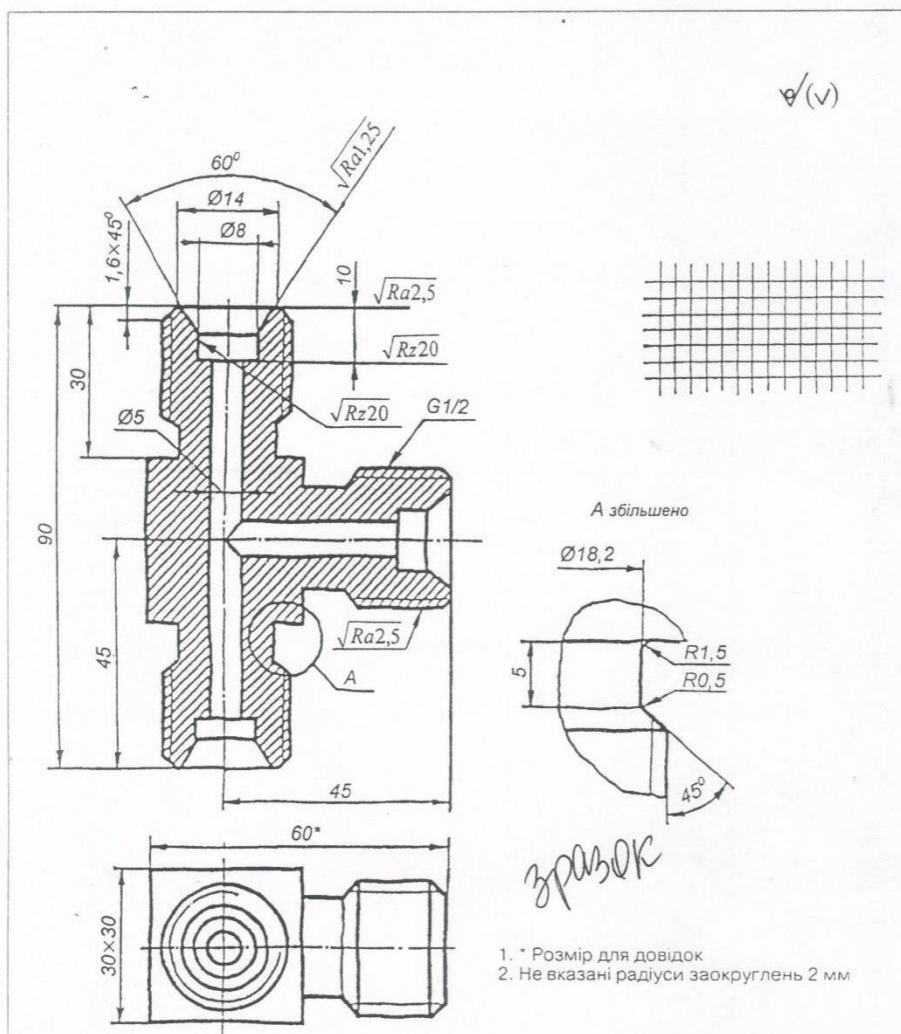


Рис. 3



						МБК 17.00.04		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Кришка	Літера	Маса	Масштаб
Креслив		Сагайдак						
Перевірів		Василишин						
Т. контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Н. контр.					Вініпласт ВН ГОСТ 9639-71	іФНТУНГ гр. КМВ 02-1		
Затвердив								
						</		



1. * Розмір для довідок
2. Не вказані радіуси заокруглень 2 мм

					МБК 19.00.01			
					Корпус			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літера		Маса	Масштаб
Креслив		Гуцул						
Перевіряв		Василишин						
Т. контр.					Аркуш		Аркушів 1	
					Ст3 ГОСТ 380-71			
Н. контр.					ІФНТУНГ			
Затвердив					гр. КМВ 02-1			

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):

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

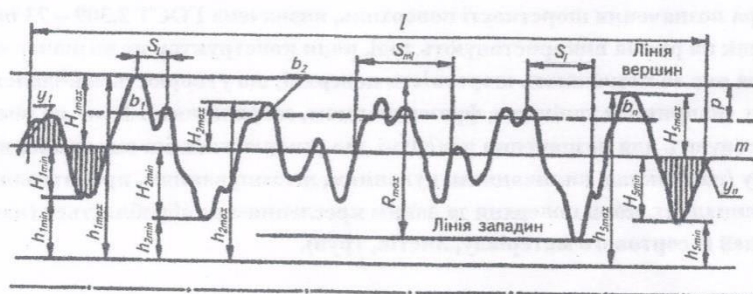


Рис.1

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.

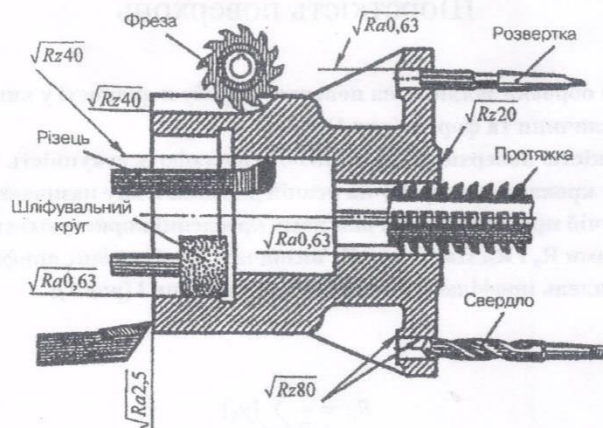


рис.2

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).

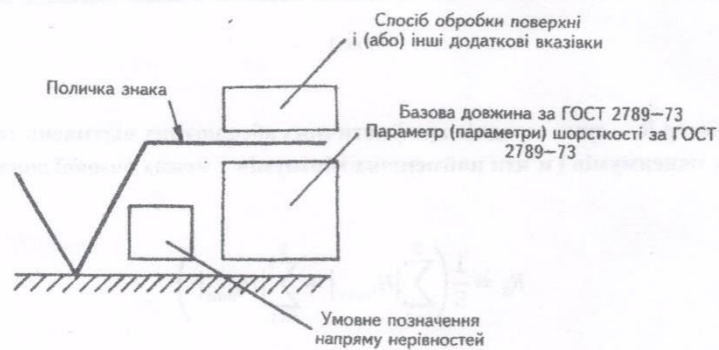


Рис.3

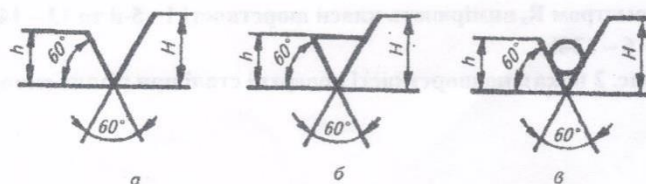


Рис.4

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.

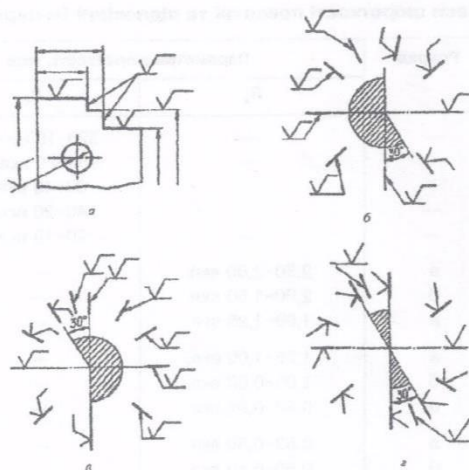


Рис.5

Значення параметра шорсткості вказують у позначенні шорсткості після відповідного символу, наприклад $R_a0,4$; R_z20 .

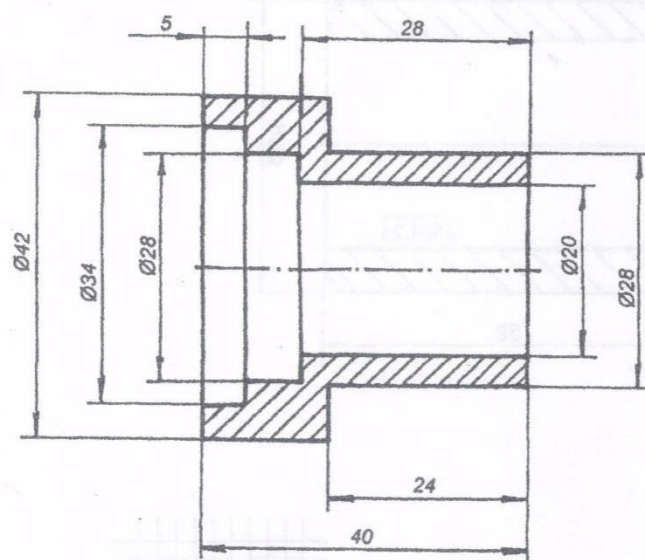
При нанесенні позначень шорсткості треба дотримуватись таких правил:

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

Рис.6

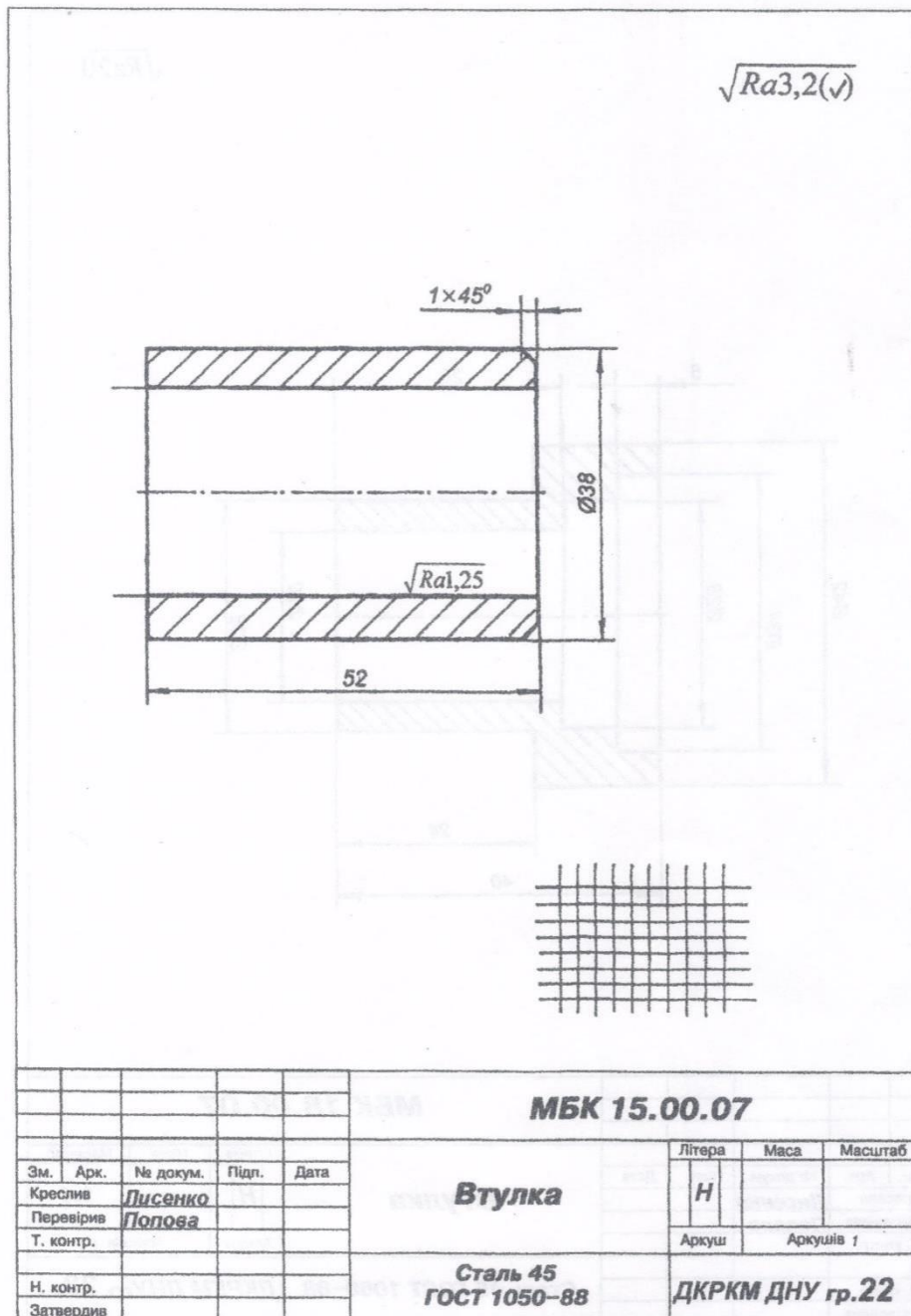


Рис.7

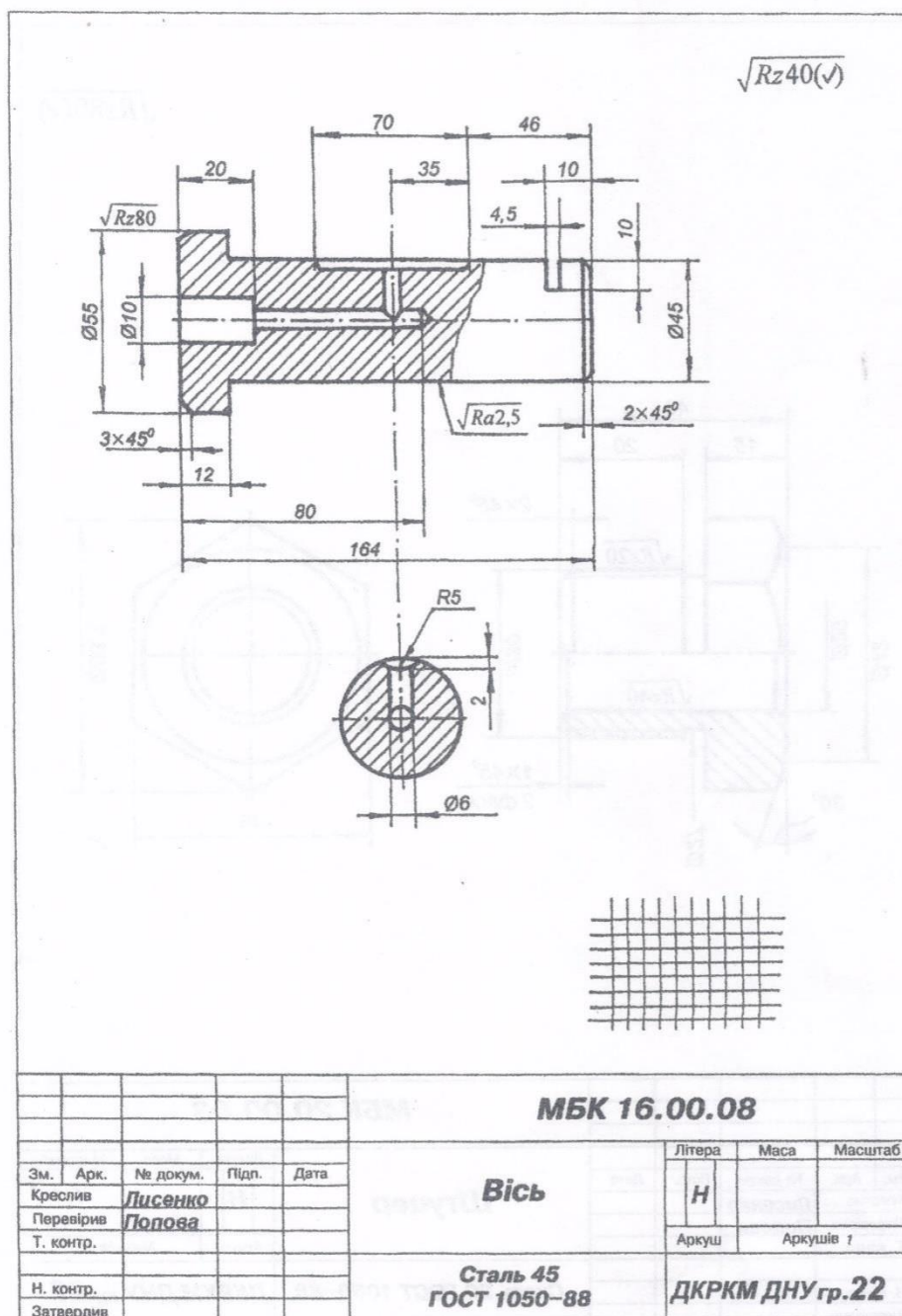


Рис.8

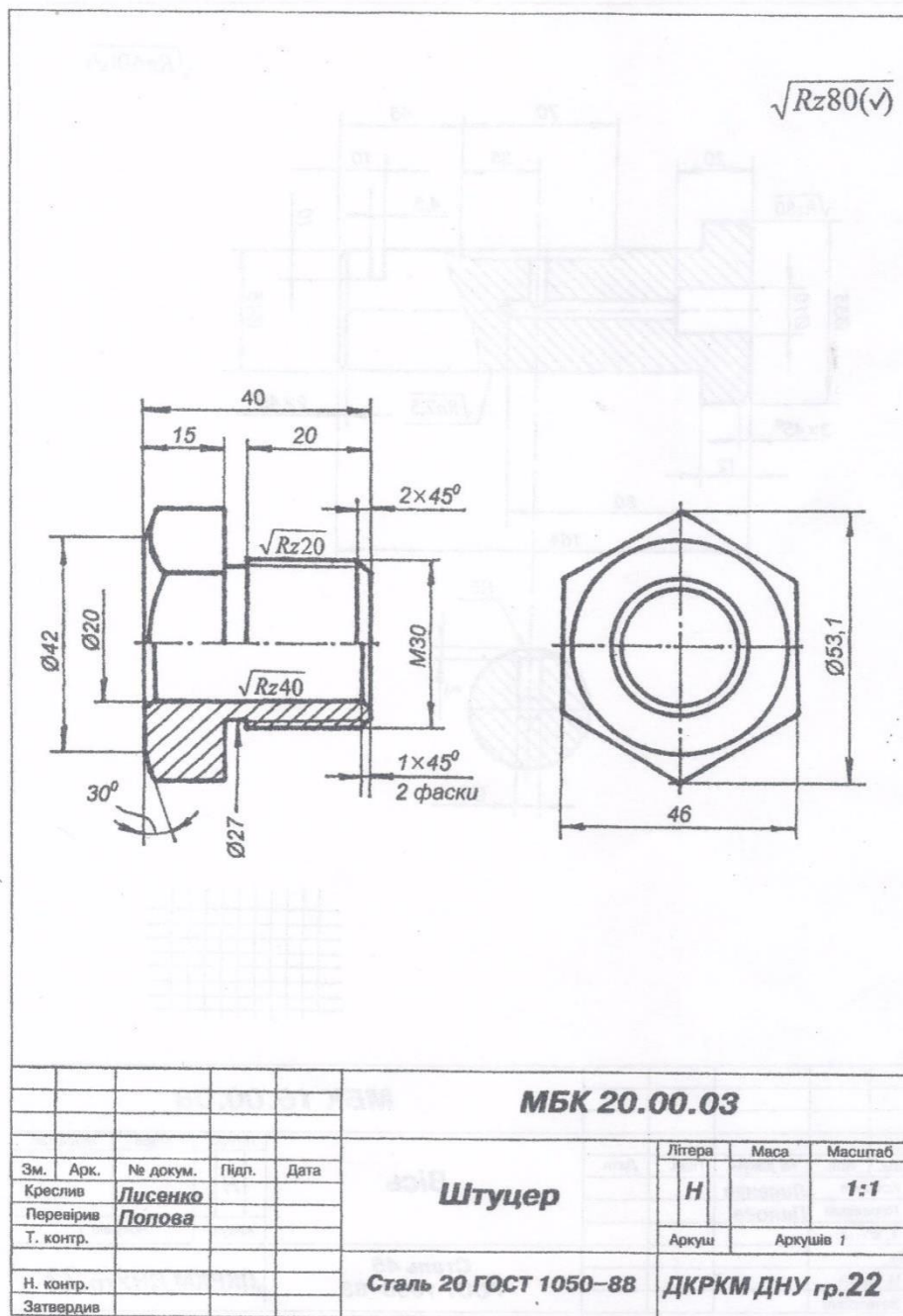


Рис.9

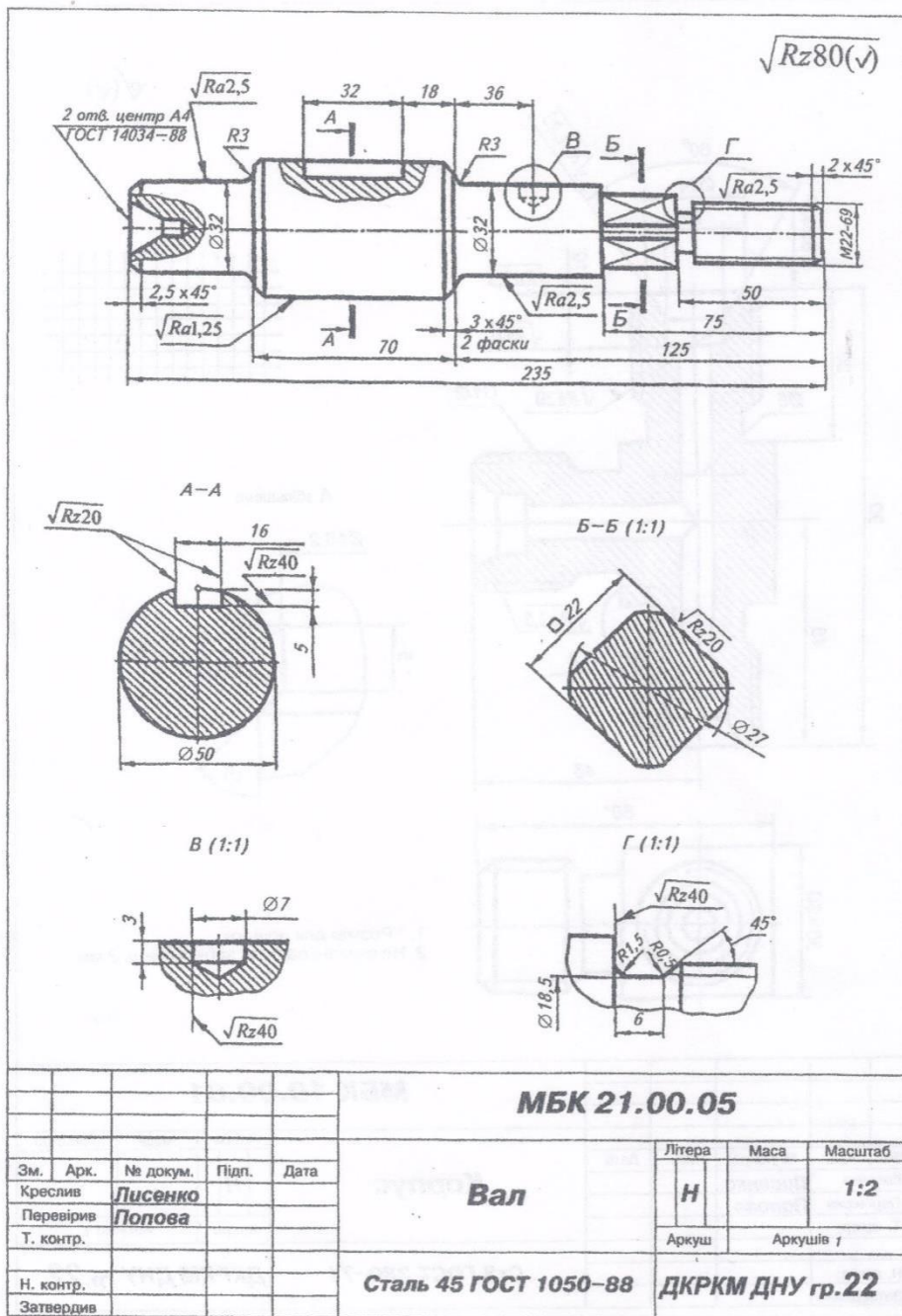


Рис.10

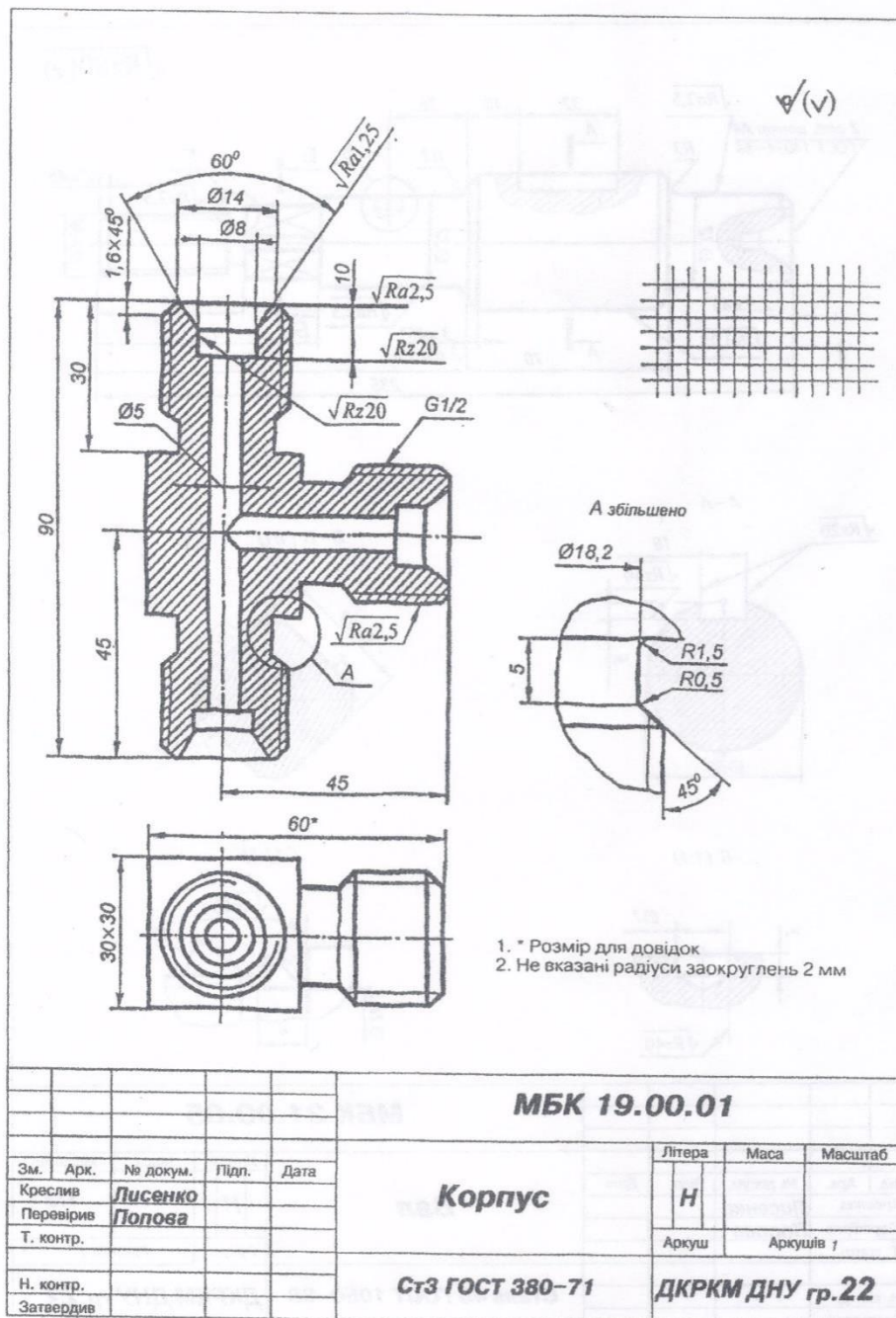
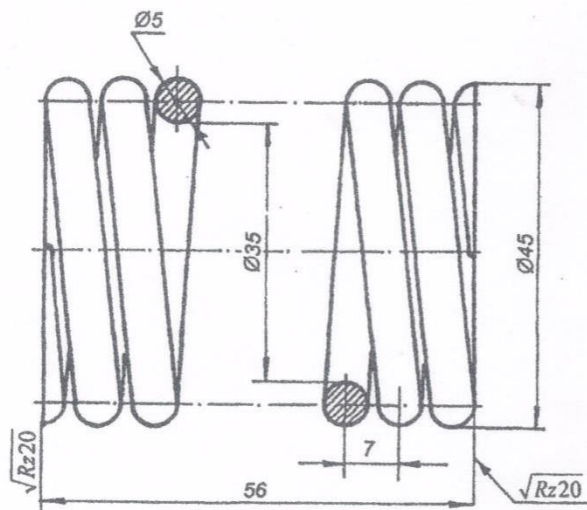


Рис.11

✓(✓)



* Розмір для довідок

						МБК 15.00.10		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пружина	Літера	Маса	Масштаб
Креслив		Лисенко				Н		2:1
Перевірів		Попова						
Т. контр.						Аркуш	Аркушів 1	
Н. контр.					Сталь 65Г ГОСТ 1050-88	ДКРКМ ДНУ гр.22		
Затвердив								

Рис.12

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.

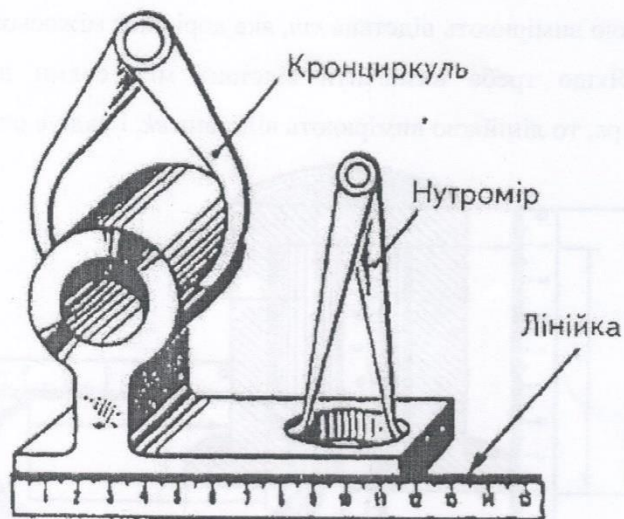


Рис. 1

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

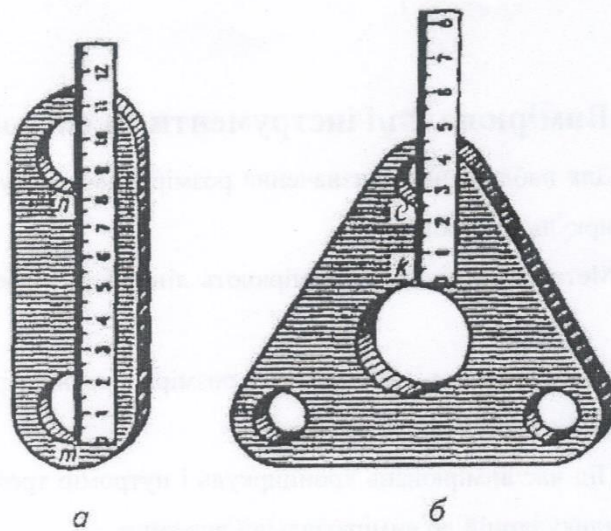


Рис. 2

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).

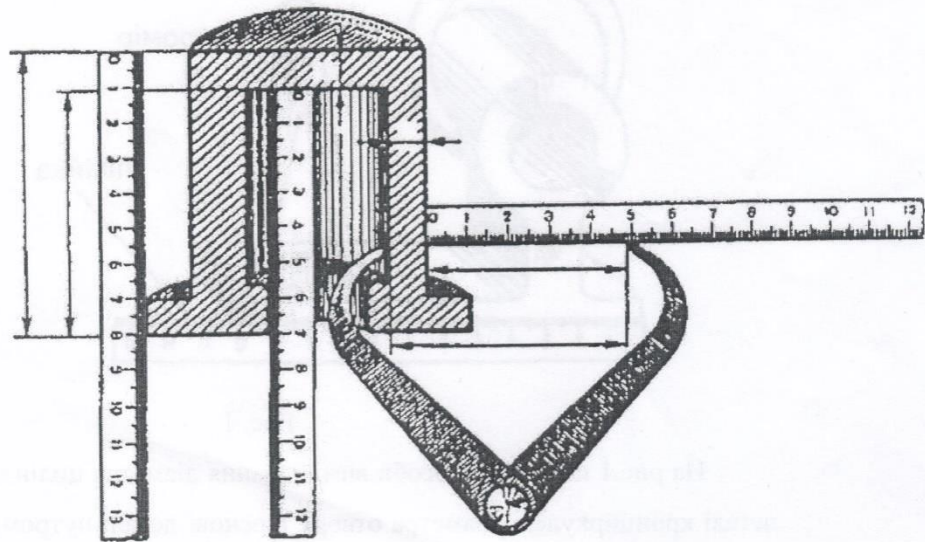


Рис.3

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 .

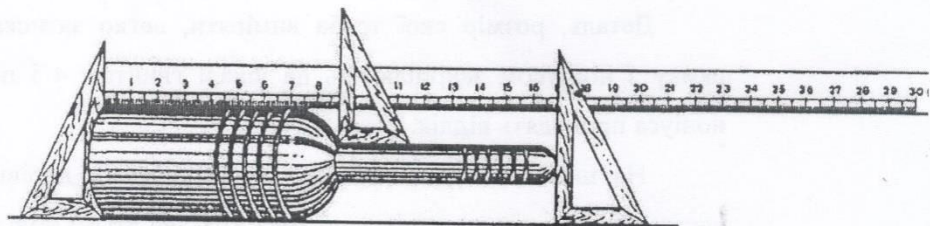


Рис. 4

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

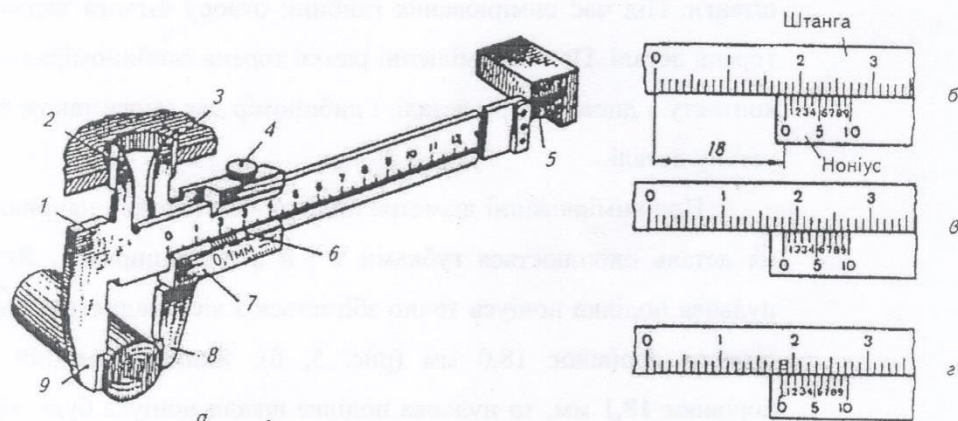


Рис. 5

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.

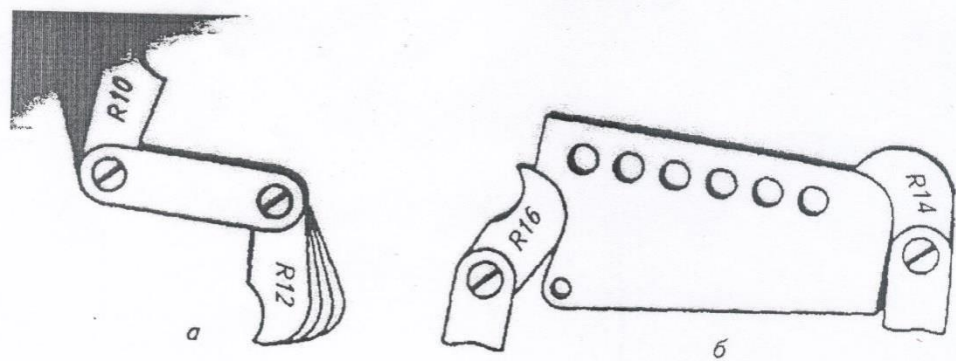


Рис. 6

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).

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, авіакосмічної 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);

AEC 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.

Тривим рн модел

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

Файл деталі має розширення m3d.

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

Файл зборки має розширення a3d.

Граф чн 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 ін 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.

Текстов документи

Специф кац я - документ, що містить інформацію про склад зборки, представлену у вигляді таблиці. Специфікація оформляється рамкою і основним написом. Вона часто буває багатосторінкової.

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 встановці 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. Площини 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.

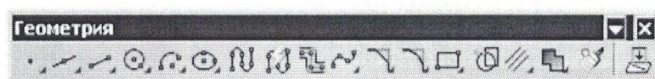
Питання та завдання до контролю знань студентів

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?

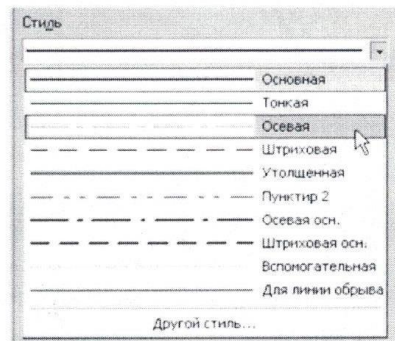
Лекція № 3 Огляди команд та інструментів побудови. Засоби використання альтернативних параметрів побудови

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), конічні 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



Стилі геометричних об'єктів

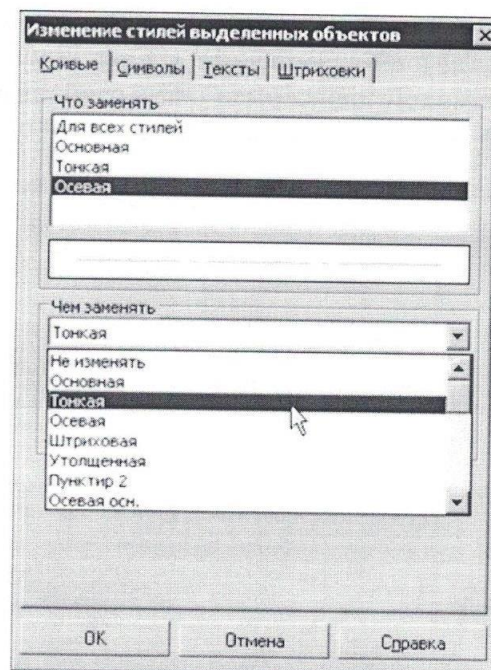
Зовнішній вигляд геометричного об'єкту визначається його стилем. Разом з КОМПАС-Графік поставляються системні стилі точок, ліній і штриховок. Системні стилі ліній і штриховок відповідають стандартним. Одним з системних стилів точок і кривих є *Вспомогательный стиль*. Він призначений для об'єктів, що 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



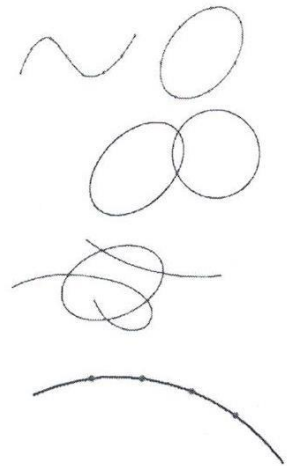
Точки перетину двох кривих



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

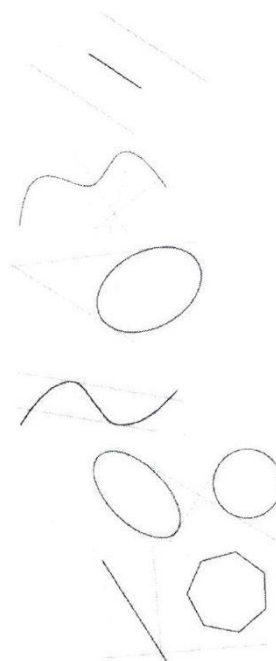
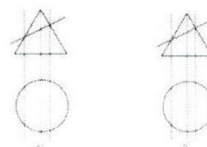
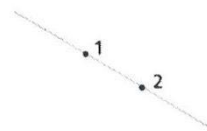


Бісектриса

Відрізки



Відрізок





Паралельний відрізок



Перпендикулярний відрізок



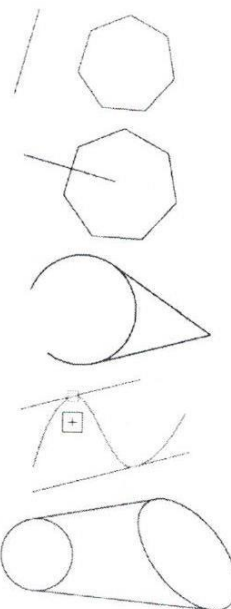
Дотичний відрізок з зовнішньої точки



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



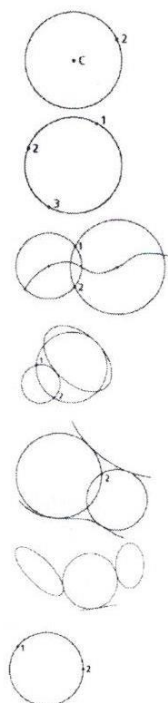
Коло, дотичне до двох кривих



Коло, дотичне до трьох кривих



Коло по двох точках



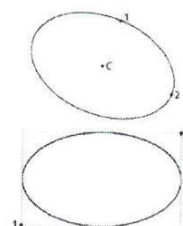
Еліпс



Еліпс



Еліпс по діагоналі габаритного прямокутника





Еліпс по центру і вершині габаритного прямокутника



Еліпс по центру і вершині габаритного прямокутника



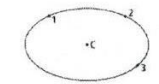
Еліпс по трьом вершинам описаного паралелограма



Еліпс по центру і трьом точкам



Еліпс, дотичний до двох кривих



Дуга



Довільна дуга



Дуга по трьом точкам



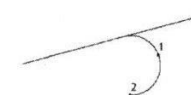
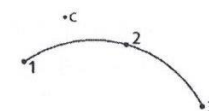
Дуга, дотична до кривої



Дуга по двох точках



Дуга по двох точках і розі розчину

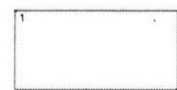


Прямокутники і багатокутники

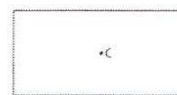
При побудові прямокутників і багатокутників з парною кількістю кутів можлива автоматична побудова осьових ліній. Прямокутники і багатокутники в КОМПАС-Графік є єдиними об'єктами, а не наборами відрізків. Вони виділяються і редагуються одним цілим. Щоб побудувати довільний прямокутник, викличте команду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



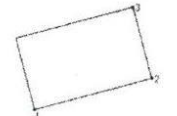
По двум противоположным вершинам.



По центру и вершине.

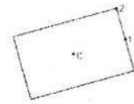


Прямокутник по трьох точках. По трьом вершинам.





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, мультилінії, 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 №4 Редагування об'єктів. Розмірні лінії

1. Загальні прийоми редагування

КОМПАС-3D надає користувачеві різноманітні можливості редагування об'єктів. Найбільш прості і часто використовувані прийоми редагування можна виконувати за допомогою миші. Для реалізації спеціальних можливостей редагування потрібен виклик відповідних команд.

Команди редагування геометричних об'єктів згруповані в меню Редактор, а кнопки для виклику команд - на панелі Редагування (рис. 1).



Рис. 1. Панель Редагування

Перед викликом команд зсуву, повороту, масштабування, перетворення симетрії і копіювання потрібно виділити об'єкти, що беруть участь в операції

7 2. Редагування об'єктів за допомогою миші

За допомогою миші ви можете зрушувати і копіювати геометричні об'єкти і види на кресленні, а також редагувати характерні точки геометричних об'єктів.

Крім того, подвійним клацанням миші по об'єкту запускається процес редагування параметрів цього об'єкта. На Панелі властивостей з'являється той же набір керуючих елементів, що і при створенні об'єкта. Ви можете відредагувати параметри об'єкту: змінити будь-які його властивості і характеристики.

Іноді буває потрібно відредагувати тільки текст, що входить до складу об'єкта - розмірного напису, текст фігурної дужки, текст позначення шорсткості і т.п. У таких випадках зручно відразу викликати діалог введення написи, без запуску процесу редагування об'єкта. Для цього слід двічі клацнути мишею на самій написи (а не на графічних примітивах, що складають об'єкт).

На екрані з'явиться діалог введення тексту. Внесіть необхідні зміни та закрийте діалог кнопкою ОК.

8 3.Переміщення

Щоб перемістити об'єкти мишею, виконайте такі дії.

1. Виділіть об'єкти, які потрібно зрушити.
2. Встановіть курсор так, щоб він захоплював який - небудь з виділених об'єктів, та натисніть ліву кнопку миші.
3. Утримуючи кнопку миші натиснутою, «перетягуйте» об'єкти. На екрані відображається їх фантом, наступний за курсором.
4. Після того, як потрібне положення об'єктів досягнуто, відпустіть кнопку миші.

Об'єкти будуть видалені з колишніх місць і поміщені в нові.

9 4. Копіювання

Щоб скопіювати об'єкти мишею, виконайте такі дії.

1. Виділіть об'єкти, які потрібно скопіювати.
2. Натисніть клавішу <Ctrl>.
3. Не відпускаючи клавішу <Ctrl>, встановіть курсор так, щоб він захоплював який - небудь з виділених об'єктів, натисніть ліву кнопку миші і перемістіть мишу.
4. Відпустіть клавішу <Ctrl> і кнопку миші.

На екрані відображається фантом переміщуваних об'єктів, наступний за курсором.

5. Переміщайте мишу, поки не буде досягнуто потрібне положення об'єктів, потім клацніть лівою кнопкою.

Об'єкти будуть скопійовані у вказане місце, а оригінали залишаться в колишньому положенні.

Ви можете продовжувати копіювання, фіксуючи положення черговий копії.

6. Щоб завершити копіювання, натисніть клавішу <Esc>.

10 5. Редагування характерних точок

Конфігурацію об'єкта можна відредагувати, змінивши положення його характерних точок.

Для переходу в режим редагування характерних точок геометричного об'єкта або об'єкта оформлення слід клацнути по ньому мишею.

У цьому режимі характерні точки відображаються у вигляді маленьких чорних квадратів, а об'єкт виділяється.

Практично всі об'єкти мають по кілька характерних точок, однак тільки одну з них можна переміщати одночасно. Щоб вказати точку, положення якої буде відредаговано, її потрібно активізувати.

Способи зміни положення характерної точки описані нижче.

Для зручності роботи на екрані відображається фантом об'єкта. При редагуванні положення характерної точки наведені способи активізації та переміщення характерної точки можна комбінувати. Наприклад, активізувати точку мишею, а перемістити та зафіксувати за допомогою клавіатури. Або активізувати точку за допомогою клавіатури, виконати локальну прив'язку і зафіксувати нове положення мишею.

Щоб зняти виділення з об'єкта після редагування його характерних точок, клацніть мишею поза зображення цього об'єкта. Коли виділення з об'єкта знімається, зникають і його характерні точки.

11 6 Загальні відомості про розміри

KOMI1AC-3D дозволяє створити в графічному документі будь-якої з передбачених стандартом варіантів розмірів. Можлива простановка декількох типів лінійних, кутових, радіальних розмірів, діаметрального розміру, розмірів висоти і дуги. Крім того, доступний спеціальний спосіб проставлення розмірів, при якому тип розміру автоматично визначається системою.

Команди простановки розмірів згруповані в меню Інструменти - Розміри, а кнопки для виклику команд - на панелі Розміри (рис. 2).



Рис. 2 Панель Розміри

Загальна послідовність дій при простановці більшості розмірів наступна:

1. Виклик команди простановки розміру потрібного типу або команди автоматичної простановки розмірів.
2. Вказівка об'єктів (об'єкта), до яких потрібно проставити розмір.
3. Налаштування накреслення розміру за допомогою вкладок Панелі властивостей 4. Редагування (при необхідності) розмірного напису і завдання її положення.

12 7. Особливості проставлення розмірів і позначень

При введенні і редагуванні тексту розмірного напису необхідно мати на увазі такі особливості:

- якщо межі включені до розмірного напису, а квалітет - ні, то номінальне значення в розмірного напису не відображається;
- якщо відображення граничних значень розміру включено, а квалітет не заданий, то зміна геометрії розміру (наприклад, при перестроюванні асоціативного розміру) не призводить до перерахунку граничних значень.

Точність відображення автоматично обчисленого значення можна задати в розділі Розміри - Точності діалогу налаштування поточного документа . Якщо значення розміру введено вручну, то настройка точності на нього не впливає.

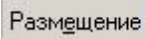
Лекція № 5 Оформлення креслення деталі

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.

13 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 увійде в режим набору або редагування тексту.

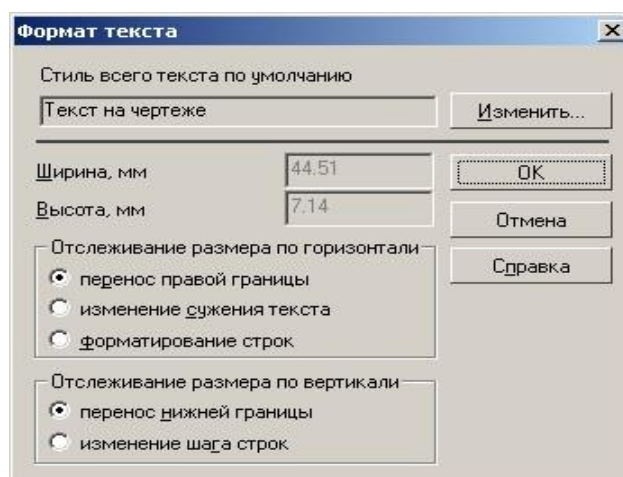


Введіть потрібну кількість рядків, закінчуючи набір кожного з них натисненням клавіші <Enter>.

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 текста** 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.



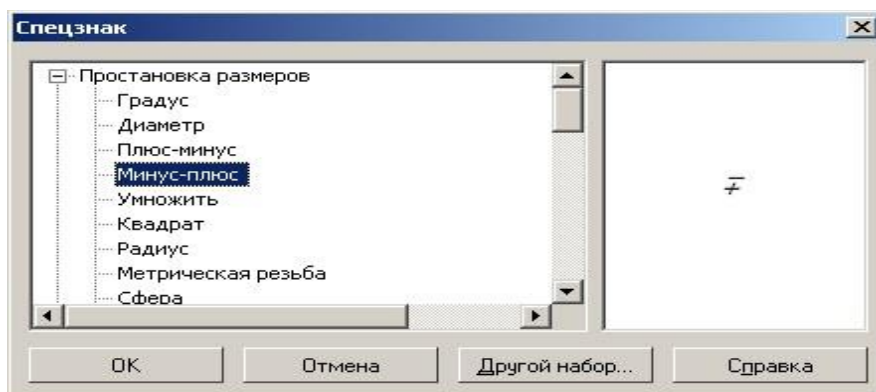
Кнопка **Параметры списка** викликає появу вікна налаштування параметрів нумерації *абзаців текста*. Налаштування єдині для всього тексту. Порядок роботи зі списками схожий з MS Word.

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.

14 2. Команди 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:

15 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.

16 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.

17 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*.

18 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.

19 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 пропонована системою літера для позначення стрілки погляду.

20 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 сформулювати позначення центру осесиметричного об'єкту (кола, дуги кола, еліпса, дуги еліпса, прямокутника, правильного багатокутника), вкажіть цей об'єкт.

3. Оформлення креслення

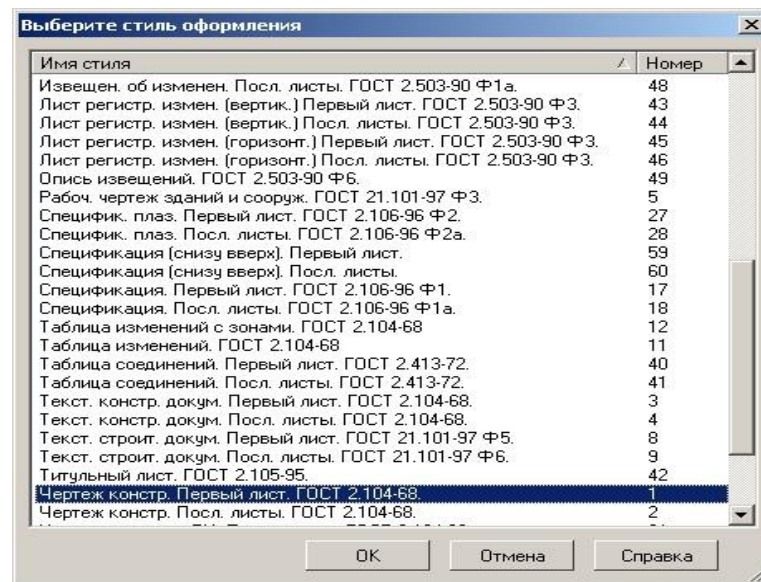
Кожне креслення складається з видів, технічних вимог, основного напису (штампу креслення) і позначення шорсткості невказаних поверхонь деталі (знаку невказаної шорсткості).

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.

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

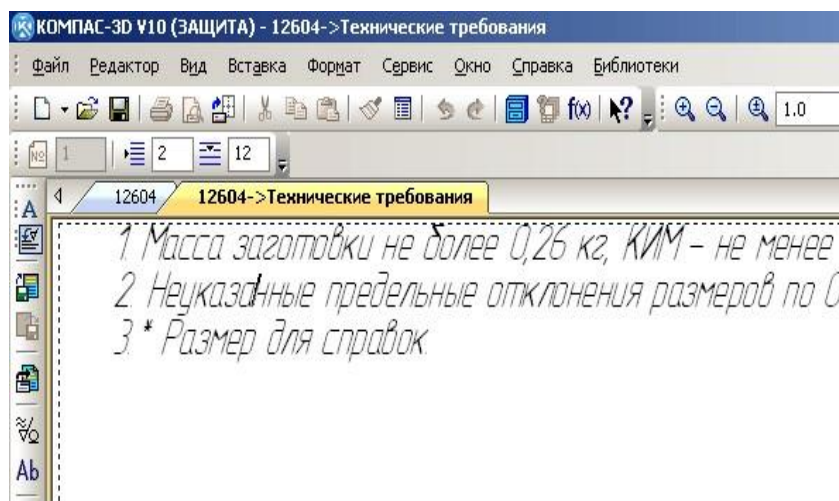


22 Элементы оформления кресления

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

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.

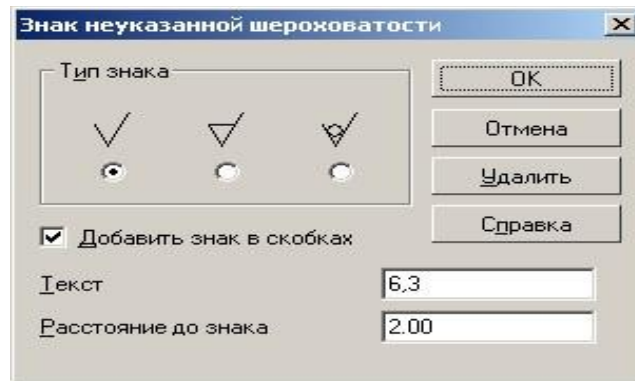
За умовчанням технічні вимоги мають вигляд нумерованого списку (нумерація проводиться автоматично, після натиснення кнопки <Enter>). Завершивши введення технічних вимог, збережіть їх (у креслення або файл) і закрийте вікно. Для зміни розташування тех. вимог служить команда **Вставка\Технические требования\Размещение**.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



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

23 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*.



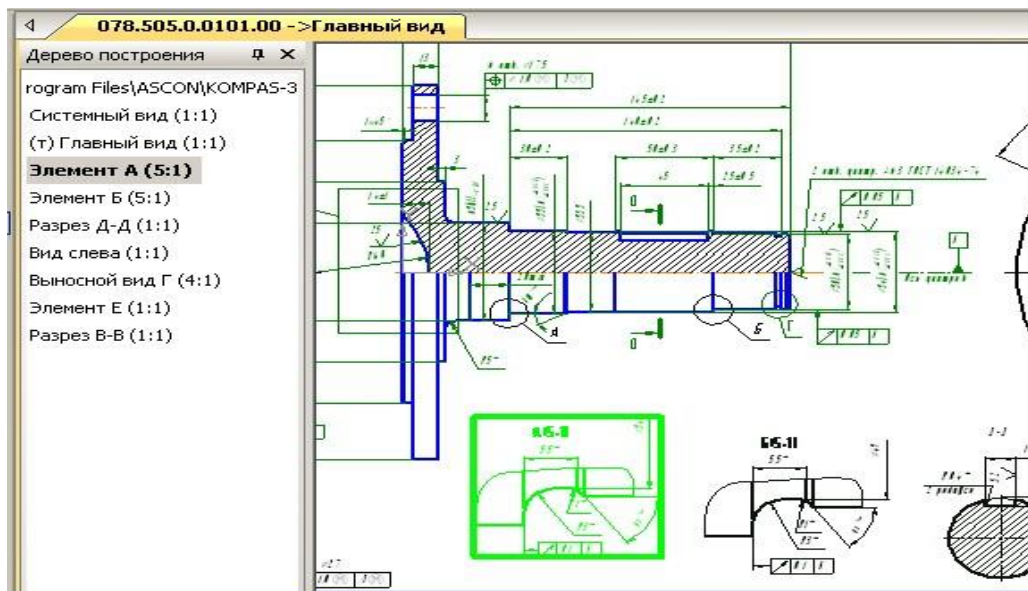
Щоб приступити до заповнення **основного напису**, викличте команду *Вставка\ Основная надпись*, або просто двічі клацнути мишею по таблиці основного напису. Комірки основного напису стануть доступними для редагування. Завершивши заповнення таблиці основного напису, викличте з контекстного меню команду *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.

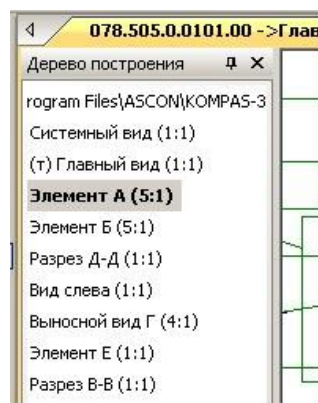


24 Зміна параметрів виду

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

25 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 построения**. 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 умістяться 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.

26 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.

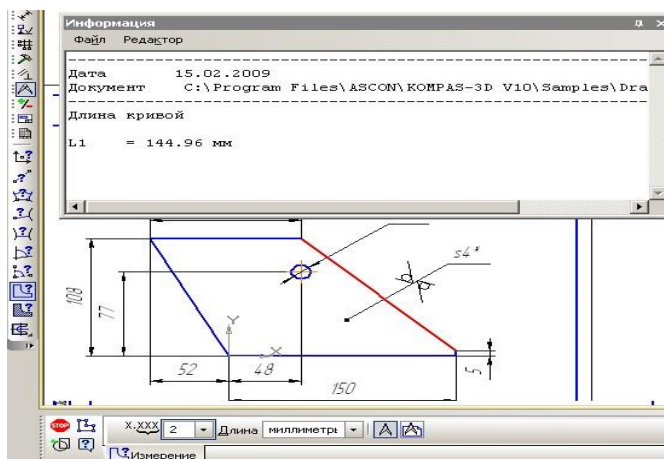
Кнопка *Схема видів* на вкладці *Параметры* Панелі властивостей дозволяє змінити набір стандартних видів вибраної моделі.

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.

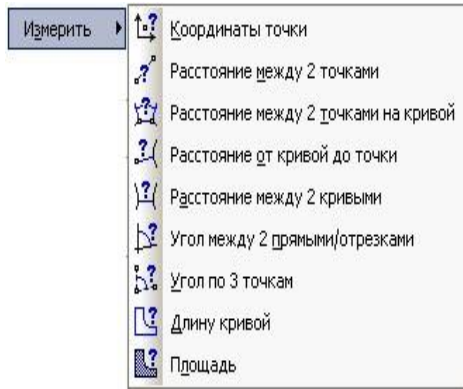
Команди меню *Файл* дозволяють зберегти вміст Інформаційного вікна в текстовому файлі (*.txt), роздрукувати його (без створення файлу) або завершити команду вимірювання.

Кнопка *Прикрепить* 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.

27 Команди вимірювання



28 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.

29 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.

30 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).

31 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.

32 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).

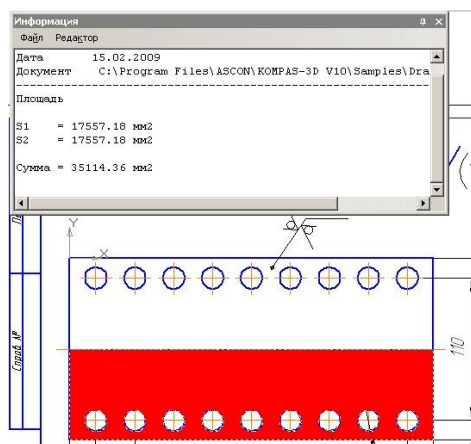
Команда **Угол, заданный 3 точками** зміряє кут, вказавши три його твірних точки. Вкажіть курсором вершину кута і дві точки, які визначають його сторони. Для точного позиціонування курсора скористайтесь прив'язками або меню геометричного калькулятора в полях *Первая*

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 дробу 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?

Лекція №6 Графічне вікно системи в режимі "Креслення"

1. Основні елементи інтерфейсу

КОМПАС-ГРАФІК - програма для операційної системи Windows, яка при активізації оформляється у вигляді вікна та володіє стандартними елементами керування, що й інші вікна Windows.

Програмне вікно КОМПАС-ГРАФІК може бути представлене в одному з трьох станів:

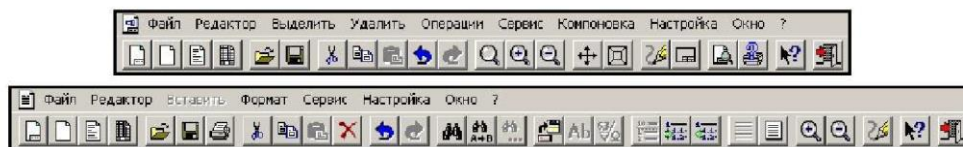
повноекранному, віконному та згорнутому до кнопки у Панелі задач. Переключення вікна в один з цих станів здійснюється за допомогою кнопок керування вікном у правій верхній частині вікна - **Розгорнути, Відновити** або **Згорнути**.

Вікно документа, звичайно, займає основну частину програмного вікна системи (рис. 4.1), де розміщується зображення відкритого нами креслення та з'являються всі нові документи. У вікні документа виконуються операції, пов'язані з побудовою, оформленням та редагуванням документів, а інші елементи програмного вікна займаються обслуговуванням даної області.

Заголовок програмного вікна розташований у верхній частині вікна, де відображається наступна інформація: назва і номер версії програми, тип відкритого документа (Лист чи Фрагмент), повний шлях (послідовність папок, що визначають його положення на твердому диску) і ім'я документа. У випадку відкриття листка креслення, додатково відображається інформація про ім'я поточного вигляду. Часто повний шлях і ім'я документа називають *повним ім'ям документа*.

Рядок меню розташований у верхній частині програмного вікна під Заголовком, де знаходяться основні сторінки меню системи. У кожній з сторінок зберігаються зв'язані з ними команди. Команди в меню об'єднані в групи за функціональними ознаками. Групи відділені одна від одної горизонтальними лініями.

Деякі команди, наприклад **Створити**, мають свої власні підменю, так звані "*вкладені меню*". У цьому випадку праворуч від команди нанесений символ трикутника. Переміщення курсора на назву такої команди приводить до розкриття підменю. Існують команди, після активізації яких система вступає в діалог із користувачем. Праворуч від назви таких команд, наприклад, **Зберегти як...**, відображені три крапки (...). Запуск таких команд приводить не до їх негайного виконання, а викликає на екран діалогове вікно, у якому потрібно ввести деякі параметри, необхідні для виконання команди. Слід зауважити, що багато команд Рядка меню дублюють кнопки на Панелі керування. Наприклад, команді **Відкрити** у меню Файл відповідає кнопка **Відкрити документ** на Панелі керування.



Праворуч від назви деяких команд нанесені позначення клавіш клавіатури (або їх комбінацій), наприклад, **F3** для команди **Відкрити**. Це так звані *гарячі клавіші*. Для запуску таких команд досить натиснути відповідну клавішу (чи комбінацію), не відкриваючи меню.

Нарешті, деякі команди в списку можуть відображатися блідим шрифтом. Це означає, що в даний момент відсутні умови для їхнього виконання. У такому випадку команда вважається забороненою і не може бути виконана. Система динамічно відслідковує ситуацію у вікні і робить недоступними команди, які в конкретній ситуації не актуальні або не коректні.

Панель керування розташована у верхній частині вікна системи відразу під Рядком меню. На цій панелі розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до найбільше часто вживаних при роботі з

КОМПАС-ГРАФІК команд: створення, відкриття і збереження файлів документів, виведення на плотер і принтер і т.п.

Склад Панелі керування різний для різних режимів роботи системи. Наприклад, при редагуванні креслення вона виглядає так, як показано на рис. 4.2 зверху, а при введенні чи редагуванні тексту - як показано знизу. Крім того, набір кнопок на Панелі керування можна змінити за допомогою засобів налаштування системи.

Багато команд у Панелі керування продубльовані командами Рядка меню. Запуск команд із Панелі керування здійснюється простим клацанням на відповідній кнопці. Призначення та використання кнопок на Панелі керування детально розглядатиметься нижче.

Рядок повідомлень розташовується знизу програмного вікна КОМПАСГРАФІК. У ньому відображаються різні повідомлення і запити системи. Це може бути :

- коротка інформація про той елемент екрана, до якого підведений курсор;
- повідомлення про те, введення яких даних очікує система в даний момент;
- коротка інформація з поточної дії, яку виконує система.

Рядок повідомлень - це наш головний помічник і порадник. Потрібно дуже уважно стежити за її станом. Це допоможе правильно реагувати на запити і повідомлення системи та уникнути помилок при виконанні побудов, особливо на початку роботи.

Рядок поточного стану знаходиться в нижній частині вікна КОМПАСГРАФІК відразу над Рядком повідомлень. У цьому рядку відображаються параметри поточного документа - вигляд (якщо документ є аркушем креслення), шар, в якому працює користувач, масштаб відображення у вікні і ряд інших параметрів: крок курсору при переміщенні клавішами, його поточні координати і т.п.

Стан системи і поточного документа представлено стандартними елементами керування: кнопками, полями і списками. Зміна параметрів поточного документа виконується активізацією відповідної кнопки, викликом списку фіксованих параметрів або введенням конкретного значення параметра у відповідне поле безпосередньо з клавіатури. Наприклад, перехід від одного вигляду до іншого можна виконати, активізувавши мишкою кнопку "**Вигляд**". Відкриється діалогове вікно, у якому перераховані всі наявні в даному кресленні вигляди. Напроти активного вигляду стоїть "галочка".

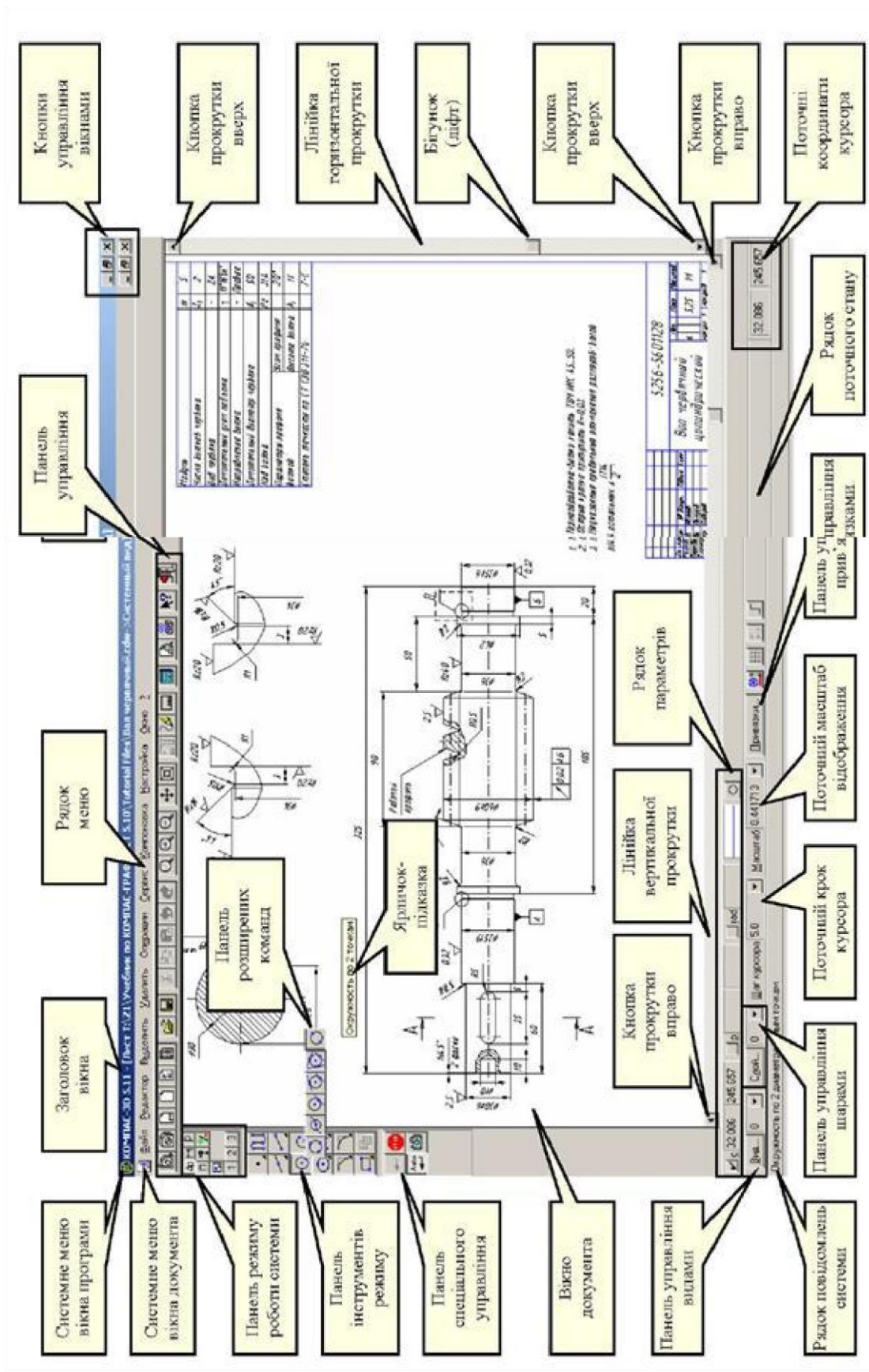


Рисунок 1 - Інтерфейс програми Компас

Лекція № 7 Параметризація геометричних об'єктів.

Задання зв'язків та обмежень. Ступені свободи

Відмінність параметричного зображення від звичайного полягає в тому, що в ньому зберігається інформація не тільки про розташування і характеристики геометричних об'єктів, але й про взаємозв'язки між об'єктами і накладених на них обмеженнях.

1 Загальні відомості про параметризації

Під взаємозв'язком об'єктів мається на увазі залежність між параметрами декількох об'єктів. При редагуванні одного з взаємозв'язаних параметрів змінюються інші.

Редагування параметрів одного об'єкту, не пов'язаних з параметрами інших об'єктів, не впливає ні на які параметри. При видаленні одного або декількох об'єктів взаємозв'язок зникає.

В якості прикладів зв'язків, накладених на об'єкти, можна навести паралельність і перпендикулярність відрізків, прямих, стрілок виду, сегментів лінії ступеневого розрізу, рівність довжин відрізків або радіусів кіл. Взаємозалежними параметрами паралельних відрізків є кути їх нахилу, тому паралельність відрізків тотожна рівності кутів їх нахилу. Якщо повернути один з пов'язаних таким чином відрізків, тобто змінити кут його нахилу, обернеться і інший відрізок.

Якщо зрушити або промасштабувати один з відрізків, тобто не змінювати його кут нахилу, другий відрізок не зміниться. Якщо видалити один з відрізків, то кут нахилу іншого стане незалежним.

Залежність між параметрами може бути і більш складною, ніж рівність одного параметра іншому. Наприклад, можливе завдання функції, що визначає відношення між параметрами декількох об'єктів.

Другий тип параметричної зв'язку - асоціативність об'єктів. Асоціативними можуть бути об'єкти, які при побудові прив'язуються до інших об'єктів - розміри, технологічні позначення, штрихування. Такі об'єкти «пам'ятають» про свою приналежність до базового графічного об'єкту або до декількох. При редагуванні базових об'єктів (наприклад, їх зрушенні або повороті) асоціативні об'єкти перебудовуються відповідним чином. У результаті зберігається взаємне розташування базового і асоційованого з ним об'єкту.

Під обмеженням мається на увазі залежність між параметрами окремого об'єкта або рівність параметра об'єкта константі. Допускається тільки таке редагування об'єкта, в результаті якого не будуть порушені встановлені залежності.

В якості прикладів обмежень, накладених на геометричні об'єкти, можна навести вертикальність і горизонтальність відрізків, прямих, ліній розрізу або перерізу.

При редагуванні параметризованих і асоціативних об'єктів перестроювання зображення відбувається таким чином, що дотримуються всі накладені на об'єкти обмеження і зберігаються зв'язки між об'єктами.

Параметричні зображення можуть використовуватися як самостійно (наприклад, креслення, що містить параметричні види деталі), так і для вставки в інші документи (креслення або фрагменти). Параметричне зображення, призначене для подальшої вставки, обов'язково повинно зберігатися у фрагменті (файлі з розширенням frw) і мати зовнішні змінні.

Існує два принципово різних способи отримання параметричного зображення.

1 Програмування, або інтерактивне формування зображення безпосередньо при кресленні. У ряді CAD-систем можна викреслювати зображення з одночасним завданням закону побудови, який, однак, потім не можна змінити в разі помилки (доведеться видалити всі побудова і почати його заново).

2 Накладення обмежень (зв'язків) на об'єкти накресленого раніше зображення вузла або деталі, причому в будь-якому порядку, не дотримуючись якої-небудь жорсткої послідовності. У цьому випадку можливо довільне зміна зображення, що не приводить до необхідності повторних побудов з самого початку

У КОМПАС-3D реалізований другий спосіб параметризації зображень. Така параметризація називається варіаційною.

Працюючи в кресленні, фрагменті або ескізі тривимірного елемента, можна накладати різні розмірні (лінійні, кутові, радіальні і діаметральні) і геометричні (паралельність, перпендикулярність, торкання, приналежність точки до кривої, фіксація точки і т.д.) обмеження та зв'язку на об'єкти зображення. При роботі в кресленні створення взаємозв'язків між об'єктами - наприклад, вирівнювання вершин відрізків - можливо, тільки ці об'єкти належать одному і тому ж виду креслення.

2 Параметричні можливості КОМПАС

КОМПАС-3D надає користувачеві можливості накладення наступних зв'язків і обмежень:

Вертикальність об'єктів

Горизонтальність об'єктів

Колінеарності відрізків

Паралельність об'єктів

Перпендикулярність об'єктів

Вирівнювання характерних точок об'єктів по вертикалі

Вирівнювання характерних точок об'єктів по горизонталі

Дзеркальна симетрія

Рівність радіусів дуг і кіл

Рівність довжин відрізків

Дотик кривих

Об'єднання характерних точок об'єктів

Належність точки кривої

Фіксація характерних точок об'єктів

Фіксація і редагування розмірів

Присвоєння розміру імені змінної

Команди накладення перерахованих зв'язків і обмежень згруповані в меню Інструменти - Параметризація, а кнопки для виклику команд - на панелі Параметризація. Задання аналітичних залежностей між змінними здійснюється у Вікні змінних. Існують також можливості для автоматичної параметризації наступних побудов: Скруглення

Фаска

Сполучення

Усічення

Усічення двома точками

Вирівнювання по кордоні

Подовження до найближчого об'єкта

Простановка точок на перетині

Простановка точок вздовж кривої

Симетрія

3 Принципи і прийоми накладання зв'язків і обмежень

Ряд обмежень і зв'язків може бути визначений без явного введення числових значень (наприклад, горизонтальність прямих або умова дотику двох кривих). Навпаки, такі обмеження, як значення розмірів повинні виражатися саме числовими значеннями. Деякі зв'язки і обмеження можна задати у формі вираження (наприклад, вказати функцію залежності параметра об'єкта від параметрів інших об'єктів).

Частина обмежень і взаємозв'язків (збігу точок, паралельність тощо) можуть формуватися автоматично при введенні, якщо користувач увімкнув цю функцію. Наприклад, збіг точок і положення точки на кривій параметризуються через виконану при вказівці точки прив'язку (глобальну або локальну), а умови паралельності, перпендикулярності та дотику - у відповідних процесах введення об'єктів.

У будь-який момент можна вимкнути автоматичне формування обмежень і взаємозв'язків. Додаткові обмеження та взаємозв'язку можна призначити в об'єктах креслення в будь-який момент роботи над документом.

Асоціативність об'єктів (розмірів, штрихувань і ін) виникає тільки при їх введенні

Окремих команд для завдання асоціативності не існує.

Обмеження накладаються шляхом вибору їх типу та об'єкта.

Наприклад, ви вибрали горизонтальність і вказуєте відрізки, які повинні бути горизонтальні.

Зв'язки накладаються шляхом вибору їх типу та вказівки пари взаємопов'язаних об'єктів.

Наприклад, ви вибрали паралельність і вказуєте пари відрізків, які повинні бути паралельні.

При цьому запам'ятовуються лише ті зв'язки, які були встановлені явно (або шляхом звернення до відповідної команди параметризації, або шляхом креслення. Крім того, можна без жодних проблем переходити від одного подання геометрії до іншого, наприклад, накладаючи параметричні обмеження на створене раніше креслення або видаляючи обмеження, накладені на створене раніше параметричне зображення.

До застосування параметричних можливостей при роботі з креслярською документацією слід підходити зважено, оцінюючи ступінь реальної необхідності повної параметризації того чи іншого креслення.

Можна дати наступні загальні рекомендації, пов'язані з параметризацією креслень.

Мають сенс параметризовані креслення деталей, при модифікації яких змінюються лише розміри та не змінюється топологія. Таким чином, одного разу створене параметричне зображення деталі може бути швидко перебудовано простим зміною значень розмірів.

Якщо виконується нова розробка, оцініть, чи буде вона застосовуватися у майбутньому як прототип. Якщо ні, тоді параметризація креслення може не виконуватися, оскільки відпадає необхідність в подальшій швидкій модифікації. Якщо ж нова деталь буде часто використовуватися як стандартний прототип, параметризація її креслення або створення параметричного фрагмента має сенс.

Швидше за все, не буде виправданою повна параметризація складних складальних креслень, так як в цьому випадку великий обсяг роботи по введенню обмежень і керуючих розмірів.

Спробуйте оцінити на конкретних прикладах креслень, типових для вашої організації, які переваги дає застосування параметризації. Надалі враховуйте отримані результати при новому проектуванні або переробці наявної креслярської документації.

4 Особливості роботи з параметричними об'єктами

При роботі з параметричними кресленнями і фрагментами може виявитися корисним знання таких особливостей.

Чим більше обмежень накладено на об'єкти, що становлять зображення деталі, тим менша ймовірність сильних розбросів при перерахунку. У більшості випадків рекомендується повне визначення зображення, тобто позбавлення складових його об'єктів всіх ступенів свобод. В якості допоміжних обмежень застосовуйте фіксацію точок, призначення горизонтальності чи вертикальності відрізків, постановку додаткових розмірів.

Рекомендується не виконувати «різких рухів» при редагуванні параметричного зображення, кращий стиль при роботі з ним - поступовість.

Наприклад, не слід занадто сильно змінювати значення розміру (було 5 градусів, а стало 120). Такі значні зміни краще виконувати поступово, у кілька прийомів. Те ж саме можна сказати і про редагування перетягуванням точок - не слід зрушувати об'єкт або крапку відразу на дуже велику відстань, краще виконати таке переміщення в кілька етапів.

Пам'ятайте, що час обробки параметричного зображення істотно залежить від насиченості креслення або фрагмента параметризованими об'єктами.

5 Параметричний режим

Параметричним режимом називається такий режим створення і редагування геометричних об'єктів і об'єктів оформлення, в якому параметричні зв'язки і обмеження накладаються автоматично. При цьому тип накладання зв'язків і обмежень визначається в процесі побудови завдяки послідовності виконання команди побудови об'єкту або здійсненню прив'язки (в тому числі локальної).

Ось кілька прикладів роботи в параметричному режимі.

Викреслювання відрізка, паралельного іншому відрізку, за допомогою команди Паралельний відрізок викличе автоматичне виникнення відповідної зв'язку - паралельності відрізків.

Якщо при викреслюванні кола, його центр буде прив'язаний до кінця відрізка, то відповідний зв'язок - збіг точок - буде сформована автоматично.

Викреслювання вертикального відрізка призводить до накладення на нього відповідного обмеження - вертикальності.

Побудова горизонтальної лінії розрізу з вирівнюванням по центру кола призводить до накладення на лінію розрізу обмеження горизонтальності і формуванню зв'язку вирівнювання точок по горизонталі між першим штрихом лінії й центром кола.

Простановка позначення шорсткості призводить до створення асоціативного знака шорсткості.

Рекомендується включати параметричний режим при оформленні креслень, що містять асоціативні види. Це дозволить створювати асоціативні об'єкти оформлення (розміри, позначення центру, шорсткості і т.п.), які будуть «впливати» за своїми базовими об'єктами при перестроюванні останніх в результаті редагування моделі.

6 Фіксовані та інформаційні розміри. Розміри зі змінними

Асоціативні розміри можуть бути двох типів: фіксовані та інформаційні.

Тип - це властивість розміру, яке визначає «напрямок зв'язку» між розміром і геометричним об'єктом.

Фіксований розмір - розмір, який управляє геометричним об'єктом. Значення фіксованого розміру може бути змінено користувачем шляхом введення числа або вирази (в останньому випадку розміром мусить бути поставлена у відповідність змінна). Після цього геометричний об'єкт, до якого проставлений розмір, перебудовується так, щоб задовольняти новому значенню розміру. Якщо розмір зафіксований, то він має обмеження фіксований розмір. Ознакою фіксації розміру є прямокутна рамка навколо його значення.

Об'єкт, до якого проставлений фіксований розмір, можна редагувати тільки так, щоб значення розміру залишалося постійним. Наприклад, якщо до відрізка проставлений розмір, що фіксує його довжину, то відрізок можна буде тільки переміщати і повертати, але не можна буде змінювати його довжину.

Інформаційний розмір - розмір, яким управляє геометричний об'єкт.

Введення значення або вираження для інформаційного розміру неможливий. Геометричний об'єкт, до якого проставлений інформаційний розмір, можна редагувати довільним чином. Після перешикування геометричного об'єкта відбувається перестроювання розміру і перерахунок його значення. При редагуванні геометричних об'єктів враховуються не тільки проставлені до них розміри, але і накладені на них параметричні зв'язки і обмеження.

Інформаційним можна зробити будь-який фіксований розмір.

Висновки

1. При редагуванні параметризованих і асоціативних об'єктів перестроювання зображення відбувається таким чином, що дотримуються всі накладені на об'єкти обмеження і зберігаються зв'язки між об'єктами.
2. Команди накладення перерахованих зв'язків і обмежень згруповані в меню

Інструменти - Параметризація, а кнопки для виклику команд - на панелі Параметризація

3. Час обробки параметричного зображення істотно залежить від насиченості креслення або фрагмента параметризованих об'єктами.
4. Параметричним режимом називається такий режим створення і редагування геометричних об'єктів і об'єктів оформлення, в якому параметричні зв'язки і обмеження накладаються автоматично.
5. Розміри бувають інформаційні та фіксовані

Питання та завдання до контролю знань студентів

Для узагальнення та перевірки засвоєного матеріалу на лекції:

1. Як відбувається перестроєння зображення редагуванні параметризованих і асоціативних об'єктів
2. Від чого залежить час обробки параметричного зображення?
3. Що таке параметричний режим?
4. Які бувають типи розмірів?

Лекція № 8 Особливості тривимірного моделювання.

Графічні режими: Ескіз та модель

КОМПАС-3D – програма для операційної системи Windows. Тому її вікно має ті самі елементи управління, що і інші Windows – програми

1. Основні елементи інтерфейсу

Розглянемо основні панелі головного вікна системи.

33 Стандартна панель

Стандартна панель розташована у верхній частині вікна системи під Головним меню. На цій панелі розташовані кнопки виклику стандартних команд операцій з файлами і об'єктами.



34 Панель Вид

На панелі Вид розташовані кнопки, які дозволяють управляти зображенням: змінювати масштаб, переміщати і обертати зображення, змінювати форму подання моделі.



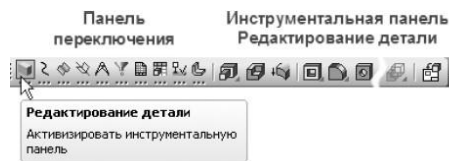
35 Панель Поточний стан

Панель Поточний стан знаходиться у верхній частині вікна відразу над вікном документа. Склад панелі різний для різних режимів роботи системи. Наприклад, в режимах роботи з кресленням, ескізом або фрагментом на ній розташовані засоби управління курсором, шарами, прив'язками і т.д.



36 Компактна панель

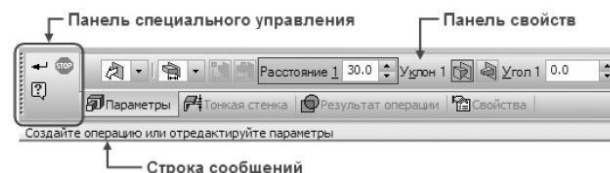
Компактна панель знаходиться в лівій частині вікна системи і складається з Панелі перемикачів та інструментальних панелей. Кожній кнопці на Панелі перемикачів відповідає однойменна інструментальна панель. Інструментальні панелі містять набір кнопок, згрупованих за функціональною ознакою. Склад панелі залежить від типу активного документа.



37 Панель властивостей, Панель спеціального управління і Рядок повідомлень

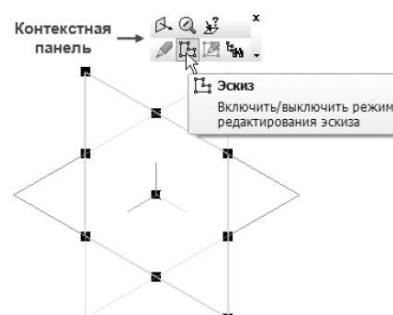
Панель властивостей служить для управління процесом виконання команди. На ній розташовані одна або кілька вкладок і Панель спеціального управління.

Рядок повідомлень розташовується в нижній частині програмного вікна. В ній з'являються різні повідомлення та запити системи. Це може бути: коротка інформація про те елементі екрану, до якого підведено курсор, повідомлення про те, введення яких даних очікує система в даний момент, коротка ін-йшмація за поточним дії, виконуваного системою.



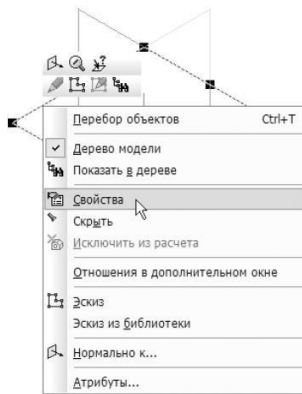
38 Контекстна панель

Контекстна панель відображається на екрані при виділенні об'єктів документа і містить кнопки виклику найчастіше використовуваних команд редагування. Набір команд на панелі залежить від типу виділеного об'єкта і типу документа.



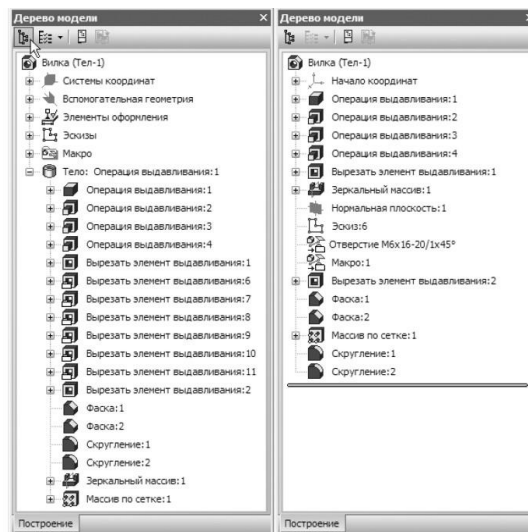
39 Контекстне меню

Контекстне меню - меню, склад команд в якому залежить від здійснюваного користувачем дії. У ньому знаходяться ті команди, виконання яких можливо в даний момент. Виклик контекстного меню здійснюється клацанням правої кнопки миші на полі документа, елементі моделі або інтерфейсу системи в будь-який момент роботи.



40 Дерево моделі

Дерево моделі - це графічне представлення набору об'єктів, що становлять модель. Кореневий об'єкт Дерева - сама модель, тобто деталь або складання. Піктограми об'єктів автоматично виникають в Дереві моделі відразу після створення цих об'єктів в моделі. У вікні Дерева відображається або послідовність побудови моделі (ліворуч), або її структура (праворуч). Способом представлення інформації можна керувати за допомогою кнопки Відображення структури моделі на Панелі управління Дерева моделі

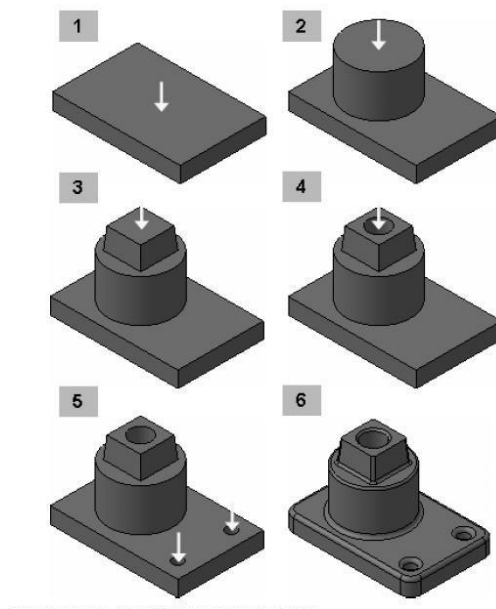


2. Загальні принципи моделювання

Побудова твердотільної моделі полягає в послідовному виконанні операцій об'єднання, віднімання і перетину над простими об'ємними елементами (призмами, циліндрами, пірамідами, конусами і т.д.).

Багаторазово виконуючи ці прості операції над різними об'ємними елементами, можна побудувати саму складну модель.

1. Створення призми.
2. Додавання циліндра.
3. Додавання усіченої піраміди.
4. Віднімання циліндра.
5. Віднімання двох циліндрів.
6. Додавання фасок і заокруглень.



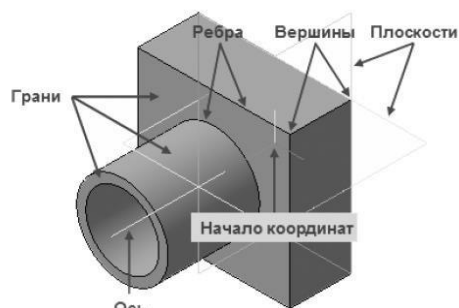
Основні терміни моделі

Об'ємні елементи, з яких складається тривимірна модель, утворюють в ній грані, ребра і вершини.

Грань - гладка (необов'язково плоска) частину поверхні деталі. Гладка поверхня деталі може складатися з декількох граней.

Ребро - пряма крива, що розділяє дві суміжні грані. Вершина - точка на кінці ребра.

Крім того, в моделі можуть бути присутніми додаткові елементи: символ початку координат, площини, осі і т.д.



3. Ескізи та операції

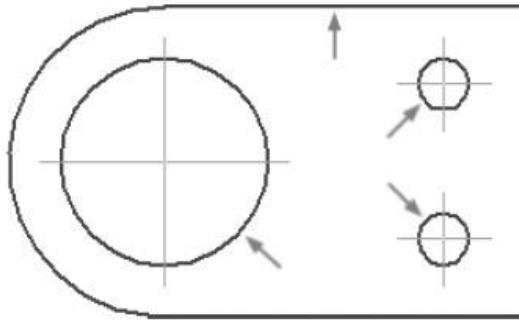
Для створення об'ємних елементів використовується переміщення плоских фігур в просторі. Плоска фігура, в результаті переміщення якої утворюється об'ємне тіло, називається ескізом, а саме переміщення - операцією.

41 Ескізи

Ескіз може розташовуватися на одній із стандартних площин проєкцій, на плоскій грані створеного раніше елемента, або на допоміжній площині.

Ескізи створюються засобами модуля плоского креслення і складаються з одного або декількох контурів.

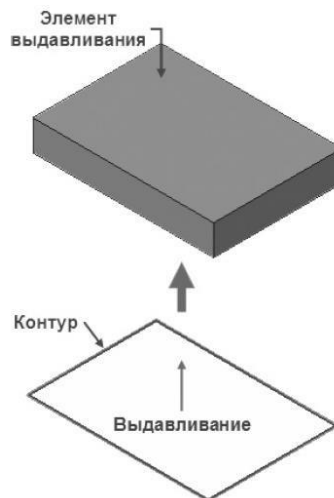
Контур - одне з основних понять при описі ескізу. При побудові ескізу під контуром розуміється графічний об'єкт (відрізок, дуга, сплайн, прямокутник і т.д.) або сукупність послідовно з'єднаних графічних об'єктів. Наприклад, у такому ескізі - 4 контури.



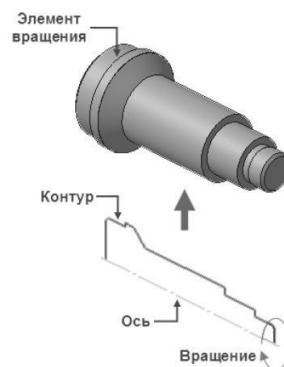
42 Операції

Система КОМПАС-3D дозволяє використовувати різноманітні операції для побудови об'ємних елементів, чотири з яких вважаються базовими.

Операція витискування - витискування ескіза перпендикулярно його площині.



Операція обертання - обертання ескіза навколо осі, що лежить у його площині.



Ескіз тіла обертання складається з контуру зі стилем лінії Основна і осі обертання у вигляді відрізка зі стилем лінії Осьова. Контур повинен розташовуватися з одного боку від осі обертання.

Кінематична операція - переміщення ескіза вздовж напрямної.



Операція по перетинах - побудова об'ємного елемента по декількох ескізах (перетинах).

43 Висновки

1. КОМПАС-3D – програма для операційної системи Windows. Тому її вікно має ті самі елементи управління, що і інші Windows – програми
2. Дерево моделі - це графічне представлення набору об'єктів, що становлять модель.
3. Ескіз може розташовуватися на одній із стандартних площин проєкцій, на плоскій грані створеного раніше елемента, або на допоміжній площині.

44 Питання та завдання до контролю знань студентів

Для узагальнення та перевірки засвоєного матеріалу на лекції:

1. Назвіть основні елементи інтерфейсу
2. Які ви знаєте загальні принципи моделювання?
3. Що таке Ескіз?
4. Що розуміють під операцією?

Лекція № 9 Проектування та моделювання деталей

45 1 Проектування деталей

В даному розділі розглянемо роботу з системою при створенні деталей різних типів із використанням базових операцій та їх додаткових опцій.

В режимі роботи з деталлю, у лівій верхній частині вікна системи, з'являється Інструментальна панель, яка містить п'ять сторінок. Кожна сторінка містить набір кнопок, згрупованих за функціональними ознаками. Перемикання між сторінками виконується за допомогою Панелі перемикання. Вигляд Інструментальної панелі в режимі побудови деталі показаний на рисунку 1.

При відкритті тривимірної моделі, система автоматично переходить в меню сторінки *Побудова деталі*, де розміщені команди для тривимірного проектування: створення основи деталі, додавання (чи віднімання) до основи додаткових елементів (виступів, отворів, скруглень, фасок, ребер жорсткості і т. п.).

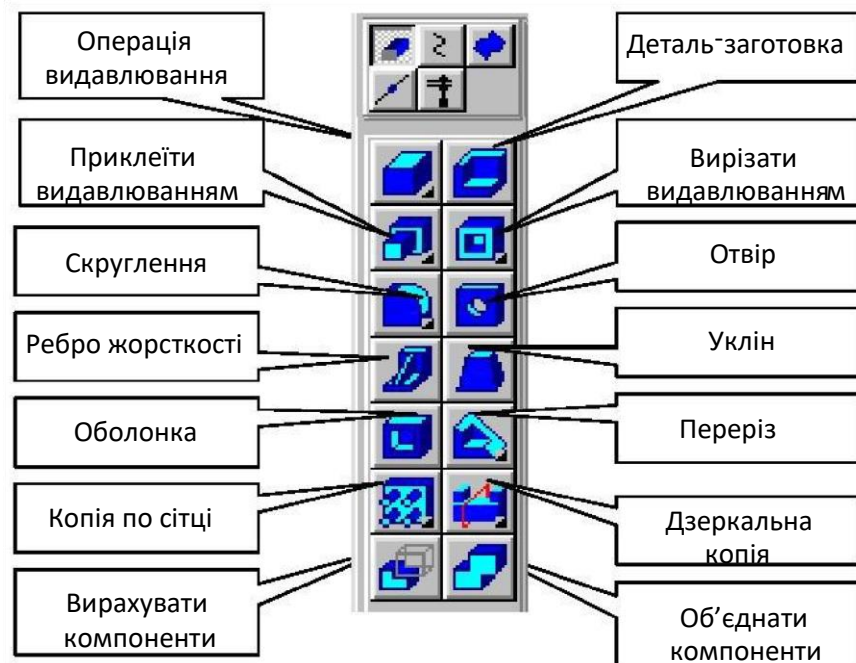


Рисунок 1

Після запуску системи в режимі створення деталі доступна для роботи тільки одна команда - *Деталь-заготовка*, яка дозволяє вставити вже існуючу модель у файл, як основу для подальшої роботи. Усі інші команди тимчасово недоступні, так як відсутні умови для їх виконання. І тільки після створення хоча б одного ескізу починається активізація відповідних команд. Частина команд допускають кілька варіантів виконання, які відображені на Панелі розширених команд. Базові операції системи згруповані в одній кнопці. За замовчування на сторінці *Побудова деталі* доступна операція *Видавлювання*, а інші три знаходяться на Панелі розширених команд. Вигляд сторінки *Побудова деталі* та приклад.

46 2. Моделювання деталей на основі елементів видавлювання

Ознайомлення з основними прийомами роботи операції *Видавлювання* та її різновидів - *Приклеїти видавлюванням* та *Вирізати видавлюванням*, розглянемо на прикладі побудови деталі, ображеної. Спочатку проаналізуємо, з яких геометричних об'єктів складається наша модель. Отже, зображену деталь можна розбити на наступні геометричні об'єкти: циліндр, шестигранна призма, вертикальний циліндричний та горизонтальний призматичний наскрізні отвори. В такій послідовності і будемо виконувати побудову деталі.

47 Створення основи моделі

В нашому випадку базовим тілом будемо вважати циліндр, основа якого розміщена в горизонтальній площині. Отже, перший ескіз будемо на горизонтальній площині, при цьому послідовність дій користувача наступна:



1) у Дереві побудови активізуємо мишкою горизонтальну площину проєкцій та розвернемо її перпендикулярно до користувача (в Рядку поточного стану активізуємо поле *Орієнтація об'єкту* і виберемо пункт "Нормально до ...");

2) на Панелі керування активізуємо кнопку для створення нового ескізу (система перейде в режим роботи двовірного графічного редактора);

3) викреслюємо коло основи і закриваємо ескіз (система повертається в режим тривимірного моделювання);

4) активізуємо операцію Видавлювання. На екрані з'явиться діалогове вікно *Параметри*, в якому задаємо параметри елемента видавлювання, вказуємо напрямок видавлювання;

5) завершуємо роботу з командою, натиснувши кнопку *Створити* (рис.2). В результаті отримуємо циліндр основи.

Слід зауважити, що всі значення параметрів при їх введенні відображаються на екрані у вигляді фантома елемента видавлювання, тому попередньо елемент бажано переорієнтувати, вибравши в полі *Орієнтація об'єкту* пункт "Ізометрія".

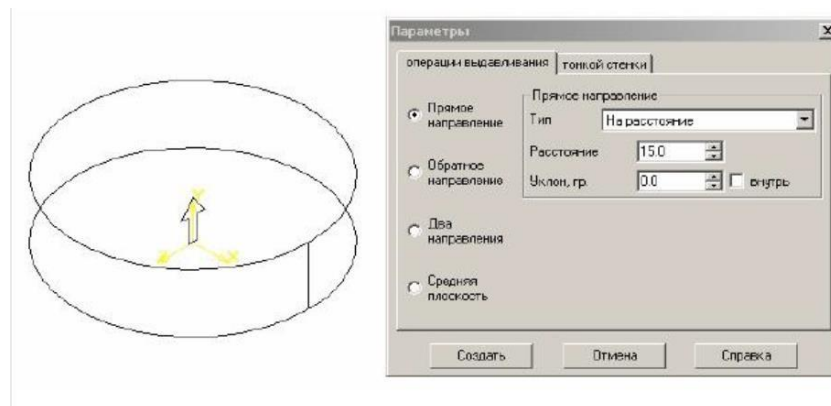


Рисунок 2

48 Додавання та віднімання об'єктів до основи

До створеної основи тривірної деталі можна додавати нові об'єми (операція "**Приклеїти видавлюванням**") та відняти зайву частину деталі (операція "**Вирізати видавлюванням**"). В даному випадку до основи приєднуємо шестигранну призму і виконуємо вертикальний циліндричний та горизонтальний призматичний отвір. Дії користувача при виконанні вказаних операцій подібні, тому детально проаналізуємо операцію "*Приклеїти видавлюванням*", а для інших вкажемо тільки відмінності від загальних правил дій.

Для додавання шестигранної призми до циліндричної основи виконаємо наступні дії:

1) створимо ескіз шестигранника, площиною якого буде верхня грань циліндра. Активізуємо команду "Новий ескіз". В режимі роботи двовірного графічного редактора командою "Введення багатокутника" побудуємо правильний шестигранник і закриємо ескіз;

2) на Інструментальній панелі активізуємо команду "Приклеїти видавлюванням" (рис.3). В діалоговому вікні *Параметри* задаємо параметри елемента видавлювання, вказуємо напрямок видавлювання і завершуємо роботу з командою.

Наступним кроком у побудові деталі буде побудова потрібних отворів. Площиною ескізу для побудови циліндричного отвору візьмемо верхню основу призми, а для горизонтального призматичного отвору - профільну площину проекцій. Для побудови отворів на Інструментальній панелі скористаємось командою "Вирізати видавлюванням" (рис.4). Слід звернути увагу, що при введенні параметрів у діалогове вікно *Параметри* доступно більше опцій, ніж у базовій операції. Так, при створенні наскрізного вертикального циліндричного отвору не варто розраховувати його довжину, а доцільно виконати команду "Вирізати видавлюванням" з опцією операції "Через усю деталь". При створенні наскрізного призматичного горизонтального отвору також не варто розраховувати довжину отвору. Оскільки ескіз форми призматичного отвору розміщений у середині деталі на профільній площині, то "Вирізати видавлюванням" зайвий об'єм доведеться в обидва боки від площини ескізу. Для чого, в діалоговому вікні *Параметри*, спочатку активізуємо функцію "Два напрямки" і в обох додаткових вікнах, які відкриваються, вказуємо опцію операції "Через усю деталь" і вже після цього виконуємо команду "Вирізати видавлюванням".

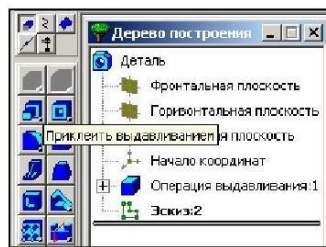


Рисунок 3

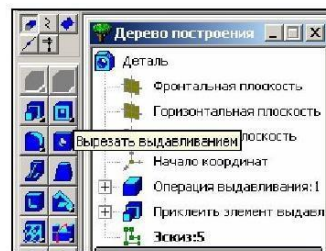


Рисунок 4

Зміни вигляду деталі в процесі проектування показані на рисунках 5 а, б, в, г.

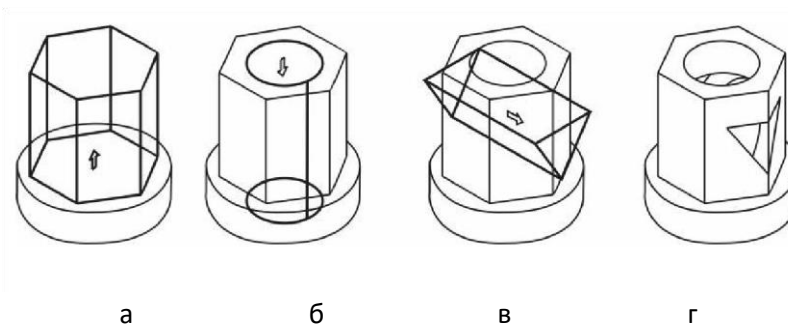


Рисунок 5

3. Моделювання деталей - тіл обертання

Деталі, які складаються з геометричних об'єктів, утворених методом обертання (тіл обертання – вали рис.6а, ролики рис.6б, втулки рис.6в, осі, кільця та багато інших деталей) можна побудувати на основі елементів обертання.

Побудова тіл обертання детально розглянута у Лабораторній роботі №10.



Рисунок 6

4. Моделювання деталей кінематичною операцією

Створення деталі кінематичною операцією дозволяє легко отримувати складні просторові елементи, до яких відносяться деталі трубопровідної арматури та інші подібні деталі (рис. 7 а, б). При виконанні кінематичної операції задається, як мінімум, два ескізи.

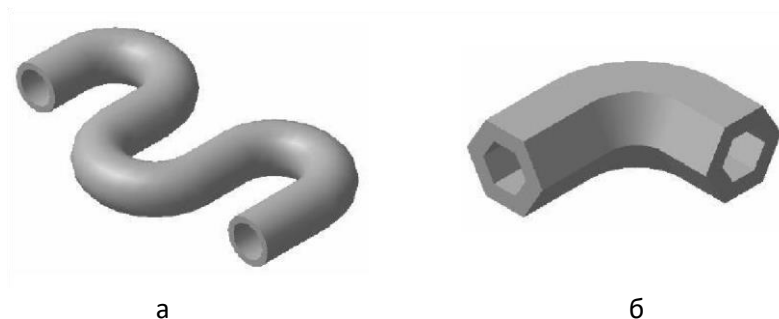


Рисунок 7

В одному з них будується переріз кінематичного елемента, в другому - траєкторія руху перерізу.

Кінематична операція знаходиться на Панелі розширених команд під кнопкою операції *Видавлювання*. В діалоговому вікні *Параметри* задаємо параметри операції. Для задання перерізу елемента включаємо опцію *Переріз* і вибираємо потрібний ескіз, вказавши його в Дереві побудови або клацнувши мишкою на будь-якому графічному об'єкті цього ескізу у вікні деталі. У відповідному вікні з'явиться запис **Ескіз 1**. Щоб задати траєкторію переміщення ескізу елемента, потрібно включити опцію *Траєкторія* і вибрати потрібний ескіз або ескізи. Якщо траєкторія складається з декількох послідовно з'єднаних контурів в різних ескізах, їх потрібно вказувати в порядку з'єднання. Всі значення параметрів при їх введенні та редагуванні відразу відображаються на екрані у вигляді фантома (рис. 8).

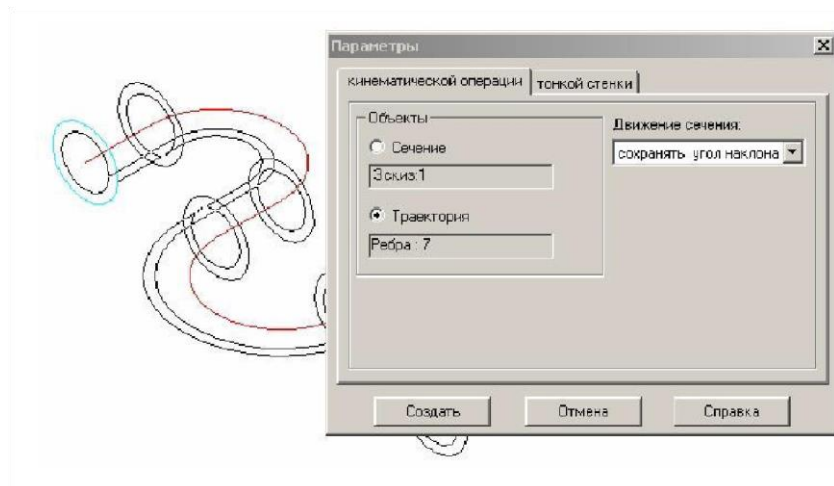


Рисунок 8

Після введення всіх необхідних параметрів отримуємо деталь утворену кінематичною операцією (рис. 7 а).

5. Моделирование деталей операцией по перерезах

Створення деталі операцією по перерізах дозволяє отримувати складні просторові елементи, які складно, або практично неможливо, отримати, використовуючи вище перелічені операції.

При виконанні операції по перерізах повинно бути як мінімум два ескізи, хоча реально ескізів буває дуже багато. Для прикладу створимо сім ескізів, що характеризуватимуть профіль майбутньої деталі в семи перерізах (рис. 9).

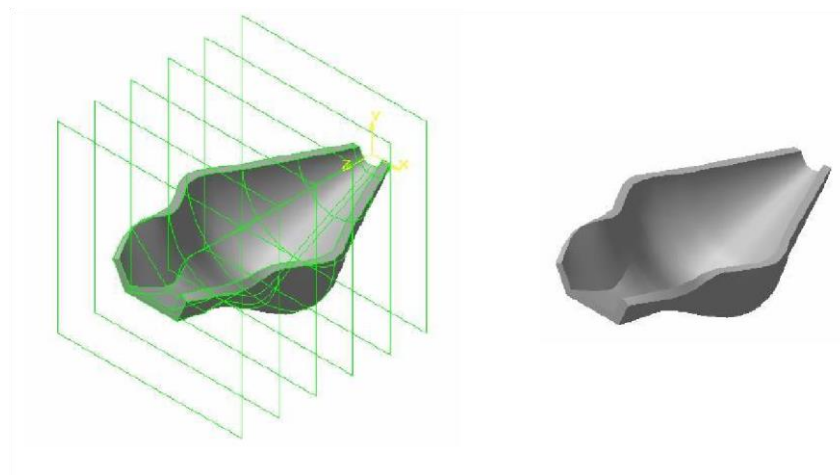


Рисунок 9

Перший у фронтальній площині, а всі інші - в площинах паралельних їй, але зміщених на певну віддадь. Для цього існує команда *Зміщена площина* на Панелі інструментів Допоміжних побудов (рис. 10). Після виклику команди *Операція по перерізах*, яка знаходиться на Панелі розширених команд, на екрані з'явиться діалогове вікно для введення параметрів елемента по перерізах. За замовчуванням команда знаходиться в режимі вказування перерізів - ввімкнута кнопка *Перерізи* в групі *Об'єкти*. Перерізи необхідно вказувати в тому порядку, в якому вони розміщені в елементі, вибираючи їх у Дереві побудови (рис. 11).

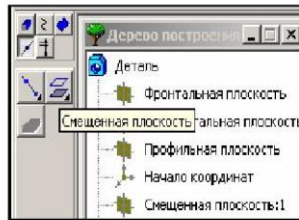


Рисунок 10

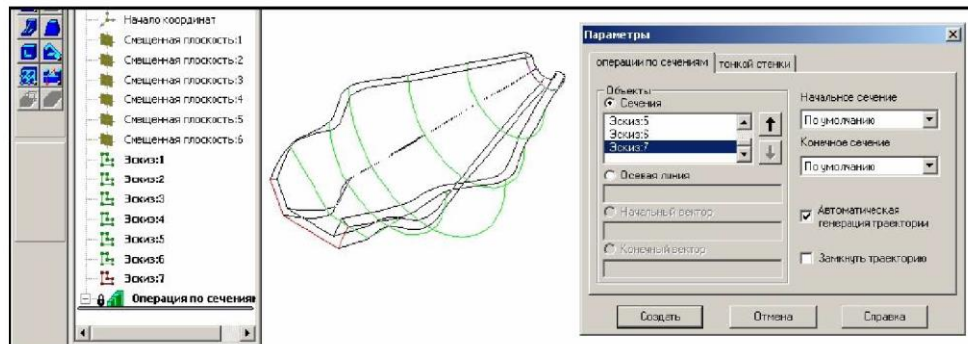


Рисунок 11

За замовчуванням у вікні діалогу ввімкнута кнопка *Автоматична генерація шляху*. Це означає, що система автоматично визначає, які точки потрібно з'єднувати при побудові елемента. Всі значення параметрів при їх введенні та редагуванні відразу відображаються на екрані у вигляді фантома.

Після введення всіх необхідних параметрів можна завершити роботу з командою, натиснувши кнопку *Створити об'єкт*. Отримаємо потрібну деталь.

Лекція № 10 Основні геометричні параметри для побудови зубчастих коліс

Розглянемо основні елементи зубчастого колеса (рис. 1, а). Циліндрична поверхня (1), що відокремлює зубці від тіла зубчастого колеса, називається поверхнею западин зубців. Циліндрична поверхня (2), що обмежує зуби по висоті – поверхня вершин зубців. Простір між двома сусідніми зубцями (3) – западина. Поверхня, що обмежує зуб зі сторони западини (4), називається бічною поверхнею зуба.

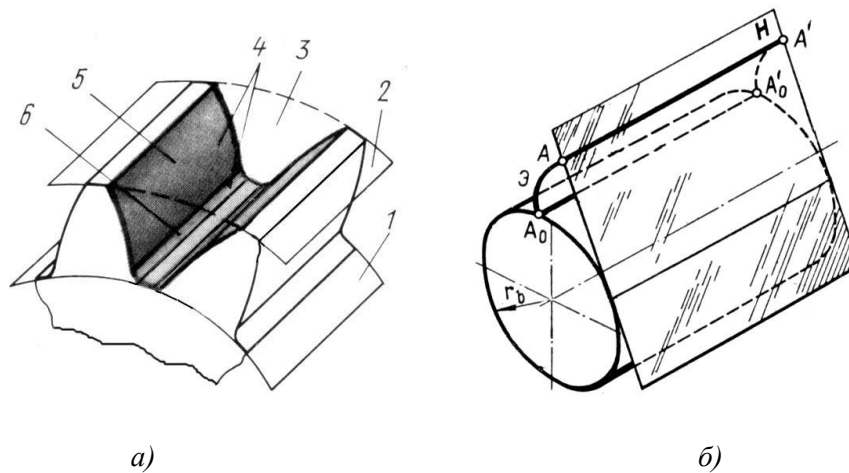


Рис. 1

Бічна поверхня складається із головної (5) та перехідної (6) поверхонь. Головна поверхня – це та частина бокової поверхні зуба, яка взаємодіє з головною поверхнею іншого зуба і при цьому забезпечує задане передаточне відношення. Перехідна поверхня з'єднує головну поверхню з поверхнею западин.

Головною поверхнею, як зазначалось вище, найчастіше є евольвентна поверхня. Її можна подати як сукупність цілком однакових евольвент, що розміщені у площинах, перпендикулярних до осі колеса. Ці евольвенти є траєкторіями точок твірної прямої AA_0 , що належить площині H , яка перекочується по основному циліндру без ковзання (рис. 1, б).

На рис. 2 зображено зубчасте колесо із зовнішніми зубцями. При розгляді зубчастих коліс зазначають чотири кола:

- *коло вершин* (виступів, зовнішнє коло), r_a – коло, що належить поверхні вершин;
- *коло западин*, r_f – коло, що належить поверхні западин;
- *основне коло*, r_b – коло, яке є базою для побудови евольвентного профілю зубців. Діаметр основного кола – єдиний параметр, що визначає форму евольвенти, оскільки кожному конкретному колу відповідає одна певна евольвента;
- *ділильне коло*, r – коло, яке є базою для визначення розмірів елементів зубців. Ділильне коло, це коло, що перетинає профіль зуба в точці, для якої

кут профілю дорівнює стандартному куту, $\alpha = 20^\circ$ (куту нахилу зуба інструментальної рейки).

Нагадаємо, гострий кут у поперечному перерізі зубця, між дотичною до профілю зубця у даній точці та лінією, що проходить через цю точку і центр колеса, називається *кутом профілю зубця*. Кут профілю зубця у т.К, яка знаходиться на ділильному колі, стандартизований і дорівнює 20° . Ділильне коло ділить зубець на дві частини – головку та ніжку.

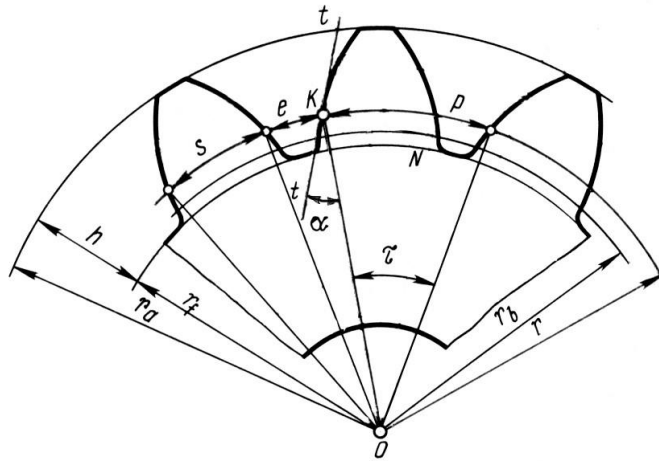


Рис. 2

Коли мова йде про зачеплення зубчастих коліс, розрізняють ще початкове коло. Початкове коло – це поняття кінематичне і у окремо взятого колеса такого кола не має. *Початкові кола*, як вже відмічалось, це центроїди у відносному русі зубчастих коліс, тобто кола, якими зубчасті колеса у відносному русі перекочуються одне по одному без ковзання. Для зачеплення нормальних, нульових коліс, радіуси початкових кіл дорівнюють радіусам ділительних кіл, $r_w \square r$.

Відстань між однойменними точками профілів двох сусідніх зубців по дузі концентричного кола зубчастого колеса називається *коловим кроком* зубців і позначається p (з індексом відповідного кола). Розрізняють ділительний p , початковий p_w , основний p_b та інші колові кроки зубців, що відповідають ділительному, початковому, основному та іншим концентричним колам зубчастого колеса.

Крок зубців по будь-якому колу можна представити як суму товщини зуба s та ширини западини e ; тобто $p = s + e$; $p_i = s_i + e_i$

Дуги p , p_b , p_w та p_i відповідають одному і тому ж кутовому кроку

$$\frac{p}{r} = \frac{p_b}{r_b} = \frac{p_i}{r_i}.$$

Центральний кут, що опирається на дугу кола зубчастого колеса, яка дорівнює коловому кроку називається *кутовим кроком*.

Кутовий крок можна виразити і так

$$2 \square \frac{360 \square}{z}, \text{ або } \square \frac{p}{z}.$$

Важливим елементом зубчастого колеса є крок по ділительному колу.

Виразимо довжину ділительного кола через крок p і число зубців z : $2 \square r = p z$ або

$$d = \frac{d_1}{z_1} + \frac{d_2}{z_2} = m(z_1 + z_2).$$

Відношення p/π позначають буквою m і називають модулем. Це зв'язано з тим, що π – число ірраціональне (3,1459...), і відношення p/π не може бути точно пораховане. Цей факт ускладнює підбір розмірів зубчастих коліс при проектуванні коліс та практичний їх вимір. З іншого боку, зубці коліс нарізаються на спеціальних станках різучим інструментом, розміри і форма якого залежать від величини модуля. Щоб не мати на заводах надмірної кількості різучого інструменту, домовились для деякого кола, що називається ділильним, вибирати модулі із ряду раціональних чисел. Модулі зубців стандартизовані. У ГОСТ 9563 наведено значення модулів, починаючи від 0,05 до 100 мм, у вигляді двох рядів (основного та допоміжного). До цих значень можуть заокруглюватись модулі, що отримані при розрахунку.

Модуль є основною характеристикою зубчастих коліс. Через модуль виражають розміри зубчастих коліс, передач та зубонарізного інструменту.

Модуль – це крок на ділильному колі, поділений на π . Одиниця модуля – мм.

Стандартні модулі від 1 до 5 мм такі:

1-й ряд: 1 1,25 1,5 2 2,5 3 4 5

2-й ряд: 1,125 1,375 1,75 2,25 2,75 3,5 4,5 5,5

Радіальна відстань h між колами вершин та западин є висотою зуба; вона складається із двох частин: висоти головки h_a та висоти ніжки h_f . Тобто, $h = h_a + h_f$.

Визначимо розміри зубчастих коліс, у яких ділильні кола співпадають з початковими; такі колеса будемо називати нульовими. Ці розміри, як зазначалося, можуть бути завжди виражені у функції модуля. Наприклад, ділильний діаметр $d = mz$. Діаметр вершин

$$d_a = d_1 + 2h_a = mz_1 + 2m = m(z_1 + 2).$$

Діаметр западин

$$d_f = d_1 - 2h_f = mz_1 - 2,5m = m(z_1 - 2,5).$$

Тут враховано, що висота h_a головки зуба та висота h_f ніжки зуба переважно приймаються рівними $h_a = m$, $h_f = 1,25m$. Більший розмір ніжки у порівнянні з головкою забезпечує зазор між головкою зуба одного колеса та впадиною іншого. Відзначимо, що деколи застосовуються колеса з вкороченими зубцями, для яких $h_a = 0,8m$, $h_f = m$.

Міжосьова відстань a_w між центрами коліс O_1 та O_2 також може бути виражена через m

$$a_w = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5m(z_1 + z_2).$$

Лекція № 11 Використання бібліотек Компас

Модуль параметричних бібліотек – має конструкторську бібліотеку машинобудівних елементів, кріплення, редукторів, електродвигунів і ін.

Компас-SPRING – призначений для виконання проектних і перевірочних розрахунків циліндричних гвинтових пружин стиску і розтягання, тарілчастих, конічних і фасонних пружин, а також побудови їхніх креслень.

Компас-SHAFT Plus – призначений для побудови вала з наступною генерацією креслення і 3D-моделі.

Компас-GEARS – призначений для розрахунків механічних передач (геометричні розрахунки і розрахунки на міцність циліндричних і конічних зубчастих, ланцюгових, черв'ячних і пасових передач).

Використання бібліотек КОМПАС-3D значно скорочує та спрощує створення креслень використання бібліотек КОМПАС-3D, в яких містяться зображення стандартних деталей та типових елементів у параметричному вигляді.

1. Робота з бібліотекою

Робота з усіма бібліотеками КОМПАС-3D проводиться за допомогою спеціальної утиліти —



Менеджера бібліотек —

Для увімкнення та вимкнення вікна Менеджера бібліотек служить команда **Сервис — Менеджер бібліотек**.

Ви можете зафіксувати вікно **Менеджера** поряд із будь-якою межею **Головного окна** системи. Прийоми управління станом **Менеджера бібліотек** практично аналогічні до прийомів управління станом **Панелі свойств**.

Вікно менеджера бібліотек може містити декілька вкладок. На першій вкладці – **Бібліотеки КОМПАС** – відображається структура Менеджера: списки розділів та бібліотек.

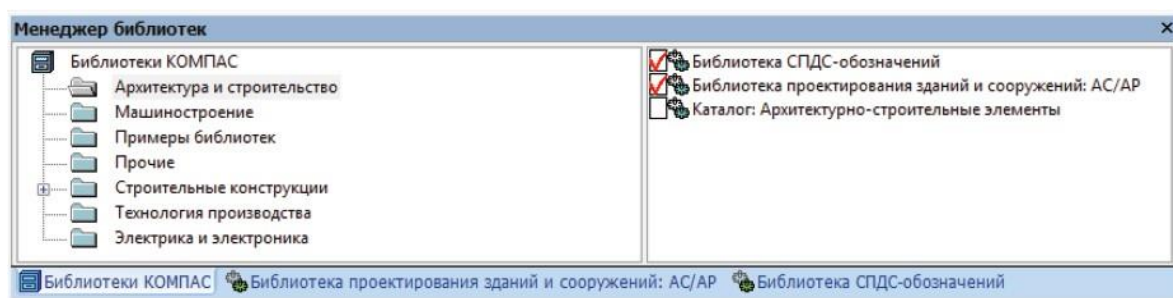


Рис. 1 – Менеджер бібліотек

У лівій частині діалогу відкритого вікна бібліотеки відображається список команд поточної бібліотеки, які можуть бути згруповані за розділами. Щоб розгорнути зміст будь-якого розділу, встановіть курсор на значку плюса поруч із заголовком розділу і клацніть лівою кнопкою миші. Повторне клацання на цьому символі (після розгортання розділу він відображається як мінус) призведе до згортання змісту розділу. У правій частині діалогу відображаються слайди, які полегшують пошук потрібної команди.

Для запуску бібліотечної команди на виконання виберіть її назву у списку та натисніть кнопку **ОК**. Можна також двічі клацнути лівою кнопкою миші на назві команди.

Якщо у розділі є підключені бібліотеки, його піктограма відображається сірим кольором, якщо ні — блакитним.

Зліва від назви кожної бібліотеки знаходиться піктограма, що характеризує тип бібліотеки:
— прикладна бібліотека

На решті вкладок Менеджера відображається вміст приєднаних на даний момент бібліотек фрагментів, моделей та прикладних бібліотек, що працюють у режимі панелі.

Підключені бібліотеки відмічені червоною галочкою.

Для роботи з Менеджером та з бібліотеками призначені команди контекстних меню вкладок.

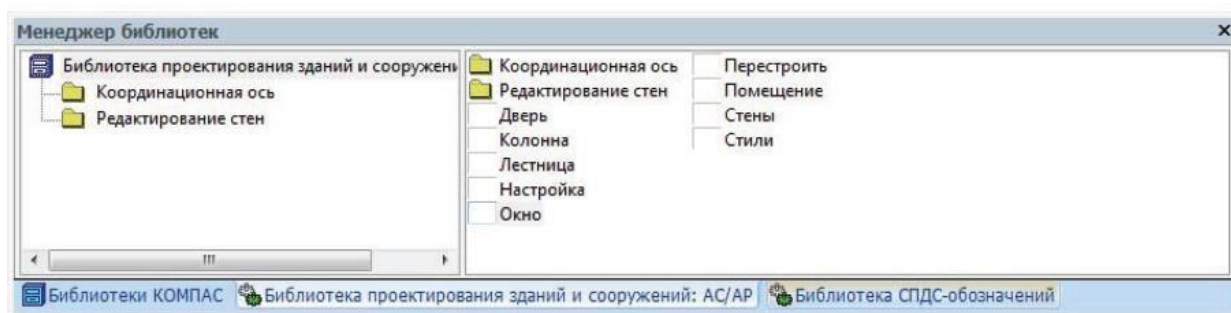


Рис. 2

Для керування Менеджером бібліотек призначені команди контекстного меню області перегляду розділів.

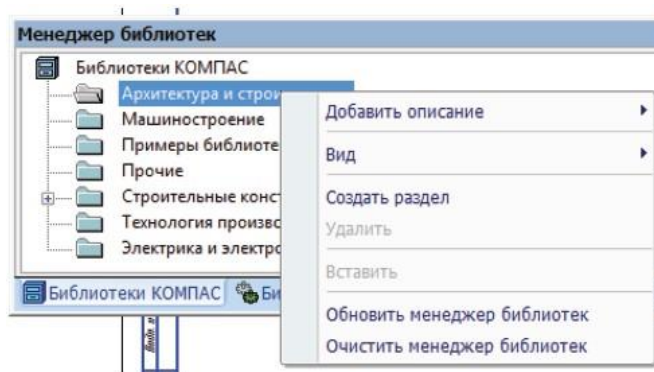


Рис. 3

Для керування бібліотеками призначені команди контекстного меню бібліотеки, виділеної у списку.

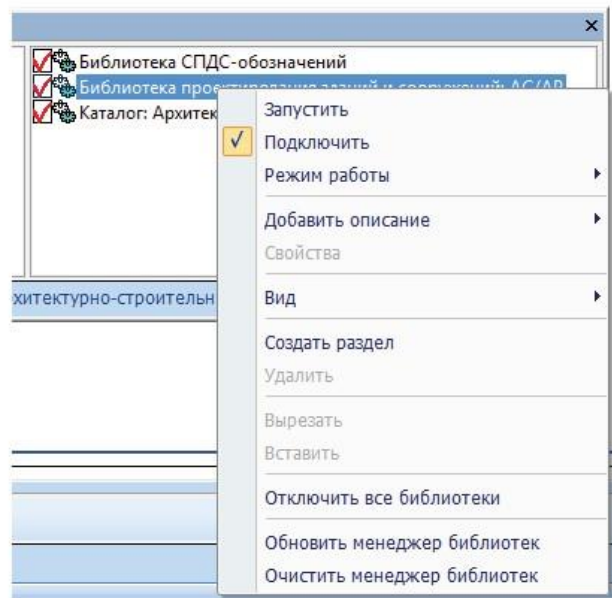


Рис. 4

Команда **Вид** контекстного меню призначена для налаштування зовнішнього вигляду панелі Менеджера бібліотек, конкретної бібліотеки або її елемента

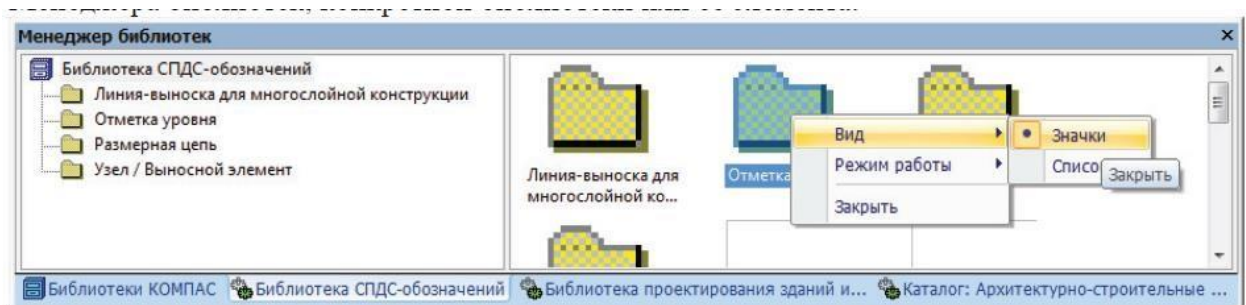


Рис. 5

При роботі в КОМПАС-3D можна зберігати створені зображення типових деталей у фрагментах, а потім вставляти їх у нові креслення. Якщо під час роботи часто виникає необхідність вставляти в креслення одні й самі фрагменти, зручно користуватися **бібліотеками фрагментів**.

У бібліотеках можна впорядковано зберігати різні типові фрагменти із довільними коментарями до них. Використання бібліотек фрагментів спрощує пошук та вставку в документ готових зображень.

Кожна бібліотека фрагментів відображається на окремій вкладці **Менеджера бібліотек**.

Для налаштування зовнішнього вигляду вкладки служить команда **Вид** з контекстного меню.

Щоб вставити фрагмент із бібліотеки у поточний графічний документ, виконайте наступні дії:

1. Перейдіть до списку, який потрібно вставити, і викличте в контекстному меню команду **Вставити фрагмент в документ**.

Можна також двічі клацнути мишею на ім'я потрібного фрагмента. Система перейде у режим вставки фрагмента. На **Панелі свойств** з'являться елементи керування вставкою.

2. Налаштуйте параметри вставки на **Панелі свойств** та вкажіть базову точку фрагмента.

3. Виконайте необхідну кількість вставок та натисніть .

2. Використання конструкторської бібліотеки на прикладі Болтового з'єднання

Розглянемо варіант використання конструкторської бібліотеки з прикладу створення фрагмента завдання «Болтовое соединение».

1. Створити документ – креслення, встановити формат аркуша А3, орієнтація – горизонтальна.

2. Викликати менеджера бібліотек. Розкрити розділ «**Машиностроение**», включити опцію «**Конструкторская библиотека**» і активізувати вкладку конструкторської бібліотеки, що з'явилася на панелі.

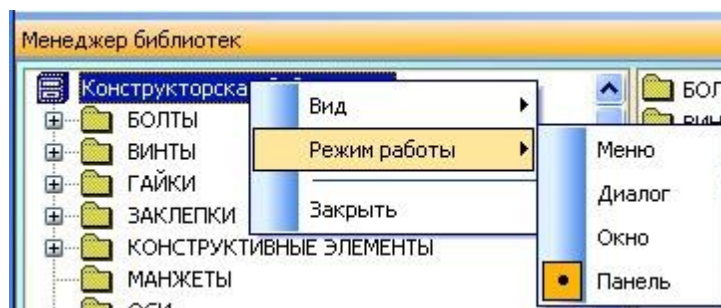


Рис. 6 – Підключення конструкторської бібліотеки

3. У списку елементів бібліотеки вибрати «**Крепежный элемент**» і двічі клацнути на його назву.

4. У діалоговому вікні кріпильного елемента (рис. 7) встановити діаметр різьблення, товщину деталей, що скріплюються, і вибрати вид зображення. Включити опцію «**Отверстие**» та «**Автоподбор**».

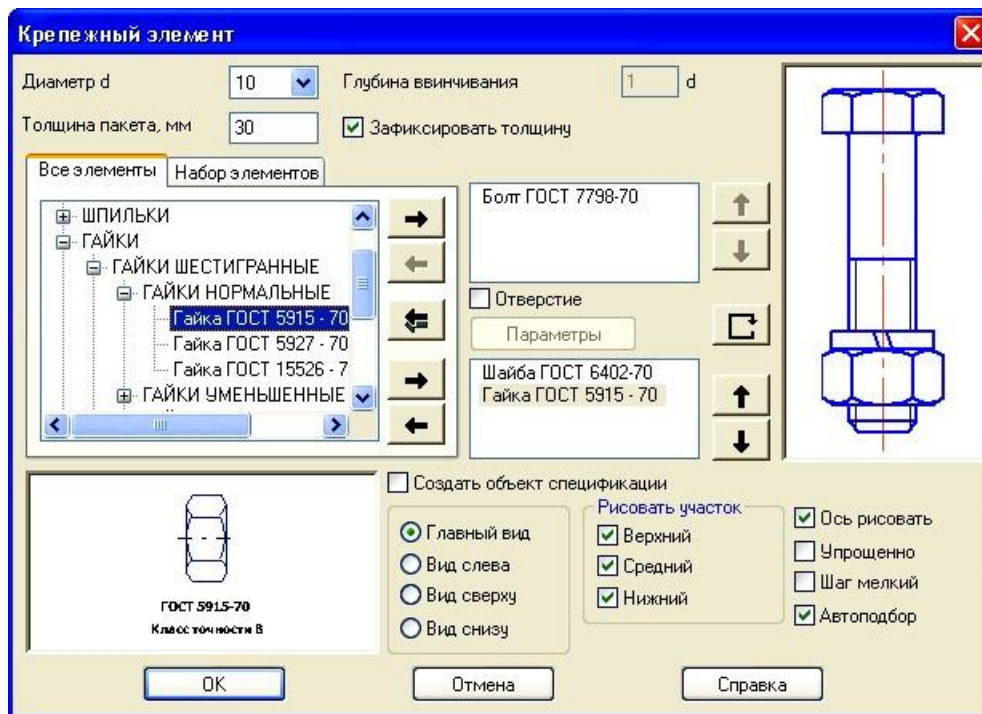


Рис. 7 – Діалогове вікно елемента кріплення

Якщо необхідно змінити параметри будь-якої кріпильної деталі, додати або видалити деталі, то в лівому діалоговому вікні розкрити список елементів, вибрати потрібний і кнопками «Добавить» або «Удалить» зробити редагування. Натиснути кнопку «ОК».

5. На екрані з'явиться фантом кріпильного елемента та діалогове вікно «Крепежный элемент» (рис. 8).



Рис. 8 – Діалогове вікно «Крепежный элемент»

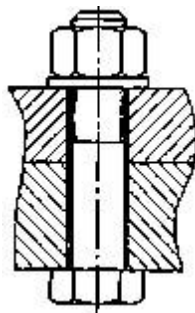


Рис. 9 – Фрагмент з'єднання болтом

За допомогою прив'язки встановити елемент на кресленні. Щоб змінити режим прив'язки, двічі клацніть за назвою команди прив'язки.

6. Активізувати панель «Геометрия» та завершити створення фрагмента, як показано на рисунку 9.

Лекція № 12 Моделювання зборок

49 1 Основні поняття КОМПАС-3D для тримірної моделі зборки

- **Зборка** - тримірна модель, яка об'єднує моделі деталей, підборок та стандартних виробів, а також містить інформацію про їх взаємне положення та залежності між їх параметрами.
- **Компонент** - деталь, підзборка і стандартний виріб, що входять в склад зборки.
- **Підзборка** - зборка, що входить в склад поточної зборки як одне ціле.
- **Спряження** - параметричний зв'язок між компонентами зборки, що формується шляхом задання взаємного положення їх елементів (наприклад, паралельність граней чи ребер, співпадіння вершин і т.п.).

50 2. Порядок роботи при моделюванні зборки

Зборка в КОМПАС-3D складається з компонентів. При створенні зборки в неї послідовно додають моделі компонентів. Компоненти зберігаються в окремих файлах на диску, а у файлі зборки зберігаються тільки посилання на ці компоненти.

Користувач може вказати взаємне положення компонентів зборки, задавши параметричні зв'язки між їх гранями, ребрами чи вершинами (наприклад, збіг граней двох деталей чи співвісність втулки й отвору). У зборці можна також виконати формотворні операції, що імітують обробку виробу в зборі (наприклад, створити отвір, що проходить через усі компоненти зборки і відітнути частину зборки площиною).

51 Проектування "знизу вверх"

Якщо на диску існують всі компоненти, з яких складається зборка, то їх можна вставити в зборку, а потім назначити необхідні спряження. Такий спосіб проектування нагадує дії робітника при складанні механізму, що послідовно додає в зборку деталі і вузли та встановлює їх взаємне положення.

Спосіб, на перший погляд, дуже простий, але його використовують рідко і при проектуванні нескладних зборок, що містять невелику кількість деталей. Оскільки при проектуванні окремих деталей, що входять в майбутню зборку, потрібно точно представляти їх взаємне положення та топологію виробу в цілому, розраховувати та запам'ятовувати "спряжені" розміри (по яких деталі в зборці контактують - спрягаються). У випадку складного механізму розрахунки "спряжених" розмірів з використанням параметричних зв'язків є клопіткою, складною операцією.

52 Проектування "зверху вниз"

Цей спосіб передбачає, що компоненти виробу ще не існують. Їх потрібно моделювати безпосередньо в зборці. Перший компонент (наприклад, деталь) моделюється в звичайному порядку, а при моделюванні наступних компонентів вже використовуються існуючі. Наприклад, ескіз основи нової деталі створюється на грані існуючої деталі і повторює її контур, а траєкторією цього ескізу при виконанні кінематичної операції стає ребро іншої деталі. Параметричні зв'язки між деталями виникають безпосередньо в процесі побудови, отже, при редагуванні одних компонентів, інші автоматично перебудовуються. Окрім того, що виникають автоматичні асоціативні зв'язки, відбувається і автоматичне визначення більшості параметрів компонентів, що позбавляє від необхідності самостійно розраховувати та запам'ятовувати ці параметри. Тому проектуванню "зверху вниз" віддають перевагу в порівнянні з проектуванням "знизу вгору", так як він дозволяє автоматично визначати більшість параметрів і форму взаємозв'язаних компонентів та відразу створювати параметричні моделі виробу.

53 Змішаний спосіб проектування

На практиці найчастіше використовується змішаний спосіб проектування, що містить у собі прийоми проектування як "зверху вниз" та і "знизу вгору".

У зборку вставляються готові моделі компонентів, що визначають її параметри, а також моделі стандартних виробів. Наприклад, при проектуванні редуктора спочатку створюються моделі окремих деталей - зубчастих коліс, валів, а потім ці деталі вставляються в зборку і виконується їх компонування. Інші компоненти (наприклад, корпус, кришки та інші деталі, що оточують зубчасту пару та залежать від їхніх розмірів і положення) створюються "на місці" (проектують у зборці) з урахуванням положення та розмірів оточуючих компонентів.

3. Особливості інтерфейсу системи Компас-3D при моделюванні зборок

При роботі зі зборкою інтерфейс системи доповнюється новими можливостями, що дозволяють збирати твердотільні моделі деталей згідно їх функціонального призначення у складальні одиниці (виконувати зборку).

При роботі з тривимірним модулем змінює вигляд Панель керування та Інструментальна панель. Панель керування поповнюється двома кнопками з новими командами призначеними для роботи зі зборкою. Перша дозволяє редагувати компонент безпосередньо у вікні зборки, друга - виконувати зображення зборки в "рознесеному" вигляді (рис.1).

Інструментальна панель у режимі роботи зі зборкою містить шість сторінок. Основна сторінка призначена для проектування зборки. На ній зібрані команди, що дозволяють вставити в зборку модель з файлу, створити деталь та виконати деякі формотворні операції безпосередньо в режимі створення зборки, перемістити компонент, повернути компонент, повернути компонент навколо осі чи точки (рис. 2).

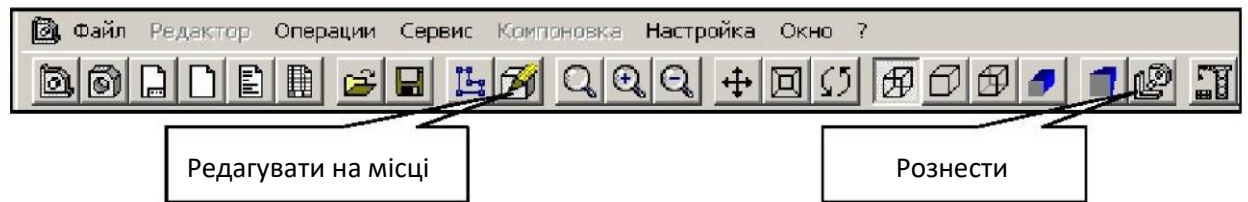


Рис. 1

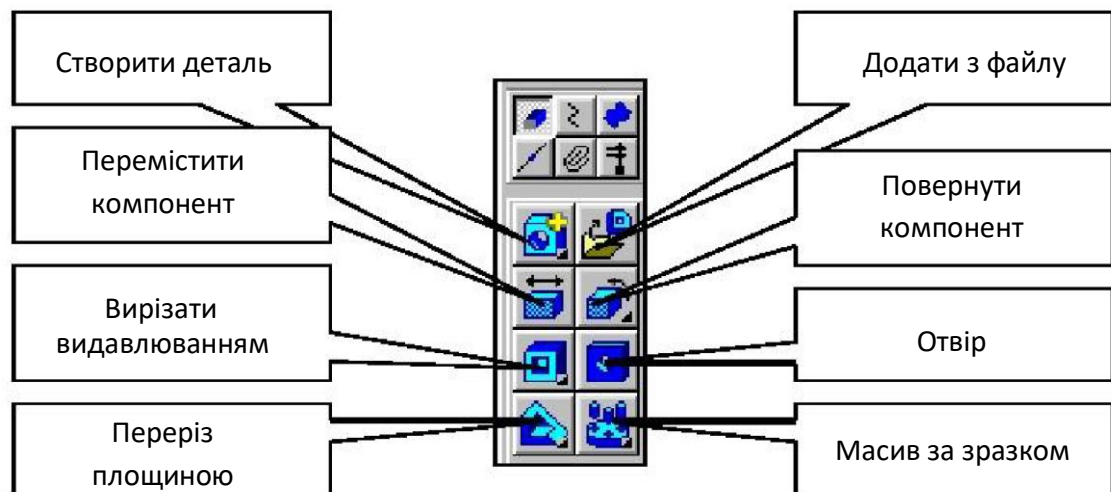


Рис. 2

При роботі зі збіркою виникає потреба зафіксувати компонент, щоб він не переміщався в системі координат зборки. Перший компонент, який вставляється в нову збірку з файлу, фіксується автоматично. Для фіксації інших компонентів виконують наступні дії:

- виділити компонент в Дереві побудови;
- викликати контекстне меню, а в ньому команду *Властивості компонента*;
- в діалоговому вікні включити опцію *Зафіксувати*;
- завершити роботу з діалоговим вікном, натиснувши кнопку *Ок*.

Справа від піктограми зафіксованого компонента в Дереві побудови з'явиться буква **Ф** в круглих дужках. Щоб відмінити фіксацію компонента, виконують аналогічні дії та виключають опцію *Зафіксувати* в процесі діалогу (рис. 3).

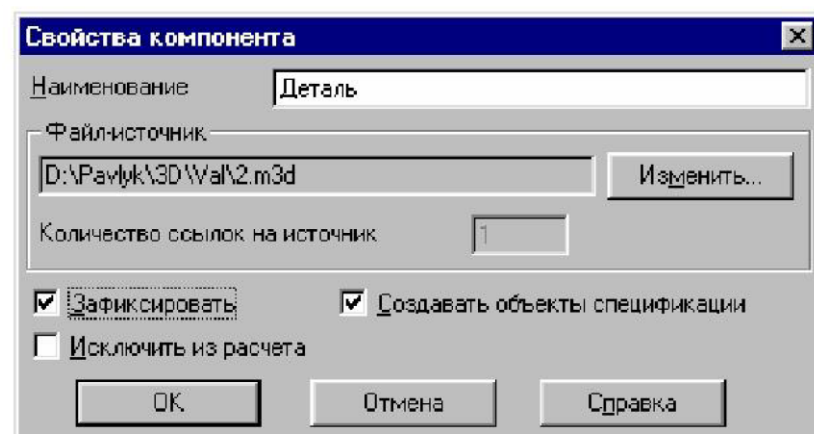


Рис. 3

Коли в зборці створені (чи додані з файлів) всі необхідні компоненти, можна приступати до створення зв'язків між ними (вказати потрібні спряження).

Спряження - це параметричний зв'язок між гранями, ребрами чи вершинами різних компонентів зборки. В КОМПАС-3D реалізовані такі спряження: співпадіння елементів; дотик елементів; співпадіння осей (співвісність) елементів; паралельність елементів; перпендикулярність елементів; розміщення елементів на заданій віддалі; розміщення елементів під заданим кутом.

Команди для накладання спряжень знаходяться в рядку головного меню в розділі **Операції**. Для швидкого виклику потрібних команд користуються сторінкою **Спряження** Інструментальної панелі системи. Після її активізації відкривається інструментальна панель усіх спряжень відображених відповідними піктограмами (рис. 4).

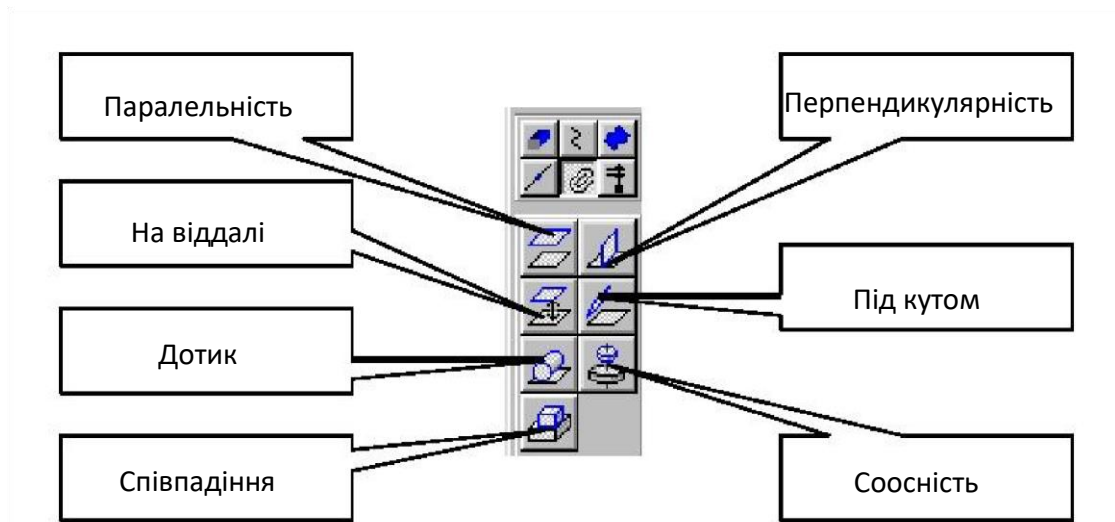


Рис. 4

4. Формотворні операції в зборці

При проектуванні зборки можна виконувати команди, які використовуються при моделюванні одиночної деталі - формотворні операції, що приводять до видалення матеріалу компонентів. В режимі роботи зі зборкою передбачені наступні операції:

- вирізання елемента видавлюванням;
- вирізання елемента обертанням;
- вирізання кінематичного елемента;
- вирізання елемента по перерізах;
- створення круглого отвору; • відсікти частину моделі площиною;
- відсікти частину моделі по ескізу.

Дії користувача при виконанні цих операцій аналогічні діям користувача при моделюванні однієї деталі. Слід звернути увагу на наступне: ескізи елементів, які будуть вирізані зі зборки, повинні будуватися в цій зборці.

5. Рознесення компонентів

При підготовці технічної документації часто виникає потреба наочно продемонструвати порядок збирання, розбирання чи технічного обслуговування виробу. Така можливість є особливо корисною при підготовці рекламних матеріалів на продукцію. КОМПАС-3D дозволяє легко виконати наглядне зображення в, так званому, "рознесеному" вигляді. На рис. 5 зображений гідроциліндр в зібраному та в "рознесеному" вигляді.

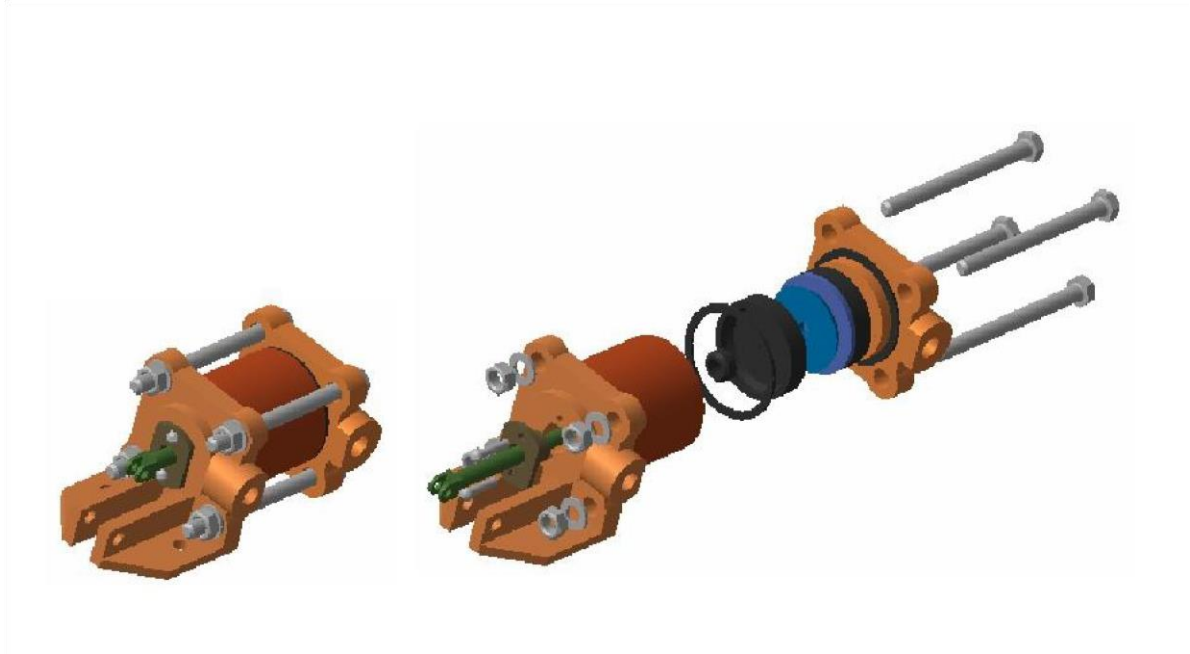


Рис. 5

Процес рознесення виконується командою **Рознести**, що знаходиться на Панелі керування. Але, щоб команда стала доступною, спочатку вказуємо параметри рознесення: компоненти для рознесення, напрямок і величину їх переміщення. Щоб вказати потрібні значення параметрів рознесення необхідно в рядку головного меню викликати сторінку **Компановка** вибрати команду **Рознести компоненти - Параметри**. На екрані з'явиться діалогове вікно **Параметри рознесення компонентів** (рис.6). В полі **Список кроків** відображаються кроки рознесення компонентів. Якщо настройку параметрів рознесення поточної зборки не виконували раніше - поле пусте. Для внесення кроків натискаємо кнопку **Додати**, вказуємо компоненти для рознесення та параметри операції. Для внесення компонентів включаємо опцію **Компоненти** та вибираємо потрібні об'єкти в **Дереві побудови** або в активному вікні системи. Залишається вказати напрямок і задати величину переміщення. Опція **Напрямок** та поле **Віддаль** стають доступними, якщо вказаний елемент моделі (поверхня чи ребро) відносно якого треба виконувати переміщення.

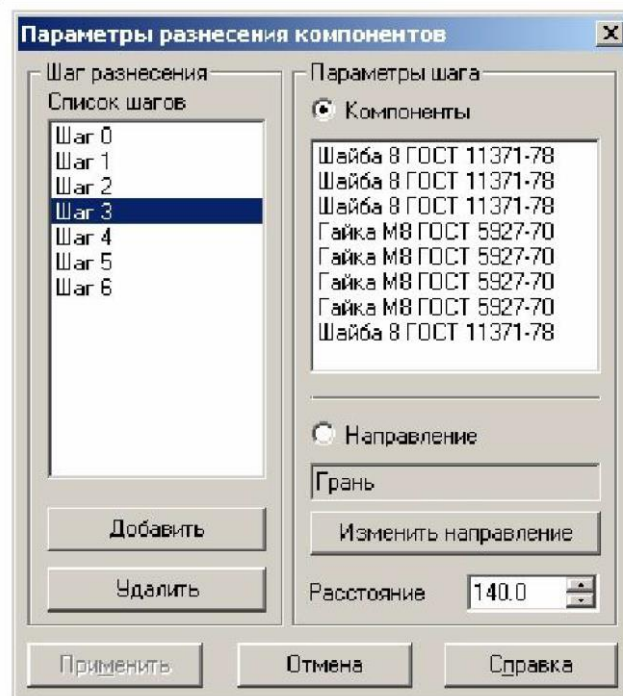


Рис. 6

Аналогічно можна задати довільну кількість кроків рознесення та настроїти їх параметри. Щоб завершити роботу з командою **Рознести компоненти - Параметри** треба закрити діалогове вікно. Модель зборки в активному вікні відобразиться в рознесеному виді. Команда **Рознести** стає доступною на Панелі керування і служить перемикачем між режимом рознесення та звичайним відображенням зборки. Крім того, виключити/включити режим відображення зборки в рознесеному вигляді можна в рядку головного меню: **Компановка - Рознести компоненти - Параметри** та зняти/поставити галочку поряд з назвою команди.

Лекція № 13 Класифікація схем. Особливості оформлення схем

Принципова гідравлічна схема — це технічний документ, інформація якого представлена у вигляді умовних графічних зображень чи позначень про будову виробу, його складові частини та взаємозв'язки між ними.

Гідравлічні та пневматичні схеми в залежності від основного призначення діляться на наступні типи:

□

стру

ктурні; □

при

нципові; □

з'єд

нань.

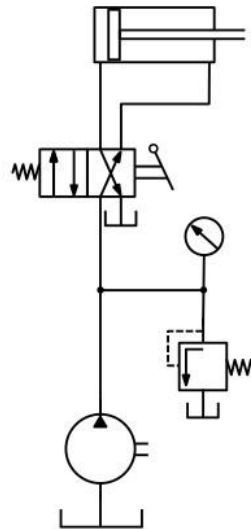


Рис.1 Принципова гідралічна схема гідроприводу (код ГЗ)

54 Структурні гідралічні (пневматичні) схеми

Елементи і пристрої зображують на структурній схемі у вигляді прямокутників, усередині яких вписані найменування їх функціональної частини. Згідно ГОСТу 2.721-68 всі елементи зв'язані між собою лініями взаємозв'язку (суцільні основні лінії), якими прийнято вказувати напрям потоків робочого середовища. Графічна побудова схеми надає якомога наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у виробі. В разі наявності на схемі великого числа функціональних частин допускається замість найменувань, типів і позначень проставляти порядкові номери справа від зображення або над ним (як правило, зверху вниз в напрямку зліва направо). Найменування, типи і позначення зрештою вказують у таблиці, яка розміщується на полі схеми. Цей вид схем позначається у шифрі основного напису символами Г1 (П1 - для пневматичних).

55 Принципові гідралічні (пневматичні) схеми

Принципова схема містить всі гідралічні (пневматичні) елементи або пристрої необхідні для того, щоб здійснювати і контролювати у виробі задані гідралічні (пневматичні) процеси, і всі гідралічні (пневматичні) зв'язки між ними. В такому випадку використовують графічні умовні позначки:

- для гідроаккумуляторів, кондиціонерів, баків та інших елементів мереж згідно ГОСТу 2.780-68;
- для апаратури керування згідно ГОСТу 2.781-96;
- для насосів та двигунів згідно ГОСТу 2.782-96;
- для пневмо-гідрокомунікацій (гідроліній) згідно ГОСТу 2.784-96.

Зауважимо, що елемент повинен мати свою позиційну позначку, яка складається з літерного позначення і порядкового номера. Літерне позначення – це скорочене найменування елемента, складене з його початкових або характерних букв, наприклад: клапан — К, дросель — ДР. Порядкові номери елементів (пристроїв) слід присвоювати, починаючи з одиниці, в межах групи елементів (пристроїв), яким на схемі присвоєно однакову літерну позиційну позначку, наприклад: Р1, Р2, Р3 і т.д., К1, К2, К3 і т.д.

Літерні позиційні позначення основних елементів виглядають так:

- Пристрій (загальна позначка) — А
- Гідроаккумулятор (пневмоаккумулятор) — АК
- Апарат теплообмінний — АТ
- Гідробак — Б
- Вологовіддільник — ВД
- Вентиль — ВН
- Гідровитискувач — ВТ
- Пневмоглушник — Г
- Гідродвигун (пневмодвигун) поворотний — Д
- Подільник потоку — ДП
- Гідродросьель (пневмодросьель) — ДР
- Гідрозамок (пневмозамок) — ЗМ
- Гідроклапан (пневмоклапан) — К
- Гідроклапан (пневмоклапан) витримки часу — КВ
- Гідроклапан (пневмоклапан) тиску — КД
- Гідроклапан (пневмоклапан) зворотний — КО
- Гідроклапан (пневмоклапан) запобіжний — КП
- Гідроклапан (пневмоклапан) редукційний — КР
- Компресор — КМ
- Гідромотор (пневмомотор) — М □ Манометр — МН
- Гідродинамічна передача — МП
- Маслорозпилювач — МР
- Олив'ярка — МС
- Гідродинамічна муфта — МФ
- Насос — Н
- Насос аксіально-поршневий — НА
- Насос-мотор — НМ

- Насос пластинчастий — НП
- Насос радіально-поршневий — НР

- Пневмогідроперетворювач — ПГ

- Гідроперетворювач — ПР

- Гідророзподільник — Р

- Реле тиску — РД
- Гідроапарат (пневмоапарат) золотниковий — РЗ
- Гідроапарат (пневмоапарат) клапанний — РК
- Регулятор потоку — РП

- Ресивер — РС

- Сепаратор — С

- Суматор потоків — СП

- Термометр — Т

- Гіродинамічний трансформатор — ТР

- Пристрій випуску повітря — УВ

- Гідропідсилювач — УС

- Фільтр — Ф

- Гідроциліндр (пневмоциліндр) — Ц

Всі елементи, які входять до складу виробу і зображені на схемі, мають бути однозначно визначені на принциповій схемі. Дані про елементи обов'язково заносять в перелік елементів. Зв'язок переліку з умовними графічними позначеннями елементів повинен здійснюватися через позиційні позначки. Перелік елементів розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документу. Ці схеми позначаються у шифрі основного напису символами ГЗ (ПЗ').

Елементи у схемі обов'язково нумерують. Номери розташовують по порядку, починаючи з одиниці, у напрямку потоку рідини або повітря. Приклад нумерації показаний на рис.2.

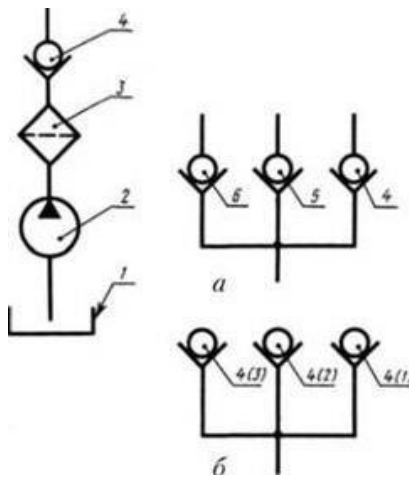


Рис.2 Нумерація елементів в принциповій схемі

56 Схеми з'єднань

На схемах з'єднань, крім усіх гідравлічних і пневматичних елементів, показують також трубопроводи та елементи їх з'єднань. При цьому, з'єднання трубопроводів показують у вигляді спрощених зовнішніх обрисів, а самі трубопроводи — суцільними основними лініями.

Схема з'єднання (монтажна) - це схема, що показує з'єднання частин виробу (установки) і визначає трубопроводи, якими здійснюються ці сполучення, а також місця їх приєднання і введення. Деякі умовні графічні позначення для принципових схем наведено в табл.1.

Слід зауважити, що розташування графічних позначень елементів і пристроїв на схемі повинно приблизно відповідати дійсному розміщенню елементів і пристроїв у виробі. На схемі допускається не відображати розташування елементів і пристроїв у виробі, якщо її виконують на декількох аркушах або розміщення елементів і пристроїв на місці експлуатації невідоме.

Біля графічних позначень елементів і пристроїв вказують позиційні позначки, присвоєні їм на принциповій схемі. Біля або всередині графічного позначення пристрою і близько графічного позначення елемента допускається вказувати його найменування та тип і (або) позначення документа, на підставі якого пристрій застосовано, номінальні значення основних параметрів (тиск, подача, витрата і т.п.).

Ці схеми позначаються у шифрі основного напису символами Г4 (П4).

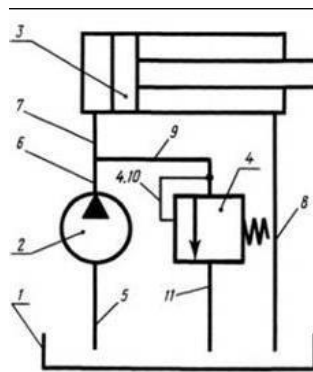


Рис.3 Нумерації ліній зв'язку

57 Умовні позначення на гідравлічних схемах

При читанні принципових схем користуються умовними графічними позначеннями, наведеними в таблиці у відповідних стандартах.

Умовне позначення	Назва	Умовне позначення	Назва
Лінії зв'язку (трубопроводи)		Регулюючий орган	
	- всмоктування, напору, зливу		- нормально закритий
	- управління		- нормально відкритий
	- дренажні	Клапани	
	З'єднання ліній зв'язку		- запобіжний з власним управлінням (прямої дії)
	Перехрещування лінії зв'язку		- диференційний (що підтримує тиск $p_1 - p_2 = \text{const}$)
	Трубопровід гнучкий	Гідроциліндри двосторонньої дії	
	Підвід рідини		- з одностороннім штоком
	Злив рідини		- з двостороннім штоком
	Гідробак		- з диференційним поршнем
	Фільтр		- плунжерний односторонньої дії
Насоси		Розподілювачі	
	з постійним потоком		- чотирьохлінійний двопозиційний
	- регульовані		- чотирьохлінійний трьох- позиційний
Гідродвигуни		Типи управління розподілювачем	
	- з постійним напрямком потоку		- ручне
	- регульовані		- від кулачка
	Гідроклапан зворотній		- пружиною
	Кран		- від рукоятки з фіксатором
Дроселі			- від електромагніта
	- нерегульований		- гідравлічне
	- регульований		- електрогідравлічне
	Гідропідсилювач		Камера мембранна двосторонньої дії

Разом з тим, на принципових схемах допускається поряд з умовними графічними позначеннями зображати елементи та пристрої у вигляді схематичних розрізів. Такий розріз міститься на схемі, що представлена на рис.4. Також тут наведений приклад принципової схеми, яка виконана відповідно до вищевказаних вимог.

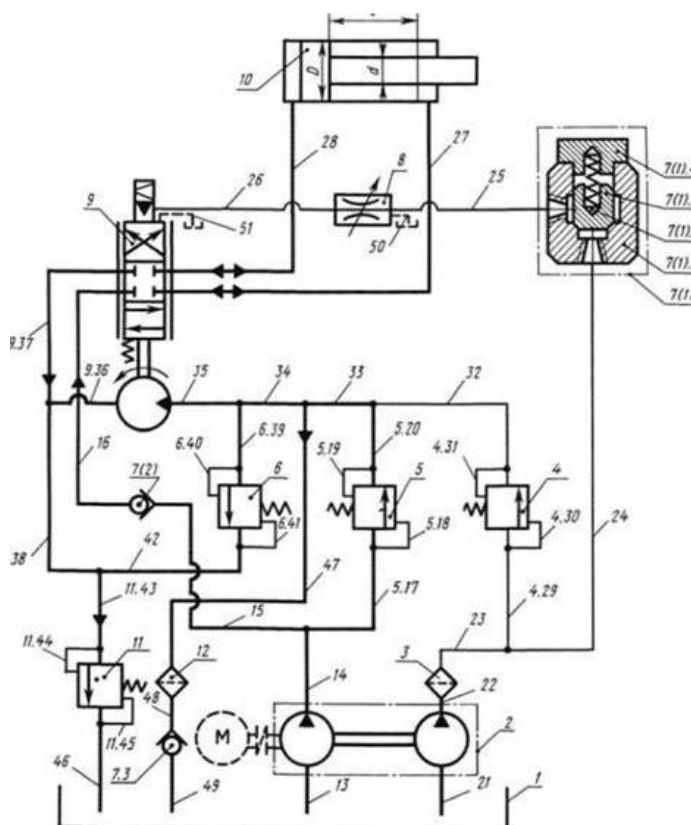


Рис.4

Лекція № 14 Виведення на друк моделей та креслень

58 Імпорт і експорт графічних документів

Обмін графічними документами між КОМПАС-3D та іншими системами можливий через формати, наведені в таблиці. Числа в колонках "Імпорт" та "Експорт" таблиці означають номер версії формату, причому імпортування можливе як зазначеної, так і всіх попередніх версій формату, а експорт виробляється лише у вказану версію (версії) формату.

Формати обміну графікою

Формат	Імпорт	Експорт
IGES (*.igs)	5.3	5.3
AutoCAD DXF (*.dxf), AutoCAD DWG (*.dwg)	2013	2000, 2004, 2007, 2010, 2013 (версію вибирає користувач при налаштуванні експорту)

Крім того, можливе читання текстових документів форматів txt та rtf. Запис графічних та текстових документів КОМПАС-3D V17 можливий також у:

▼ формати попередніх версій КОМПАС-3D: КОМПАС 5.11 R03, КОМПАС-3D V15.1 та КОМПАС-3D V16.1,

▼ растрові формати (GIF, JPEG та ін.),

▼Формат Enhanced Metafile (*.emf),

▼Portable Document Format (*.pdf)

▼Формат txt (тільки для текстових документів).

В результаті експорту формується документ вибраного формату, що зберігає візуальну ідентичність вихідного. Однак структура та внутрішні зв'язки об'єктів документа системи КОМПАС-3D та аналогічних об'єктів у новому форматі можуть відрізнятися. Як приклад таких об'єктів можна навести елементи оформлення креслення: розміри, лінії-виноски тощо. У разі редагування отриманого документа зовнішній вигляд подібних об'єктів може змінитися таким чином, що вони втратить ідентичність об'єктів вихідного документа. Аналогічні зміни об'єктів можуть відбутися при багаторазовому конвертуванні документа із формату системи КОМПАС в інший формат та назад.

59 Імпорт

Щоб прочитати документ будь-якого з імпортованих форматів, виконайте такі дії.

1. Викличте команду *Файл — Открыть...*
2. У списку *Тип файлов:* діалогу, що з'явився, виберіть потрібний формат і вкажіть ім'я файлу.
3. Натисніть кнопку *Открыть*. Вибраний документ буде імпортовано до КОМПАС-3D і завантажено для редагування.

Імпорт графічних документів із файлів деяких форматів має особливості.

При імпорті документа з файлу формату DXF або DWG після вибору зі списку *Тип файлов:* рядки AutoCAD DXF (*.dxf) або AutoCAD DWG (*.dwg) у діалозі відкриття файлу з'являються такі елементи керування.

▼Опції *Читать в графический документ* і *Читать в модель*, що дозволяють вказати тип документа, що відкривається. Щоб прочитати креслення, записані у файлі формату DXF або DWG, увімкніть опцію *Читать в графический документ*.

▼Стрілка в правій частині кнопки *Открыть*, яка дозволяє розгорнути меню цієї кнопки, що складається з команд *Открыть* та *Открыть с параметрами...* Щоб викликати діалог налаштування імпорту, виберіть команду *Открыть с параметрами...* Задавши параметри імпорту, натисніть у діалоговому вікні кнопку *Начать чтение*.

▼Стрелка в правой части кнопки Открыть, которая позволяет развернуть меню этой кнопки, состоящее из команд Открыть и Открыть с параметрами... Чтобы вызвать диалог настройки импорта, выберите команду Открыть с параметрами... Задав параметры импорта, нажмите в настроенном диалоге кнопку Начать чтение.

60 Експорт

Щоб записувати КОМПАС-документ в інший формат, виконайте такі дії.

1. Викличте команду *Файл — Сохранить как...*

Після виклику команди на екрані з'явиться діалог запису файлу. Залежно від типу поточного документа, список *Тип файла* цього діалогу містить різні назви форматів, доступних для запису.

2. Виберіть потрібний формат та натисніть кнопку *Сохранить*.

При виборі у списку *Тип файла*: рядки AutoCAD DXF (*.dxf) та AutoCAD DWG (*.dwg) у діалозі з'являється кнопка *Параметры*. Вона викликає діалог налаштування запису документа у вибраний формат. Завершивши налаштування, закрийте діалог кнопкою *OK*, а потім натисніть кнопку *Сохранить* діалога збереження файлів. Документ буде записаний у файл вибраного формату.

Документ, збережений в іншому форматі, доцільно використовувати для перегляду та виведення на друк. В результаті експорту формується документ вибраного формату, що зберігає візуальну ідентичність вихідного. Однак структура та внутрішні зв'язки об'єктів документа системи КОМПАС-3D та аналогічних об'єктів у новому форматі можуть відрізнятися. Як приклад таких об'єктів можна навести елементи оформлення креслення AutoCad. У разі редагування отриманого документа зовнішній вигляд подібних об'єктів може змінитися таким чином, що вони втратять ідентичність об'єктів вихідного документа.

61 Імпорт та експорт моделей

Обмін тривимірними моделями між КОМПАС-3D та іншими системами можливий через формати, представлені в таблиці. Числа в стовпчиках «Імпорт» та «Експорт» таблиці означають номер версії формату, причому імпорт можливий як зазначеної, так і всіх попередніх версій формату, а експорт виробляється лише у зазначену версію формату.

Формати обміну тривимірними моделями

Формат	Імпорт	Експорт
IGES (*.igs)	5.3	5.3
ACIS (*.sat)	22.0	2.0
Parasolid (*.x_t, *.x_b, *.xmt_txt, *.xmt_bin, *.xmp_txt, *.xmp_bin)	27.0	27.0 (експорт можливий у файли типу *.x_t и *.x_b)
STEP (*.stp, *.step)	AP203, AP214, AP424	AP203, AP214, AP242
STL (*.stl)	формат не має версійності	формат не має версійності
JT (*.jt)	9.5	9.5
AutoCAD DXF (*.dxf), AutoCAD DWG (*.dwg)	2007	експорт не проводиться

Запис моделей КОМПАС-3D V17 можливий також у:

▼формати попередніх версій КОМПАС-3D: КОМПАС 5.11 R03, КОМПАС-3D V15.1 та КОМПАС-3D V16.1,

▼растрові формати (GIF, JPEG, Enhanced Windows Metafile та ін.),

▼формат для перегляду VRML (*.wrl); версія формату - 2.0,

▼формат математичного ядра C3D (*.c3d), ▼

Portable Document Format (*.pdf).

62 Імпорт

Для чтения документа какого-либо из импортируемых форматов выполните следующие действия.

1. Викличте команду *Файл — Открыть...*
2. У списку *Тип файлов:* діалогу, що з'явився, виберіть потрібний формат і вкажіть ім'я файлу.
3. Якщо вибрано формат DXF або DWG, то у правій частині діалогу з'являються опції *Читать в графический документ* та *Читать в модель*. Вони дозволяють вказати тип документа, що відкривається. Для читання моделі увімкніть опцію *Читать в модель*.
4. Для деяких форматів у правій частині кнопки *Открыть* з'являється стрілка, яка дозволяє розгорнути меню цієї кнопки. Це меню складається з команд *Открыть* та *Открыть с параметрами...*

▼Команда *Открыть* дозволяє імпортувати модель без зміни параметрів імпорту (виклик цієї команди рівносильний натисканню кнопки *Открыть*).

▼Команда *Открыть с параметрами...* дозволяє налаштувати параметри імпорту моделі. Після виклику цієї команди на екрані з'являється діалог налаштування параметрів імпорту. Виконайте необхідні налаштування та натисніть кнопку *ОК* діалогу або кнопку *Начать чтение* (для формату DXF або DWG).

Вибраний документ буде імпортовано до КОМПАС-3D і завантажено для редагування.

Результатом імпорту деталі є один файл – деталь КОМПАС-3D, яка відображається у поточному вікні.

Результатом імпорту збірки є кілька файлів:

▼Основна збірка;

▼компоненти основної збірки: підзбірки та деталі.

63 Експорт

Для записи КОМПАС-модели в другой формат выполните следующие действия.

1. Викличте команду *Файл — Сохранить как....*

Після виклику команди на екрані з'явиться діалог запису файлу. Залежно від типу поточного документа, список *Тип файлов:* цей діалог містить різні назви форматів, доступних для запису.

2. Виберіть потрібний формат та натисніть кнопку *Сохранить*.

Експорт моделі у формати IGES, STEP AP203/STEP AP214/STEP AP242, JT, STL та VRML має таку особливість.

Після вибору зі списку *Тип файла* рядка з будь-яким із цих форматів у правій частині кнопки *Сохранить* з'являється стрілка, яка дозволяє розгорнути меню цієї кнопки. Це меню складається з команд *Сохранить* та *Сохранить с параметрами....* Щоб експортувати модель без додаткового налаштування експорту, виберіть команду *Сохранить*. Модель буде експортовано до вибраного формату із стандартними параметрами експорту.

Команда *Сохранить с параметрами...* дозволяє налаштувати параметри експорту моделі. Після виклику цієї команди на екрані з'являється діалогове вікно налаштування параметрів експорту. Виконавши необхідні налаштування, натисніть кнопку *Экспортировать*.

Приховані тіла та компоненти у формат STL не записуються, у формат STEP і JT записуються чи ні залежно від настройки, інші формати записуються, причому як видимі, тобто. ознака «приховати» не передається.

Виключені з розрахунку тіла та компоненти не записуються в цільовий формат, тобто вважаються видаленими з моделі.

Тип результуючих об'єктів

▼Тіла, поверхні та точки передаються без зміни типу об'єкта.

▼Криві передаються таким чином:

▼Відрізки, дуги, ламані та сплайни передаються без зміни типу об'єкта,

▼криві за законом, ізопараметричні криві, спіралі (циліндричні та конічні), криві округлення та з'єднання кривих перетворюються на сплайни,

▼еквідистанти перетворюються на криві, аналогічні базовим, наприклад, якщо базовою кривою є відрізок, то еквідистанта перетворюється на відрізок, якщо дуга — на дугу, якщо криволінійний сегмент кривої — на сплайн.

▼Розміри передаються у вигляді набору просторових кривих та текстів.

64 Інші

особливості ▼

ParaSolid XT

При експорті файлів використовується стандартний файл-схема (schema file) №10004.

▼ParaSolid

У підсумковий файл записуються лише тіла, що є у моделі КОМПАС-3D.

▼STEP

У підсумковий файл записується така інформація:

▼позначення та найменування виробу та його складових частин,

▼опис виробу (коментар, який задається у діалозі інформації про документ),

▼автор.

65 Збереження у растровий формат та PDF

Щоб записати документ у растровий файл або PDF, виконайте такі дії.

1. Викличте команду *Файл — Сохранить как...*

2. У діалозі задайте тип і ім'я файлу. Щоб зберегти документ, натисніть кнопку *Сохранить*.

Параметри запису можна налаштувати у спеціальному діалозі.

Після запису документа в растровий формат діалог налаштування параметрів запису автоматично з'являється на екрані після натискання кнопки *Сохранить* у діалозі вибору файлу. Під час запису документа у формат PDF діалог викликається натисканням кнопки Параметри у діалозі вибору файла.

Набори елементів керування настроювальних діалогів різняться залежно від типу документа, що зберігається. Виконайте в діалозі необхідне налаштування та натисніть кнопку ОК.

Особливості запису документів у растровий формат та PDF.

1. Збереження в растровий формат і PDF підпорядковується налаштуванню фільтрів виведення на друк, тобто отримане растрове зображення міститиме лише об'єкти вихідного документа, друк яких увімкнено.
2. Під час експорту документа до PDF-файлу передаються значення властивостей Позначення, Найменування, Матеріал, Маса, Автор.
3. При експорті моделі у формат PDF передаються тіла та поверхні.

66 Чертеж, фрагмент, модель

На рис. 1 представлені діалоги налаштування параметрів запису креслення, фрагмента або моделі в растровий формат та PDF (для графічних документів).

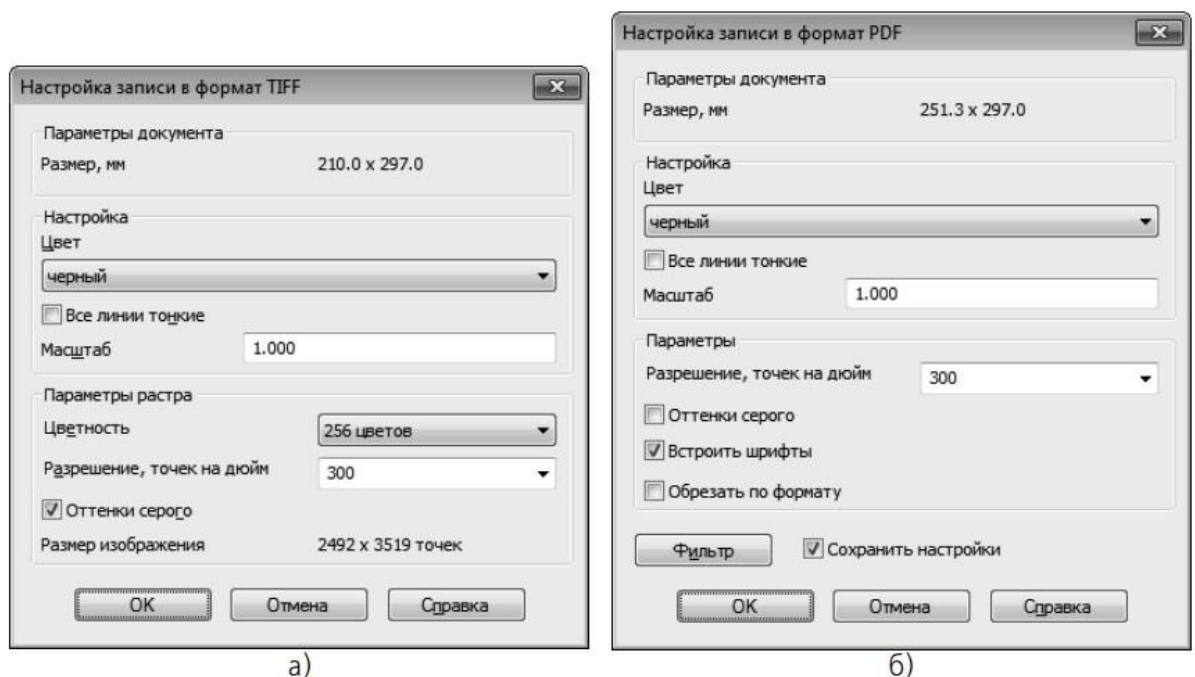


Рисунок 1 – Діалог налаштування запису креслення або фрагмента:

а) у растровий формат; б) у формат PDF

На рис.2 наведено діалог налаштування параметрів запису моделі у формат PDF.

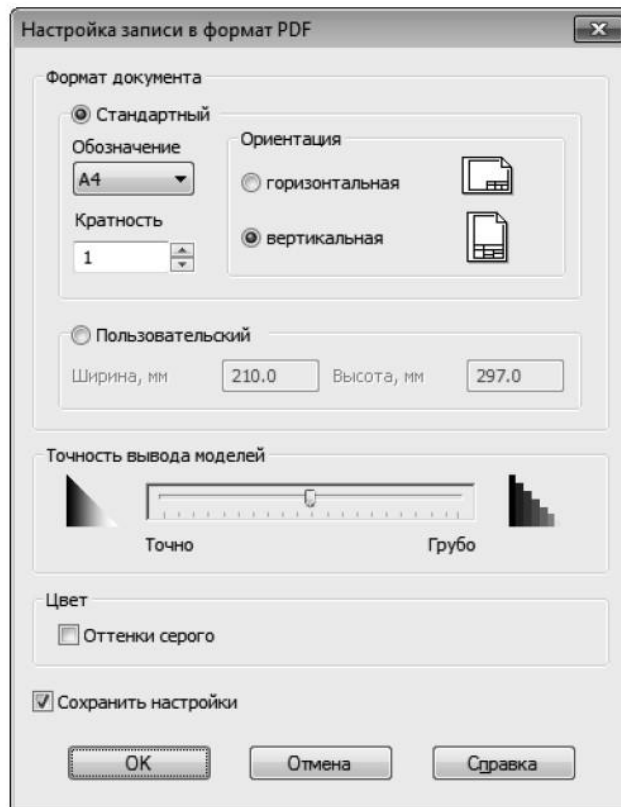


Рисунок 2 – Діалог налаштування параметрів запису моделі у формат PDF

Якщо в збірці задані параметри рознесення компонентів, вони передаються у формат PDF. Під час перегляду такого файлу в Adobe Reader керування рознесенням здійснюється за допомогою елемента для перегляду анімації на панелі інструментів 3D.

67 Багатолисто́ве креслення

Діалоги налаштування параметрів запису багатолистового креслення в растровий файл і PDF наведені на рис. 3. Основна відмінність цих діалогів від діалогів налаштування запису креслення - наявність групи *Диапазон*.

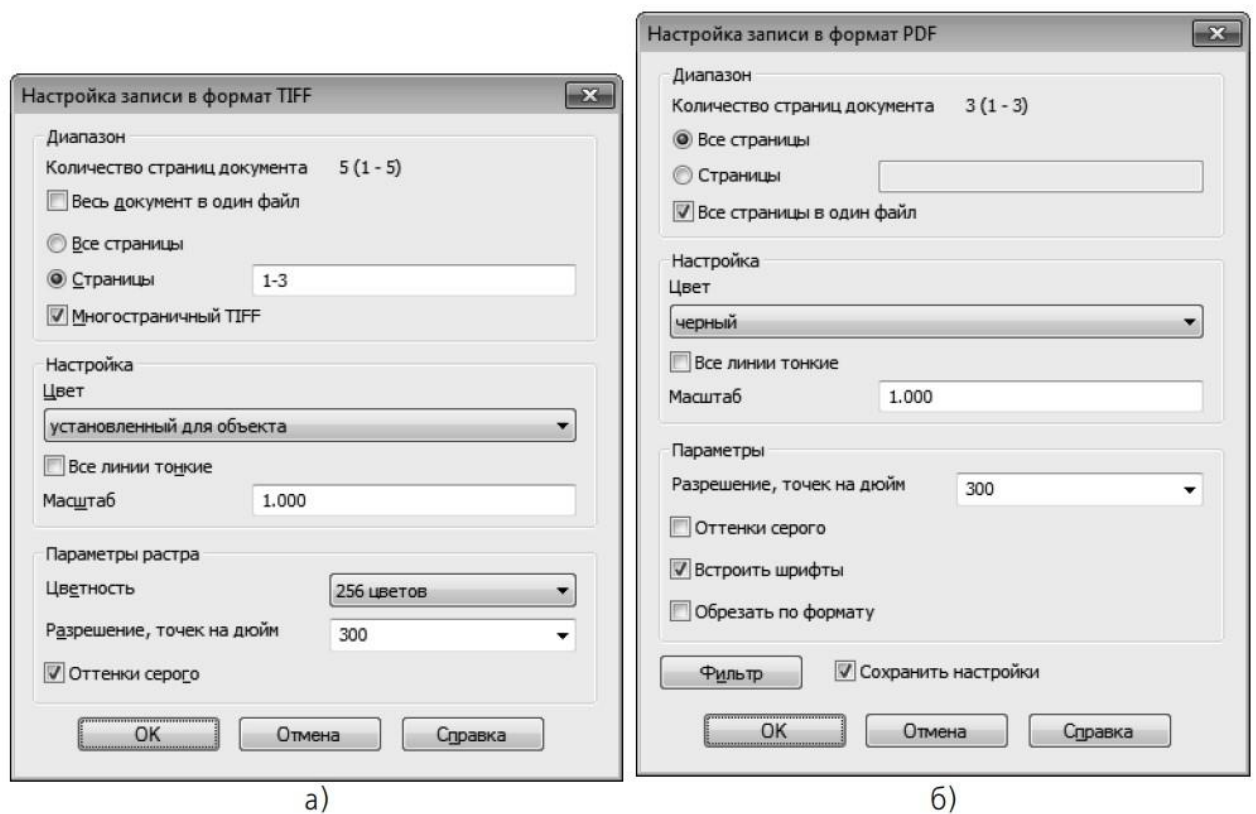


Рисунок 3 – Діалог налаштування запису багатолістового креслення:

а) у растровий формат; б) у формат PDF

68 Текстовий документ, специфікація

Діалоги налаштування параметрів запису текстових документів та специфікацій у растровий формат та формат PDF наведено на рис. 4. Основна відмінність цих діалогів від діалогів налаштування запису креслення - наявність групи *Диапазон*.

Зверніть увагу на те, що при збереженні у всі растрові формати, крім формату TIFF, для кожного аркуша документа формується окремий растровий файл. Спосіб збереження у формат TIFF визначається станом опції

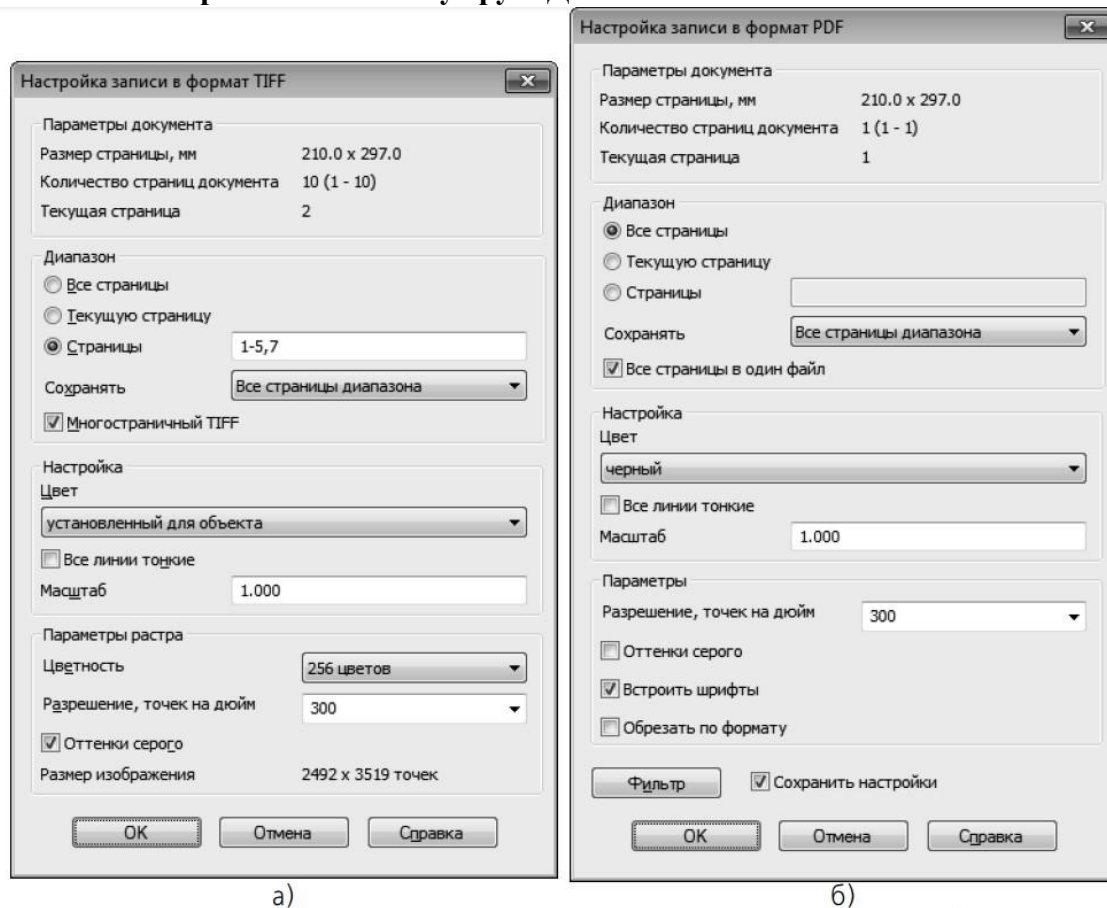


Рисунок 4 – Діалог налаштування запису текстових документів та специфікацій: а) у растровий формат; б) у формат PDF

Лекція № 15 Система проектування тіл обертання Компас-Shaft

1 Знайомство з КОМПАС-SHAFT 2D та КОМПАС-SHAFT 3D.

КОМПАС-SHAFT 3D - найпотужніший допоміжний модуль, наданий компанією «АСКОН» для роботи з тривимірними моделями тіл обертання і механічних передач.

Дозволяє також виконувати геометричні розрахунки і розрахунки на міцність циліндричних, конічних зубчастих, ланцюгових, черв'ячних і пасових передач, проектний і перевірочний розрахунок циліндричних гвинтових пружин стиску і розтягування, тарілчастих, конічних і фасонних пружин.

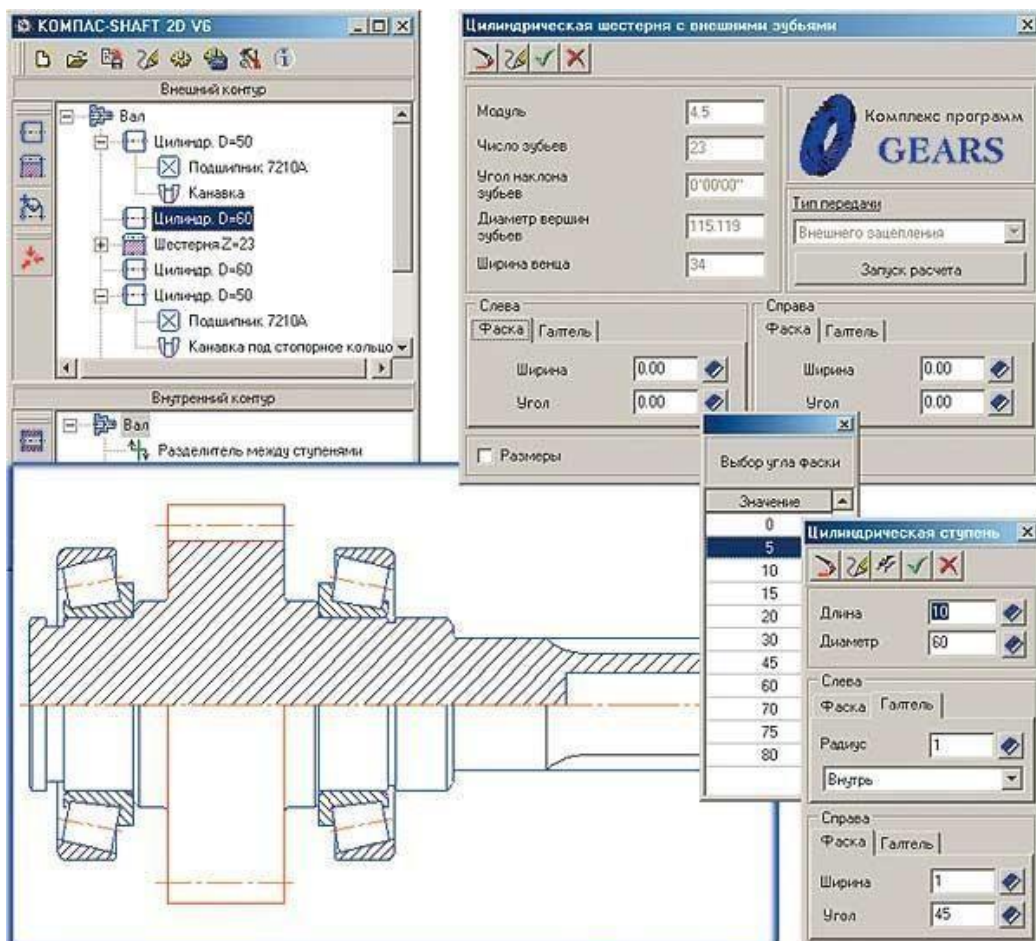
КОМПАС-Shaft 2D - це не просто бібліотека, а інтегрована система проектування тіл обертання. З її допомогою легко можна створювати параметричні моделі валів і втулок, будувати на їх поверхнях шліцові, шпонкові і різьбові долі, канавки, кільцеві пази і т.д. Кількість ступенів моделі може бути будь-яким, а форми - різними: циліндр, конус,

шестигранник, квадрат, сфера. Крім простих ступенів, модель може містити елементи механічних передач: циліндричні шестерні із зовнішніми і внутрішніми зубами, конічні шестерні з прямими і з круговими зубами, елементи черв'ячних, ланцюгових, клинопасових і зубчато-пасових передач.

Процес створення моделі в КОМПАС-Shaft 2D настільки простий, що не вимагає вивчення спеціальної літератури. Потрібно тільки дотримуватися рекомендацій творців цієї бібліотеки і вводити параметри ступенів у відповідних діалогах (рис. 1). При цьому не знадобляться ні ГОСТи, ні довідники, оскільки бібліотека містить велику кількість інформаційних таблиць з стандартизованими значеннями вводяться величин.

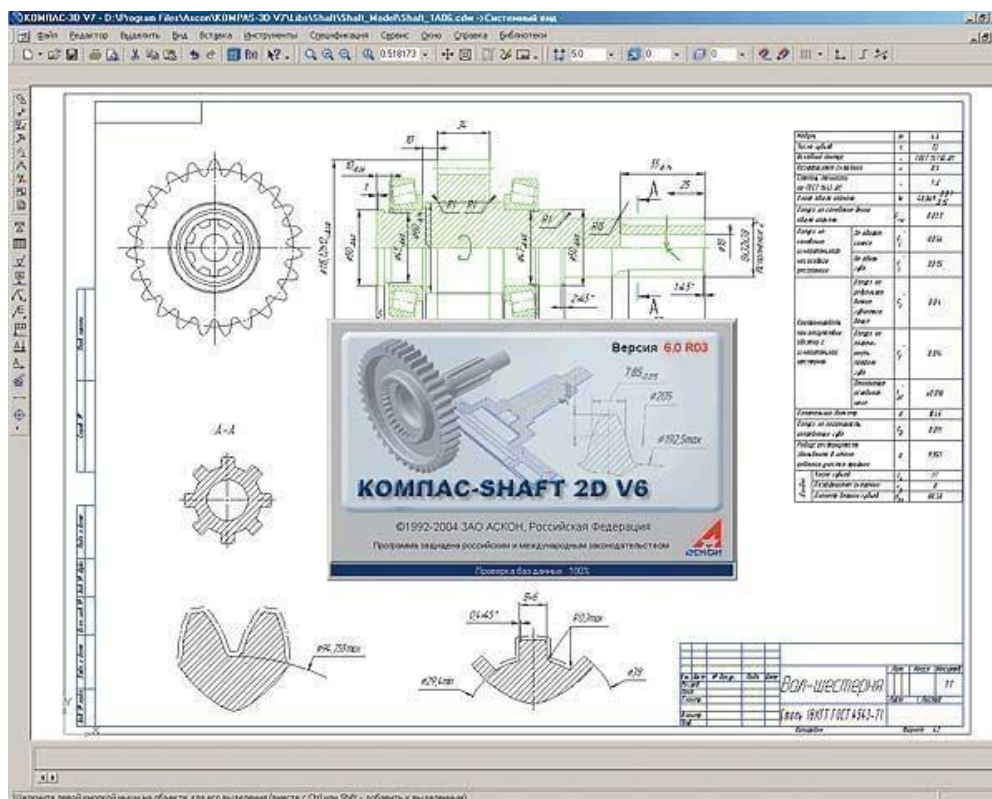
Вся структура моделі представляється у вигляді дерева ступенів і елементів, кожен з яких можна відредагувати.

Звичайно, вали і втулки можна проектувати і без допомоги КОМПАСShaft 2D, а передачі розраховувати на калькуляторі і малювати по одному зубу. Але це, по-перше, не дуже зручно, по-друге, не дуже швидко, а по-третє (і це найголовніше), в КОМПАС-Shaft 2D можна створити параметричну модель, дані про яку зберігаються в бібліотеці. Це означає, що для модифікації раніше спроектованої конструкції потрібно лише скорегувати в стандартних діалогах деякі параметри - і перестроювання відбудеться автоматично, а визначення змінених міцності властивостей зведеться до запуску розрахункового модуля. В результаті стане можливим створювати цілий модельний ряд на основі одного прототипу, а також, виходячи з критеріїв міцності і довговічності, знаходити оптимальні матеріали і пропорції конструкції, розглядаючи і розраховуючи безліч різних варіантів.



70 Рисунок 1 – Діалоги бібліотеки КОМПАС-Shaft 2D

За командою користувача бібліотека автоматично перетворює модель КОМПАС-Shaft 2D в кресленик, на якому, крім фронтального виду конструкції, можуть перебувати види моделі зліва і справа, а також перетину, виносні елементи, основні розміри і т.п. Користувачеві залишиться лише остаточно оформити креслення. Фронтальний вид моделі залишається об'єктом бібліотеки. Якщо виникне необхідність подивитися або змінити параметри ступенів, то можна викликати КОМПАС-Shaft 2D подвійним клацанням миші по цьому виду (рис. 2).



71 Рисунок 2 – Перетворення моделі КОМПАС-Shaft 2D в кресленик

При роботі з КОМПАС-3D плоска модель КОМПАС-Shaft 2D може стати прообразом твердотільної моделі, яку можна згенерувати натисненням однієї кнопки на панелі інструментів головного вікна бібліотеки. При цьому в дереві побудови моделі КОМПАС-3D будуть присутні ті ж елементи, що і в дереві ступенів і елементів моделі КОМПАС-Shaft 2D (рис. 3).

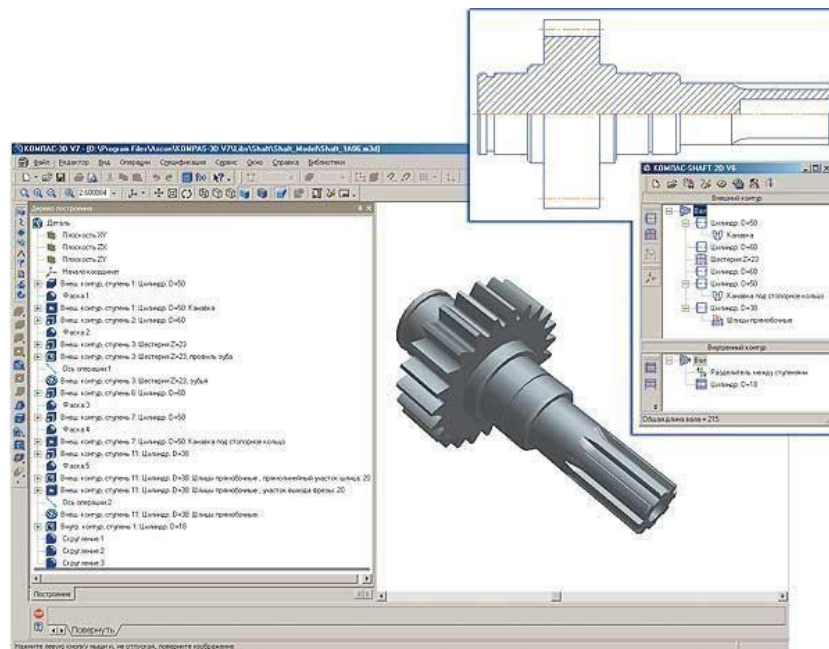


Рисунок 3 – Генерація твердотільної моделі з КОМПАС-Shaft 2D в КОМПАС-3D КОМПАС-Shaft 2D з повною підставою іменується розрахункової системою - тут є набір інструментів для визначення геометричних і міцності елементів механічних передач, зубчастих з'єднань, підшипників, валів. Розрахунок елементів механічних передач має на увазі розрахунок геометрії, міцності і довговічності, а в деяких випадках і теплостійкості. Передбачена можливість автономного розрахунку окремої передачі або розрахунку в процесі проектування моделі. Шляхом варіювання умов навантаження яких конструктивних параметрів можна швидко знайти вірне технічне рішення і оформити його в креслениках.

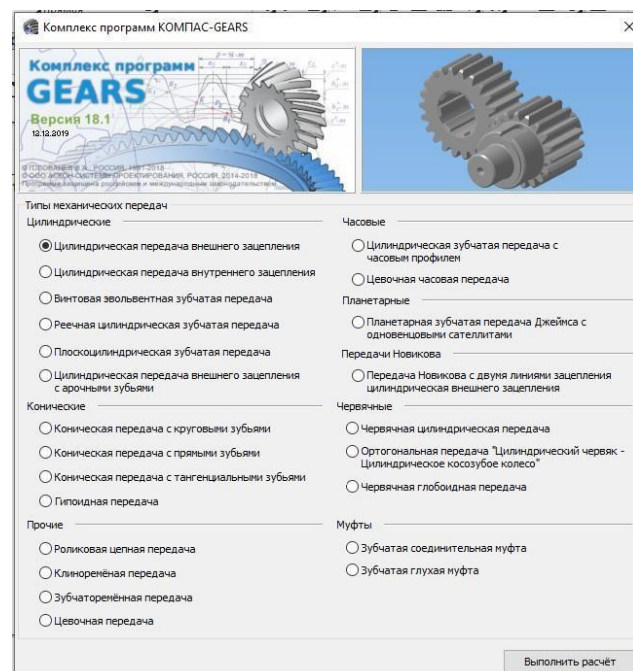
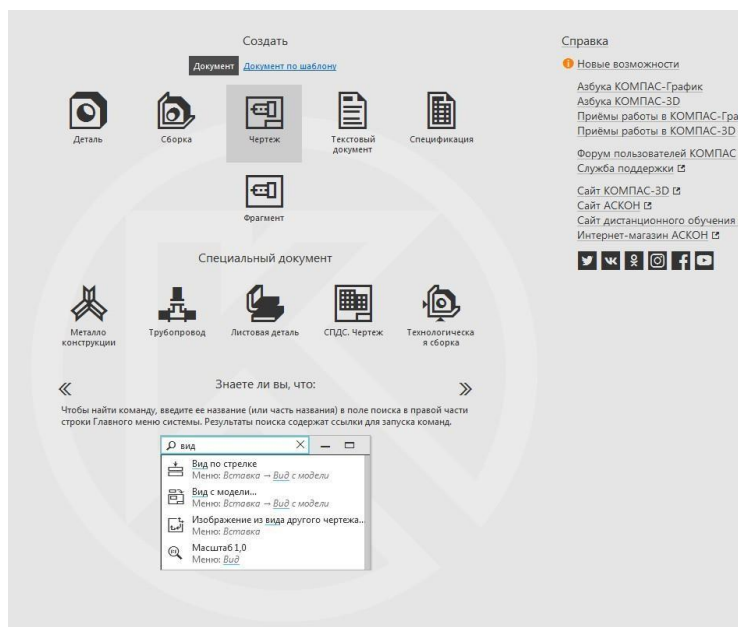


Рисунок 4 – Створення кресленника та початок роботи в КОМПАС-

72 GEARS

2. Знайомство з інтерфейсом розрахунково-інформаційної системи електронного „Довідника конструктора”.

Інтерфейс „Електронного довідника конструктора” наведено на рисунку 5.

Для зручності ознайомлення з інтерфейсом його розбито на окремі елементи, що відмічені римськими цифрами I...VIII.

На рисунках 6...13 наведені ці елементи інтерфейсу „Електронного довідника конструктора” у збільшеному вигляді.

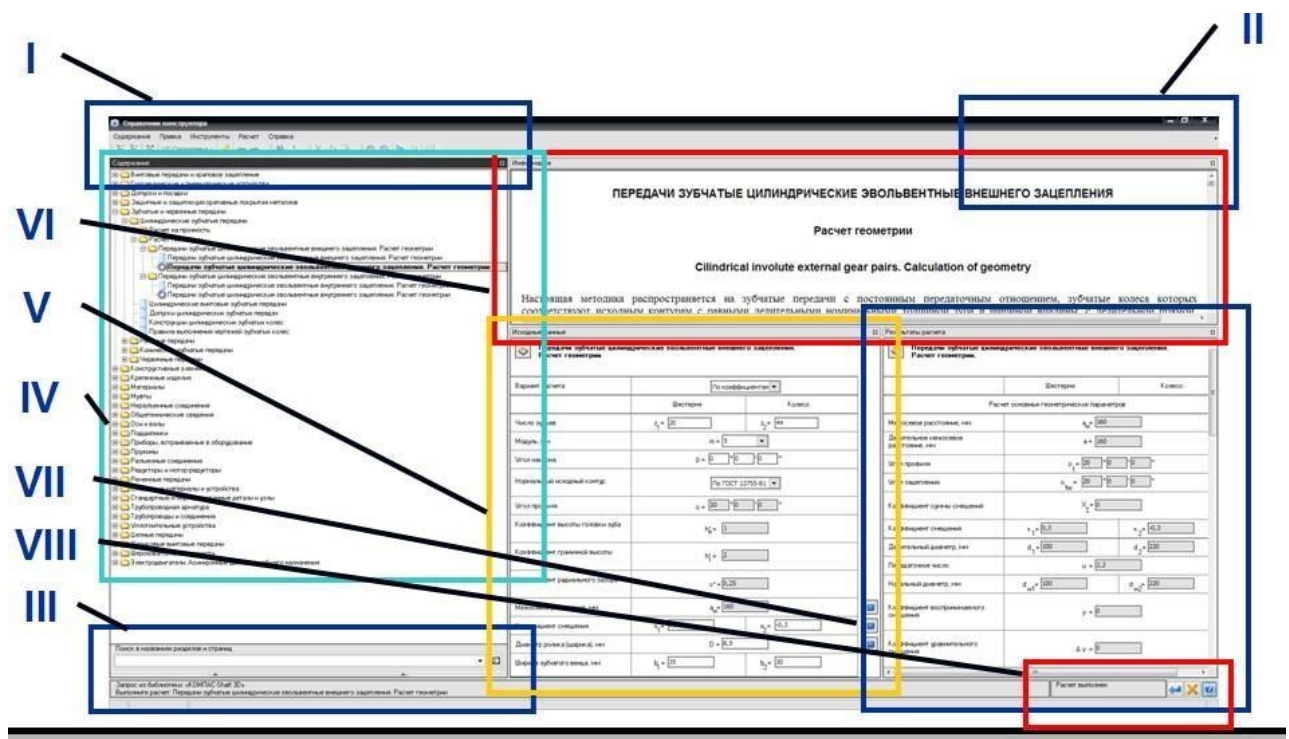
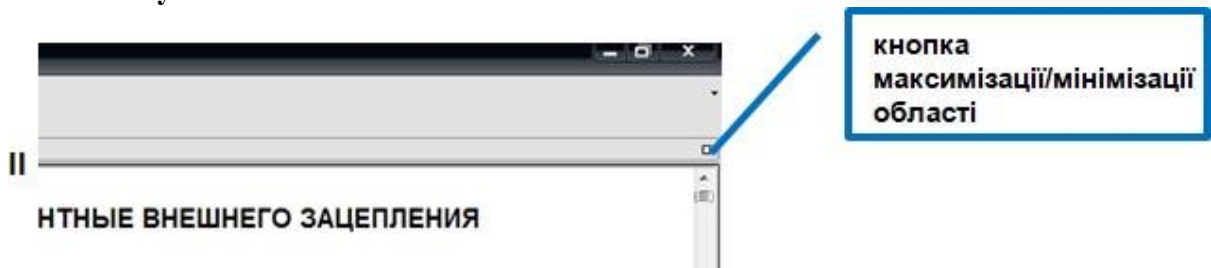


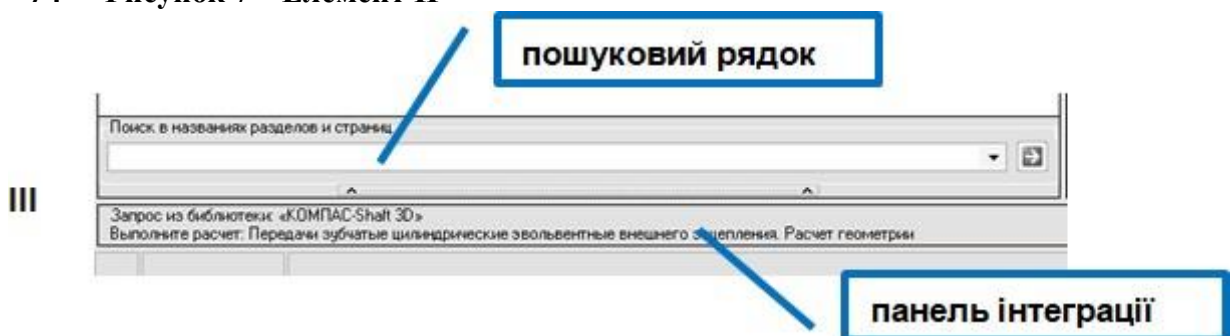
Рисунок 5 – Интерфейс „Електронного довідника конструктора“



73 Рисунок 6 – Элемент I



74 Рисунок 7 – Элемент II



75 Рисунок 8 – Элемент III

IV

Содержание
- Винтовые передачи и храповое зацепление - Гидравлические и пневматические устройства - Допуски и посадки - Защитные и защитно-декоративные покрытия металлов - Зубчатые и червячные передачи - Цилиндрические зубчатые передачи - Расчет на прочность - Расчет геометрии - Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии - Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии - Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии - Цилиндрические винтовые зубчатые передачи - Допуски цилиндрических зубчатых передач - Конструкция цилиндрических зубчатых колес - Правила выполнения чертежей зубчатых колес - Реечные передачи - Косозубые зубчатые передачи - Червячные передачи - Конструктивные элементы - Крепежные изделия - Материалы - Муфты - Неразъемные соединения - Общетехнические сведения - Оси и валы - Подшипники - Приборы, встраиваемые в оборудование - Пружины - Разъемные соединения - Редукторы и мотор-редукторы - Ремённые передачи - Смазочные материалы и устройства - Стандартные и нормализованные детали и узлы - Трубопроводная арматура - Трубопроводы и соединения - Уплотнительные устройства - Цепные передачи - Шариковые винтовые передачи - Шероховатость поверхностей - Электродвигатели. Асинхронные двигатели общего назначения

Рисунок 9 – Элемент IV

область вихідних даних

V

Настоящая методика распространяется на зубчатые передачи с постоянными параметрами, соответствующими исходным контурам с равными делительными номинальными диаметрами.

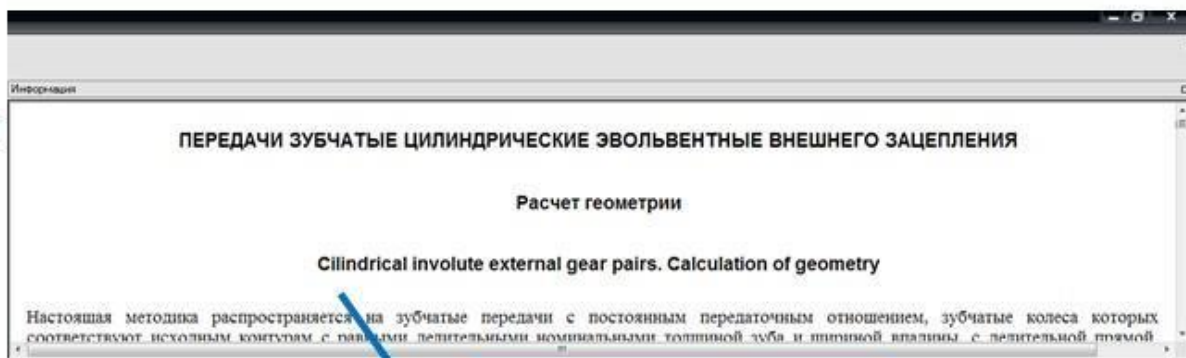
Исходные данные

Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии

Вариант расчета	По коэффициентам	
	Шестерня	Колесо
Число зубьев	$z_1 = 20$	$z_2 = 44$
Модуль, мм	$m = 5$	
Угол наклона	$\beta = 0^\circ 0' 0''$	
Нормальный исходный контур	По ГОСТ 13755-81	
Угол профиля	$\alpha = 20^\circ 0' 0''$	
Коэффициент высоты головки зуба	$h_a^* = 1$	
Коэффициент граничной высоты	$h_f^* = 2$	
Коэффициент радиального зазора	$c^* = 0,25$	
Межосевое расстояние, мм	$a_w = 160$	
Коэффициент смещения	$x_1 = 0,3$	$x_2 = -0,3$
Диаметр ролика (шарика), мм	$D = 0,5$	
Ширина зубчатого венца, мм	$b_1 = 35$	$b_2 = 30$

Рисунок 10 – Элемент V

VI



область інформації

Рисунок 11 – Элемент VI

VIII



Рисунок 12 – Элемент VIII

VII

область результатів розрахунків

Результаты расчета		
Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии.		
	Шестерня	Колесо
Расчет основных геометрических параметров		
Межосевое расстояние, мм	$a_w = 160$	
Делительное межосевое расстояние, мм	$a = 160$	
Угол профиля	$\alpha_t = 20^\circ 0' 0''$	
Угол зацепления	$\alpha_{tw} = 20^\circ 0' 0''$	
Коэффициент суммарного смещения	$x_{\Sigma} = 0$	
Коэффициент смещения	$x_1 = 0,3$	$x_2 = -0,3$
Делительный диаметр, мм	$d_1 = 100$	$d_2 = 220$
Передаточное число	$u = 2,2$	
Начальный диаметр, мм	$d_{w1} = 100$	$d_{w2} = 220$
Коэффициент воспринимаемого смещения	$y = 0$	
Коэффициент уравнительного смещения	$\Delta y = 0$	

Рисунок 13 – Элемент VII

3. Конструктивні елементи деталей

Для початку слід створити документ КОМПАС-Деталь, після чого можна перейти до побудови.

Команда бібліотеки Внешняя цилиндрическая ступень. Користуючись цією ж командою, додайте ще по дві зовнішні циліндричні ступені з кожної сторони від уже створеної, вибираючи в якості опорної для кожної нової ступені верхню плоску грань попередньої.

Активізуйте панель інструментів Редактирование детали і за допомогою команди Фаска побудуйте дві фаски $2,5 \times 45^\circ$ на плоских гранях крайніх ступенів вала.

В арсеналі системи КОМПАС є ще одна цікава бібліотека, істотно спрощує побудову різних конструктивних елементів на валах. Ця бібліотека розміщена в розділі Машинобудування менеджера бібліотек і називається Библиотека канавок для КОМПАС-3D.

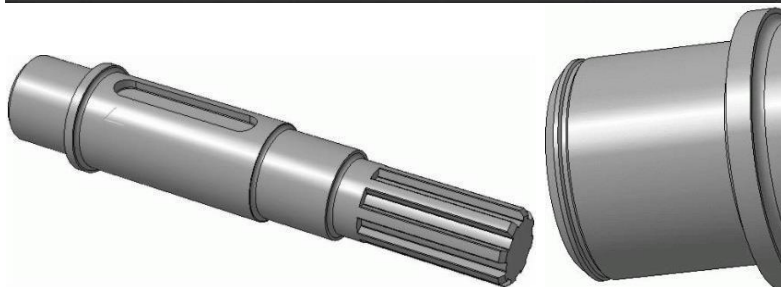
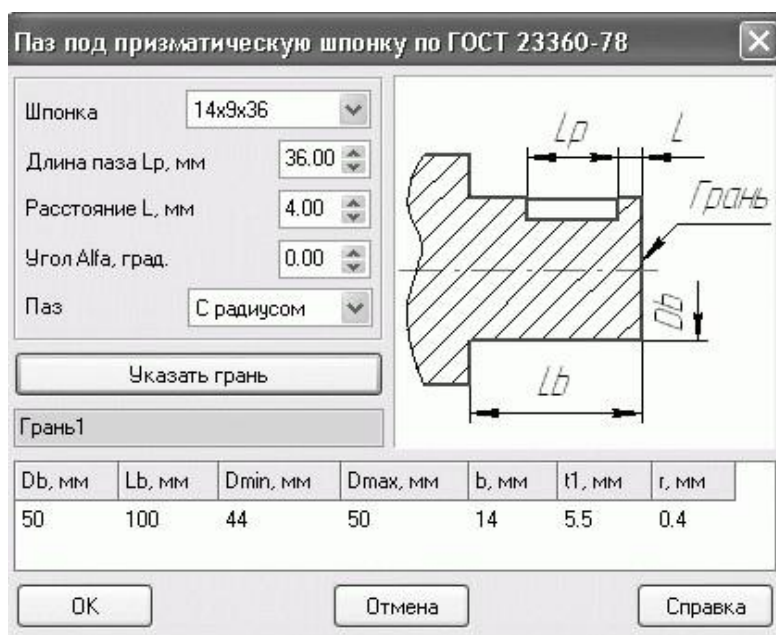
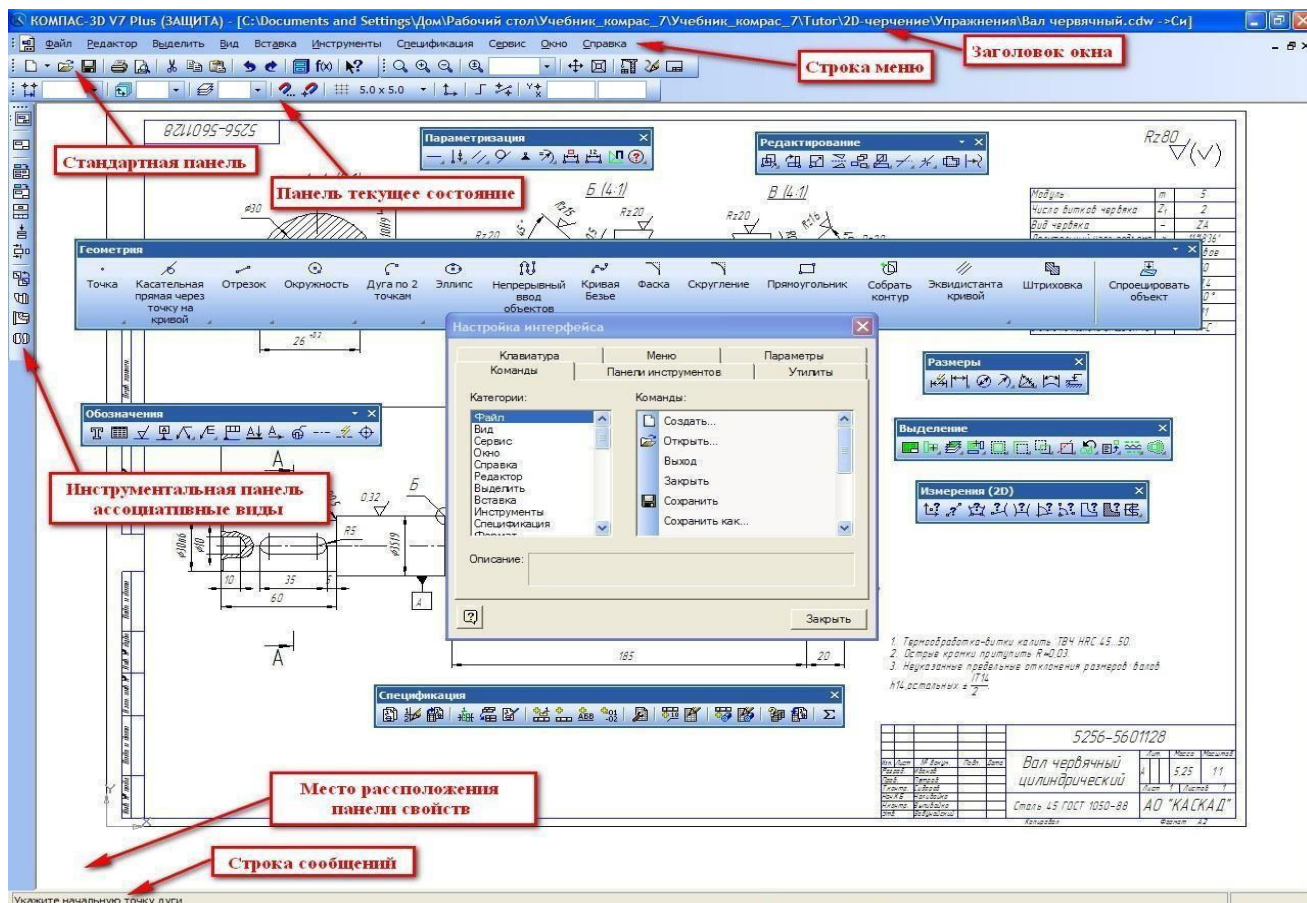


Рисунок 14 – Елементи вала, побудовані за допомогою бібліотеки КОМПАС-3D

4. Отримання робочого креслення деталі

Для створення на екрані нового аркуша кресленика потрібно клацнути по кнопці "Створити документ", відкриється вікно "Новий документ", у якому необхідно клацнути по кнопці "Чертеж" (рис. 4). Інтерфейс „КОМПАС – 2D“ представлено на рис. 15.



76 Рисунок 15 – Интерфейс „КОМПАС – 2D“

Розрахунок и проектування механічної передачі (наприклад, ланцюгової) починається з роботи в КОМПАС- GEARS (рис. 16).

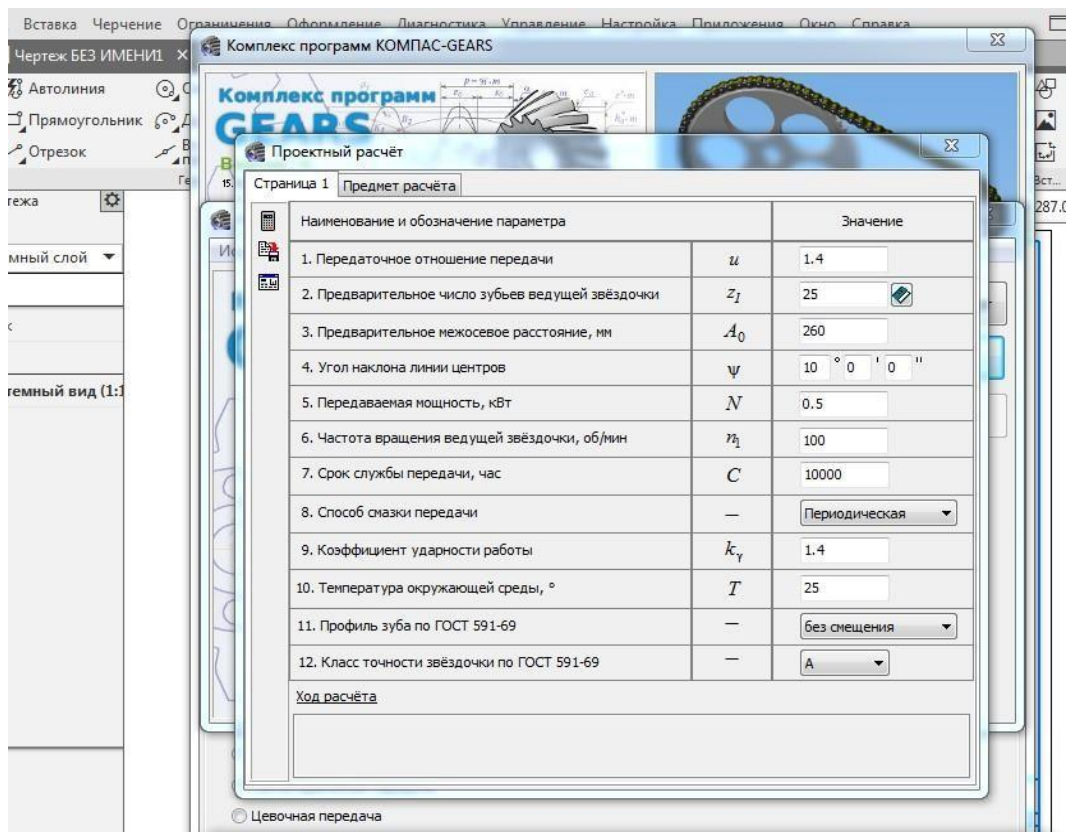
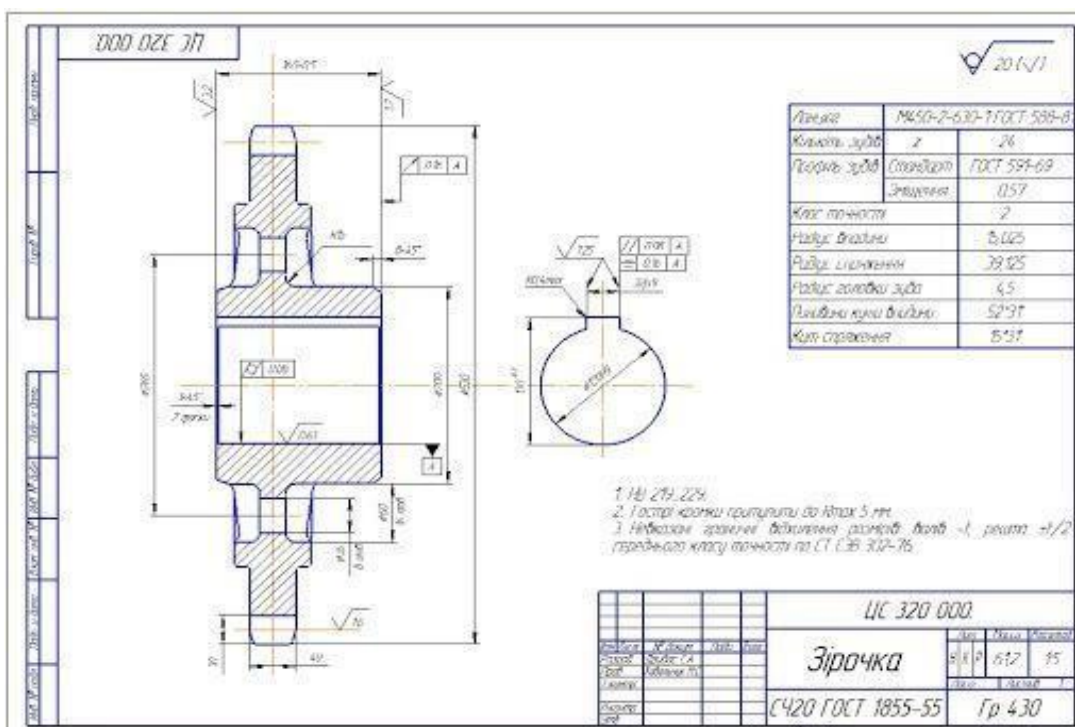


Рисунок 16 – Розрахунок ланцюгової передачі

Після розрахунку ланцюгової передачі і вибору оптимального рішення отримуємо робочий кресленик та твердотільну модель зірочки (рис. 17).



77 Рисунок 17 – Робочий кресленик та твердотільна модель зірочки

Кресленик вала можна отримати різними способами – «від креслення до моделі» або «від моделі до креслення». Після побудови вала завершується кресленик (проставляються всі розміри, заповнюється основний напис тощо).

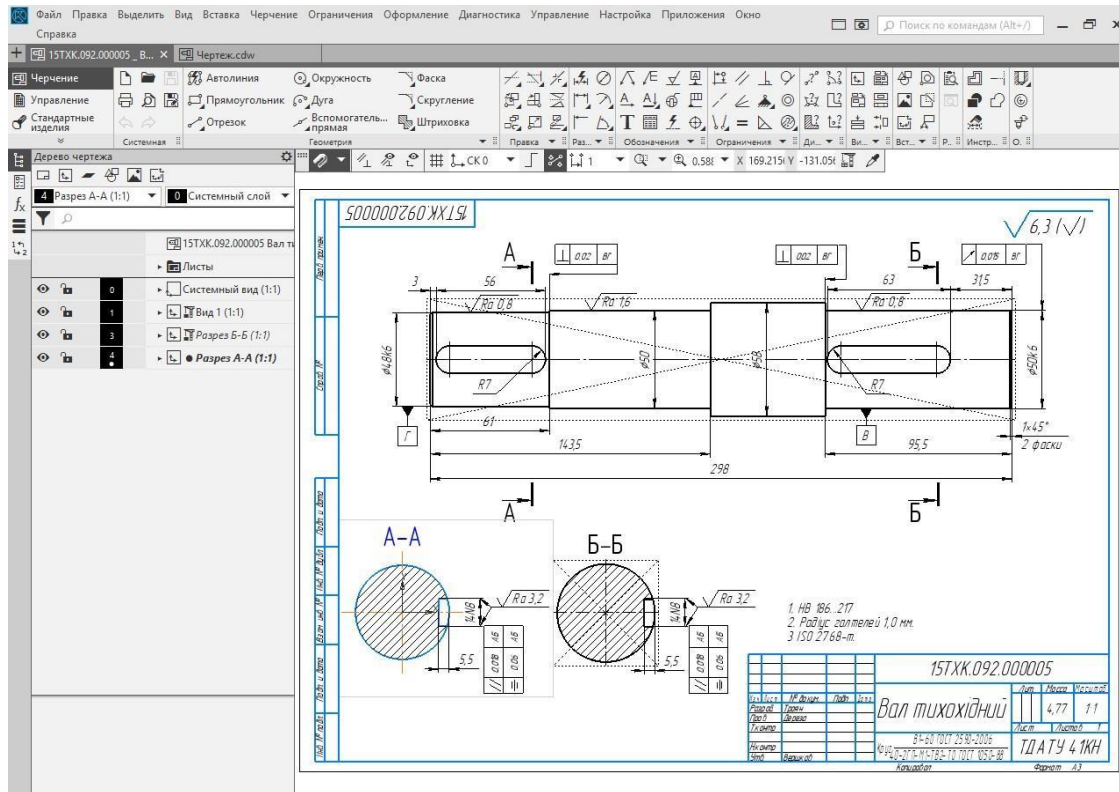


Рисунок 18 – Робочий кресленик вала в КОМПАС 18

Лекція № 16 Середовище SOLIDWORKS

План лекції.

Основні принципи побудови ескізів.

Створення простого ескизу.

Використання дзеркального відбиття об'єктів.

Створення складного ескизу.

Додавання округлень і фасок.

Використання команд побудови масивів.

Використання сплайнів в ескизах. Тривимірні ескизи.

Ескизи є основою для створення тривимірних твердотільних моделей деталей. Тому створення будь-якої деталі в SolidWorks, якою б простою або складною вона не була, починається з малювання ескизу. Ескіз може бути двовимірним або тривимірним.

Звичайно використовується двовимірний ескіз (плоский), приблизно такий, як це роблять люди на аркуші паперу. В SolidWorks такі ескізи рисуються на площині. За замовчуванням при створенні нової деталі подається три взаємно ортогональні площини, що проходять через початок координат (рис. 1). Далі можна додавати будь-яку кількість площин, що мають необхідну орієнтацію в просторі.

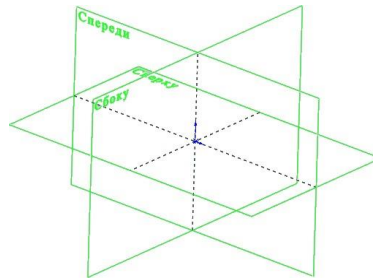


Рисунок 1 - Видові площини SolidWorks

Але в деяких випадках зручно використовувати тривимірний ескіз, коли необхідно побудувати довгомірну деталь, наприклад, трубу, що міняє свій напрямок у просторі, або зварену конструкцію, що складається із профілів певного перетину. Усі ескізи, як двовимірні, так і тривимірні, будуються на трьох взаємно ортогональних площинах "Спереди, Сверху и Сбоку" (рис.1).

Первісний вибір тієї або іншої площини не має істотного значення. Звичайно процес малювання ескізу починається з передньої площини. Крім того, можна створювати свої власні площини (навіть не ортогональні) і побудову ескізу починати з них. У кожному ескізі є своя вихідна точка, тому в деталі звичайно буває кілька вихідних точок. Коли відкритий ескіз, не можна відключати відображення його вихідної точки.

Вихідна точка відображається червоним кольором  у відкритому ескізі й допомагає визначити координати точок ескізу. Малювання будь-якого ескізу рекомендується починати із цієї точки, тоді елементи ескізу автоматично здійснюють прив'язку до неї й не потрібно додаткових взаємозв'язків для повного визначення ескізів. Для орієнтації площини ескізу в просторі на екрані в графічній області завжди є присутнім значок тріади



- "Система координат". Система координат з'являється в документах деталей і складань, щоб допомогти орієнтуватися в просторі при перегляді моделей. Система координат служить тільки для довідки. Її не можна вибрати або використовувати в якості точки формування. Систему координат можна сховати або вказати для неї кольори. При обертанні площини з ескізом тріада також обертається й показує поточне просторове положення площини ескізу.

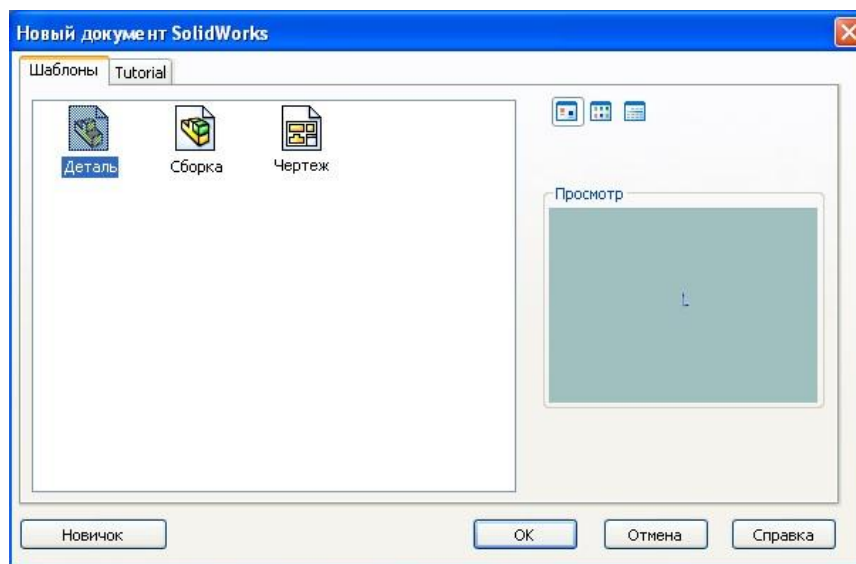
При побудові ескізу необхідно стежити, щоб він мав замкнений контур. SolidWorks допускає в одному ескізі наявність декількох замкнених контурів, при цьому формується багатотільна деталь. У цьому випадку при витягуванні ескізу програма попросить вказати розташування контуру. Якщо контур не замкнути, то при витягуванні програма буде інтерпретувати ескіз як тонкостінний елемент і попросить указати його товщину. При створенні ескізів можна вирізати або копіювати й вставляти об'єкти ескізу, як з одного ескізу в інший, так і усередині одного ескізу.

У процесі малювання ескізу з'являються лінії формування, які працюють разом з показниками, прив'язками й взаємозв'язками, щоб графічно відобразити, як об'єкти ескізу впливають один на одного. **Лінії формування** - це пунктирні лінії, які з'являються в міру створення ескізу. Коли показник наближається до висвітлених міток, наприклад, середнім точкам, лінії формування використовуються як орієнтири залежно від існуючих об'єктів

ескізу. І нарешті, двовимірні ескізи можна створювати тільки на площинах або на існуючих гранях деталі, а тривимірні ескізи - у тривимірному просторі.

Запуск програми здійснюється клацанням миші по значкові програми на робочому столі, або вибором команди "**Пуск | Программы | SolidWorks**". Після запуску програми будуть доступні два варіанти подальшої роботи: відкриття існуючих файлів деталей, складань або креслень, або створення нових файлів.

Скористаємося другим варіантом для створення нового файлу. Якщо у вас уже є які-небудь файли, створені в SolidWorks, скористайтеся першим варіантом. Якщо файли створені в попередніх версіях SolidWorks, то SolidWorks їх відкриє, тому що наступні версії програми читають файли попередніх версій. У вікні, що з'явилося (рис. 2), у вкладці "**Шаблони**" виберіть шаблон "**Деталь**", виділивши відповідний значок, і натисніть кнопку **ОК**.



78 **Рисунок 2 - Вкладка "Шаблони"**

Далі перед нами відкрився користувацький інтерфейс SolidWorks, з відкритою вкладкою "Эскизы" (рис. 3). Основні елементи інтерфейсу показані на рис. 4. Програма написана для роботи з Windows, тому всі стандартні елементи інтерфейсу розташовані на звичних місцях. При створенні нової деталі в правому нижньому куті може з'явитися помічник

"Справка: Быстрые советы".

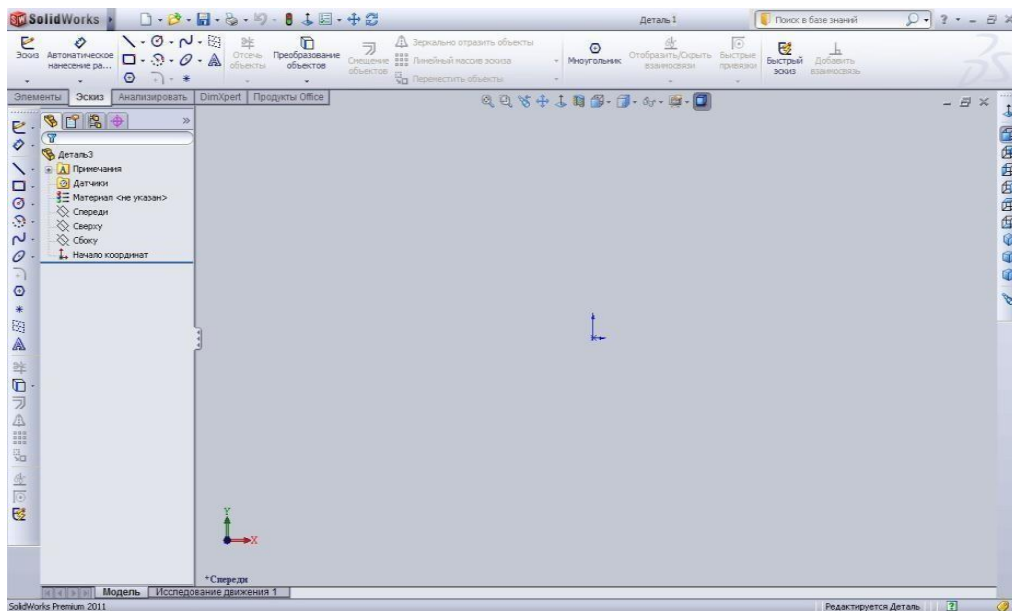


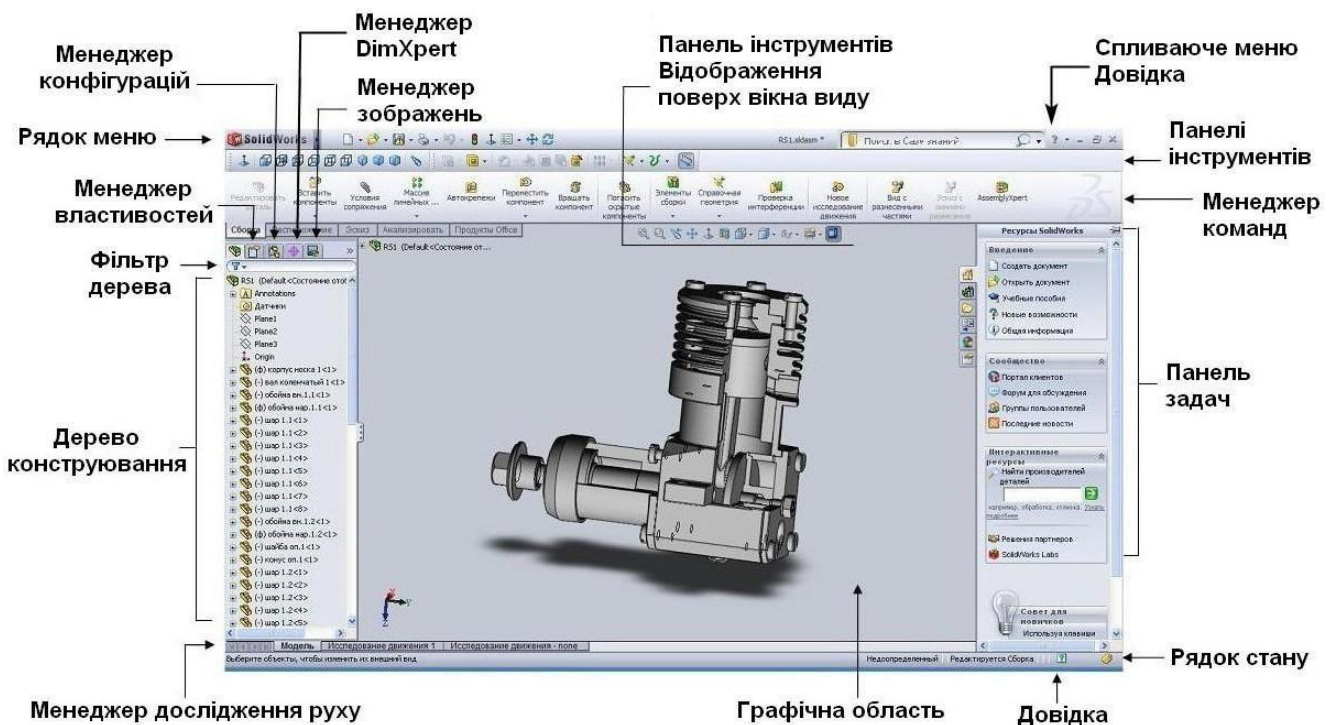
Рисунок 3 - Интерфейс SolidWorks з відкритою вкладкою "Эскизы"

Поклацайте мишею по элементам списка **"Что необходимо сделать?"** - і програма вкаже вам, якими кнопками краще скористатися в тому або іншому випадку.

Якщо ви не потребуєте помічника, то сховайте його, нажавши мишею на знак питання в нижньому правому куті екрана. У верхній частині інтерфейсу перебуває рядок меню команд програми. Меню може бути приховано значками часто використовуваних команд. Щоб відкрити меню, наведіть покажчиком миші на логотип програми. Наприклад, у меню **"Файл"** згруповані такі команди, як **"Новый, Открыть, Закреть, Сохранить"**, що працюють із файлами.

Меню **"Правка"** дозволяє вирізати, копіювати, вставляти й видаляти елементи побудови, а також скасовувати введені команди.

Меню **"Вид"** поєднує команди, що задають орієнтацію моделі й виду проектованої деталі або складання. Меню **"Вставка"** призначене для додавання різних елементів побудови. Меню **"Инструменты"** дозволяє набудовувати інтерфейс SolidWorks, а також застосовувати інструменти для виміру, визначення й аналізу характеристик моделей. Через меню **"? (Справка)"** можна одержати доступ до великої електронної довідкової системи SolidWorks.

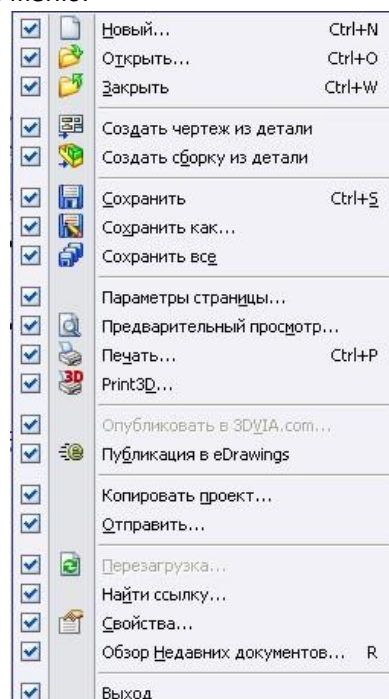


79 Рисунок 4 - Основні елементи інтерфейсу SolidWorks

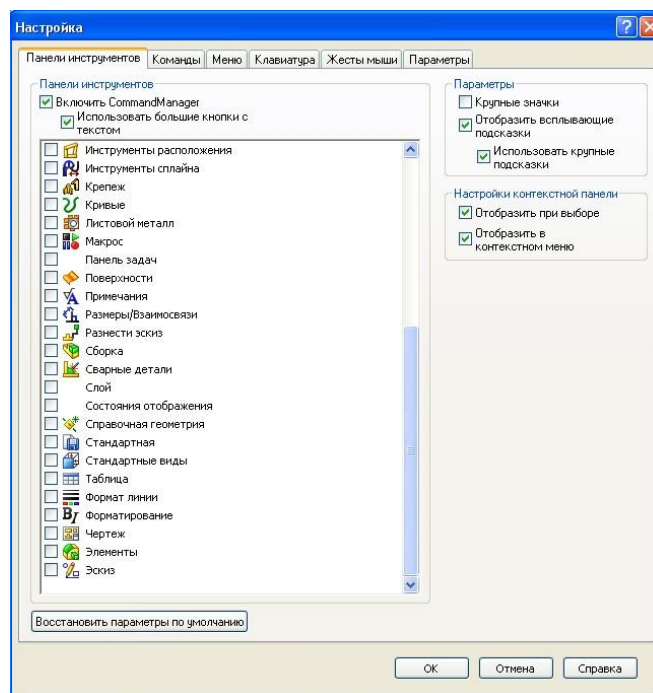
З допомогою меню "? (Справка)" досвідчений користувач швидко освіжить у пам'яті призабуті команди, а новачок довідається про функціональні можливості програми

У списку кожного меню є пункт "Настройка меню", який дозволяє набудовувати вид списку. Наприклад, виберіть команду "Файл | Настройка меню".

З'явиться меню, що випадає, показане на рис. 5. У цьому меню синіми прапорцями відзначені ті пункти меню "Файл", які будуть відображатися при його виклику. Знімаючи й установлюючи ці прапорці, ви набудовуєте інтерфейс під себе. Трохи нижче рядка меню розташовуються значки, які призначені для швидкого виклику команд, тобто вони дублюють команди, розташовані в меню.



У процесі освоєння програми ви поступово знайдете інші способи й визначите для себе, яким з них у кожний конкретний момент вам зручніше буде користуватися. Усі значки зібрані в інструментальні панелі, які, у свою чергу, також можна набудовувати - відключати, переставляти на екрані і т.д. Крім того, кожну інструментальну панель можна оперативно перемістити на екрані простим перетаскуванням миші, захоплюючи курсором заголовок панелі. При цьому курсор миші набуває певного вигляду.



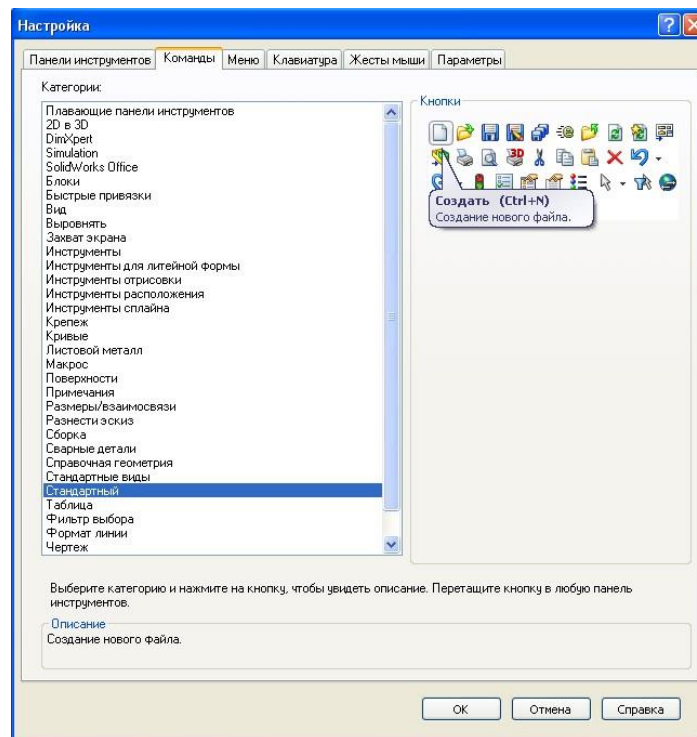


Рисунок 7 - Настроювання меню команд

Щоб додати значок на панель інструментів, необхідно знайти його у відповідній категорії, а потім, навівши покажчик миші на значок, натиснути ліву кнопку миші, утримуючи її, перетягнути в зручне місце на панелі інструментів і відпустити кнопку. Доданий значок відобразиться на екрані в панелі інструментів. Щоб видалити значок, необхідно "схопити" його мишею в інструментальній панелі вікна програми й перетягнути у вікно налаштувань.

Після того як кнопка миші буде відпущена, значок зникне з екрана. Після всіх маніпуляцій зі значками натисніть кнопку **ОК** у вікні **"Настройка"**. За замовчуванням у лівій частині екрана розташоване **"Дерево Конструирования"** (рис.8), у якому будуть відображатися всі наші побудови.

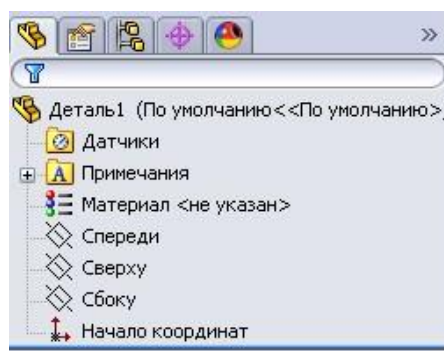


Рисунок 8 - Вікно "Дерево Конструирования"

Ми тільки збираємося почати створювати модель, тому дерево конструювання порожнє: є тільки вихідні площини **"Спереди, Сверху и Сбоку"**, на яких можна починати побудову ескізів, і точка **"Начало координат"** у місці перетинання стандартних площин. Ці площини розташовані одна до одної ортогонально, дозволяючи ефективно будувати тривимірну модель, використовуючи всі три напрямки одночасно.

Інші об'єкти дерева конструювання до ескізів не відносяться, і ми їх розглянемо пізніше. Інструментальна панель **"Элементы"**, що служить для створення твердотільної моделі, за замовчуванням перебуває у верхній частині екрана. У цей момент у ній доступні тільки дві

команди: **"Вытянутая бобышка/основание"** й - **"Повернутая бобышка/основание"**, тому що тільки ці команди можуть створити новий ескіз.

Щоб відобразити команди малювання ескізу, клацніть лівою кнопкою миші на вкладці менеджера команд. Можна також викликати панель інструментів **"Эскиз"** на екран, пройшовши шлях **"Вид | Панель инструментов | Эскиз"**, панель інструментів що з'явилася, можна транспортувати мишею в будь-яке зручне для вас місце екрана. Інструментальна панель **"Эскиз"** містить у собі основні команди створення ескізів. В інструментальних панелях недоступні в цей момент команди мають блідо-сірий колір. Такий спосіб організації дозволяє уникнути надмірної перевантаженості інтерфейсу.

Для того щоб перейти в режим малювання ескізу, клацніть лівою кнопкою миші в дереві конструювання на площині **"Спереди, Сверху или Сбоку"** й потім на кнопці **"Эскиз"**. Після натискання кнопки **"Эскиз"** потрібно вибрати площину, на якій ви збираєтеся створювати ескіз. Укажіть одну із площин у дереві конструювання або в графічній області побудов. При вході в режим малювання ескізу на екрані з'являється координатна сітка. Сітку також можна набудовувати. Для цього виберіть команду **«Інструменти | Параметри»** або просто натисніть кнопку —

«Настройка», потім перейдіть на вкладку **«Свойства документа»** й виберіть пункт **«Масштабная сетка/Привязать»**. З'явиться поле **«Масштабная сетка»** (рис. 9), у якому можна настроїти крок сітки, інтервал прив'язки або взагалі її забрати. Після всіх маніпуляцій з установкою й видаленням прапорців не забудьте натиснути кнопку **ОК**.

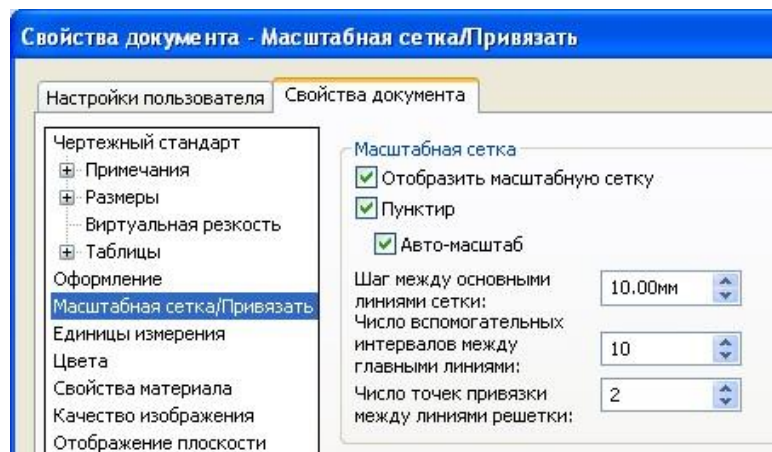
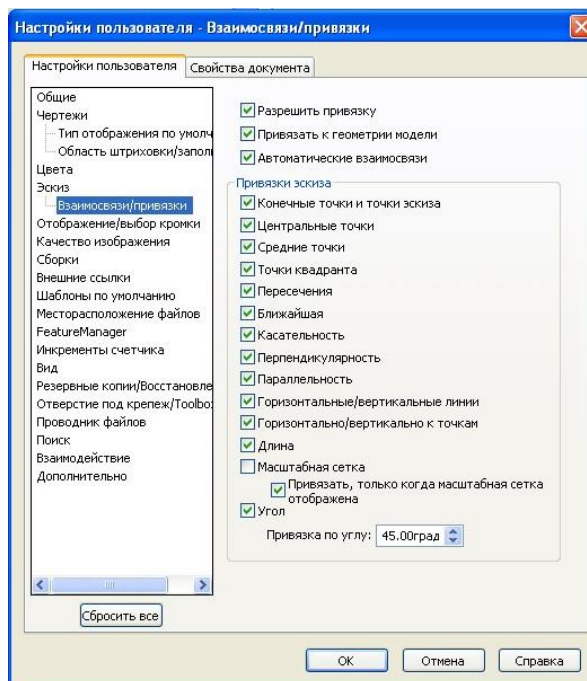


Рисунок 9 - Настроювання масштабної сітки

Якщо необхідно встановлювати прив'язки елементів ескізу до координатної сітки або інших елементів, виберіть команду **«Інструменти | Параметри»** на вкладці **«Настройки пользователя»** в пункті

«Взаимосвязи /привязки» (рис. 10).

У центрі екрана відповідним значком відображений початок координат. У цій точці перетинаються вихідні площини **«Спереди, Сверху и Сбоку»**. Малювати ескіз рекомендується починати із цієї точки, тоді елементи ескізу автоматично прив'язуються до неї. Якщо ж контур ескізу не буде проходити через початок координат, прийдеться задавати додаткові розміри з метою визначення положення ескізу щодо цієї точки.



81 Рисунок 10 - Настроювання прив'язок

У нижній лівій частині області малювання ескізу розташовується тріада ескізу, яка вказує розташування площини побудови в тривимірному просторі. Оскільки SolidWorks є програмою тривимірного моделювання, усі плоскі ескізи ви малюєте в тривимірному просторі. У цьому легко переконатися, якщо ви натиснете в області малювання колесо миші й, не відпускаючи, поведете нею. Площина малювання почне обертатися в просторі. Цього ж результату можна добитися, якщо викликати команду — **«Врацать вид»** у панелі інструментів **«Вид»**. При цьому курсор здобуває відповідний до команди вид. Площина змінить своє положення. Проте, ескіз малювати можна й на повернутій площині. Щоб повернути площину малювання у вихідний стан, натисніть кнопку **«Предыдущий вид»** у панелі інструментів **«Вид»**. Або просто натисніть кнопку **«Перпендикулярно»** в тій же панелі інструментів. Площина побудов повинна повернутися у вихідний стан і збігатися із площиною екрана.

У нижній частині екрана розташовується статусний рядок, у якому вказуються поточні координати курсору й режимні параметри моделі. **Створення простого ескізу.**

Прості ескізи, як правило, складаються із примітивів: відрізків, окружностей, дуг тощо, з'єднаних у замкнений контур. Крім того, SolidWorks дозволяє створювати деталі з декількох замкнених контурів, а також тонкостінні деталі з незамкнених контурів. Більш складні ескізи передбачають використання додаткових можливостей, які при правильному застосуванні прискорюють процес проектування. Але доцільність застосування тих або інших можливостей ескізного інструментарію, в остаточному підсумку, буде визначатися досвідом роботи в SolidWorks.

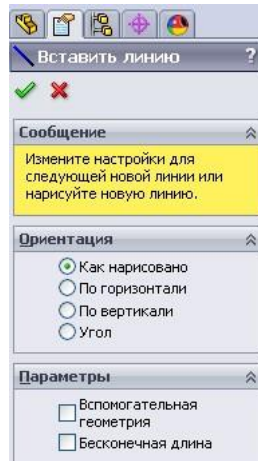
Розглянемо створення простого ескізу на прикладі деталі «Кронштейн».

Як уже було показано, відразу після створення файлу деталі можна включити режим побудови ескізів, вибравши площину й нажавши кнопку **«Эскиз»** панелі інструментів **«Эскиз»**. Вікно, у якому проводяться побудови, за замовчуванням покрите сіткою. Якщо сітки немає, її можна відобразити, вибравши команду **«Инструменты | Параметры»** й на вкладці **«Свойства документа»** в розділі **«Масштабная сетка»** встановивши прапорець **«Отобразить масштабную сетку»**. Для оперативного включення й вимикання масштабної

сітки рекомендується винести значок «Масштабная сетка/Привязать» на панель інструментів «Ескиз».

Тут також можна задати бажані параметри сітки й установити прив'язку елементів ескизу до масштабної сітки. Після установки всіх параметрів натисніть кнопку **ОК** і поверніться в режим малювання ескизу. Параметри масштабної сітки можна викликати в будь-який момент редагування ескизу. Масштаб сітки можна також змінювати обертанням колеса миші. Сітка дає користувачеві візуальну уяву про розміри й кути.

Мишею виберіть команду малювання лінії «Линия» інструментальної панелі «Ескиз». Ліворуч у менеджері властивостей виникає вікно «Вставить линию» (рис. 11).



82 Рисунок 11 - Вікно «Вставить линию»

При цьому дерево конструювання переміщається в область побудов. Таке переміщення дерева конструювання дозволяє здійснювати безперервний контроль над процесом проектування навіть у тому випадку, якщо з'являються діалогові вікна менеджера властивостей при виконанні команд. У вкладці «Ориентация» можна задати положення передбачуваної лінії, якщо відомо, що вона повинна бути строго горизонтальною, вертикальною або розташовуватися під певним кутом. Для нашого випадку залишимо активною позицію «**Как нарисовано**». Перемістіть курсор в область малювання. При цьому він здобуває вид олівця з лінією. Підведіть курсор до початку координат, де планується розташувати початкову точку лінії. Поруч повинен виникнути символ прив'язки. Натисніть ліву кнопку миші й, утримуючи її, починайте переміщати курсор до кінцевої точки лінії. Зверніть увагу на динамічну лінію, яку програма проводить до курсору від зазначеної раніше точки. Як тільки курсор досягне кінцевої точки відрізка, відпустіть клавішу миші. Не намагайтеся витримувати лінії строго вертикально або горизонтально, далі ми побачимо, як цього добитися без яких-небудь утруднень. Отже, намалюйте горизонтальний відрізок довжиною близько 100 мм. При проведенні відрізка поточна довжина відображається поруч із курсором (рис.12).



Рисунок 12 - Побудова горизонтального відрізка

При малюванні ескізів особливої точності дотримувати не потрібно: довжина може трохи відрізнятися від 100 мм, а лінія бути не строго горизонтальною (як, наприклад, показано на рис. 12).

Однак якщо намалювати відрізок занадто довгим або занадто коротким, тобто, швидше за все, ескіз може прийняти неправильну форму при проставлянні розмірів, і тоді буде потрібно додаткове коректування його елементів.

Якщо при побудові відбулася помилка, то слід натиснути кнопку «**Отменить ввод**» на інструментальній панелі «**Стандартная**» а потім повторно викликати команду «**Линия**» з інструментальної панелі «**Эскиз**». Відмінити ввод можна або вибравши команду «**Правка | Отменить ввод | Линия**», або просто нажавши комбінацію клавіш <Ctrl>+<Z>. Якщо команда побудови лінії усе ще активна, можна відразу ж додати в ескіз другий відрізок.

Підведіть курсор до кінця відрізка, від якого ви прагнете продовжити ескіз. Поява двох концентричних окружностей на жовтому тлі поруч із курсором свідчить про захват кінця відрізка, у результаті чого відрізки будуть з'єднані. Якщо провести другий відрізок до появи цього значка, то перший відрізок не з'єднається із другим, і ескіз не буде замкненим.

Будуємо вертикальний відрізок довжиною 20 мм.

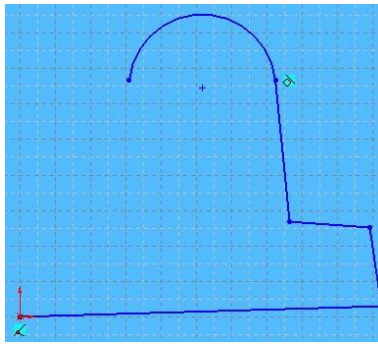
Під час побудови можуть з'являтися ортогональні пунктирні лінії формування. Ці лінії дозволяють орієнтуватися при побудові ескізів. Контур з відрізків можна будувати шляхом почергового позиціонування курсору в необхідному місці й клацання миші. Для завершення ланцюжка необхідно виконати подвійне клацання миші або, нажавши праву кнопку миші, у спливаючому меню вибрати пункт «**Завершить цепочку**». Побудуйте другий горизонтальний відрізок довжиною приблизно 20 мм і ще один вертикальний довжиною приблизно 40 мм. У підсумку ви повинні одержати ескіз, показаний на рис. 13.



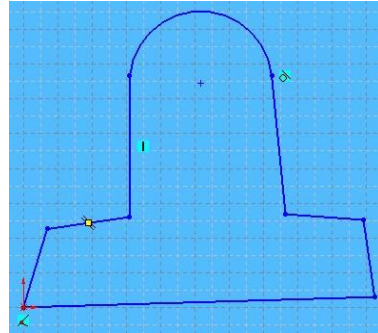
Рисунок 13 - Побудова вертикального відрізка

Для того щоб створити дуговий сегмент ескізу, виберіть команду «**Касательная дуга**» в панелі інструментів «**Эскиз**» і розмістіть курсор точно наприкінці четвертого відрізка. Далі клацніть мишею й ведіть курсор, як би продовжуючи відрізок нагору й трохи вліво. Програма динамічно буде формувати дугу. Причому дуга буде дотичною до відрізка, від якого вона почала будуватися.

Траєкторія руху по дузі повинна приблизно відповідати показаній на рис. 14, щоб центральний кут дуги був близький до 180°. Особливої точності домагатися не треба. Ескіз повинен мати поки приблизні форму й розміри. Після клацання миші, до ескізу додається півколо. Якщо у вас дуга з першого разу не вийшла, натисніть клавішу <Delete> і спробуйте ще раз. Для завершення команди в контекстному меню правої кнопки миші є пункт «**Выбрать**». Знову активізуйте команду побудови відрізків і намалюйте відрізки, приблизно симетричні побудованим. Залежно від того, наскільки близько до ідеального розташування вказувалися точки, ескіз може виявитися правильним або злегка перевернутий. Ескіз може вийти, наприклад, таким, як показано на рис.15. Нічого страшного, що ескіз поки "кривий". Наступними діями ми приведемо його в порядок.

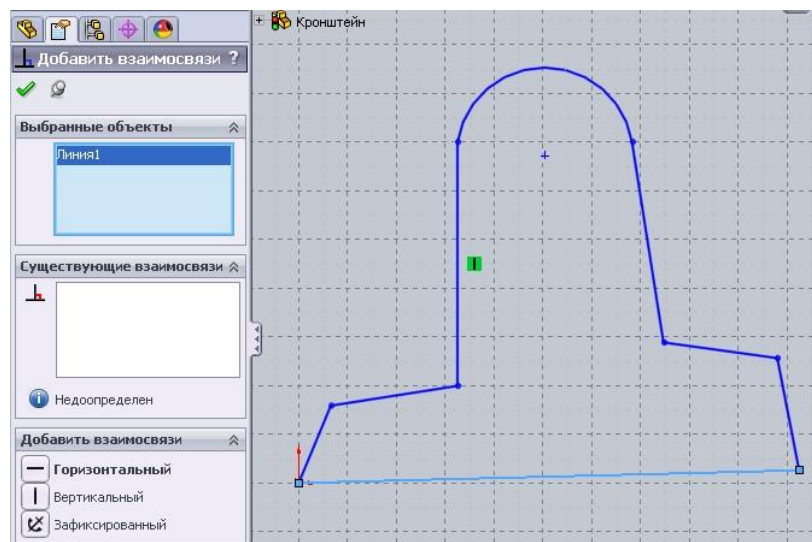


83 Рисунок 14 - Побудова дуги



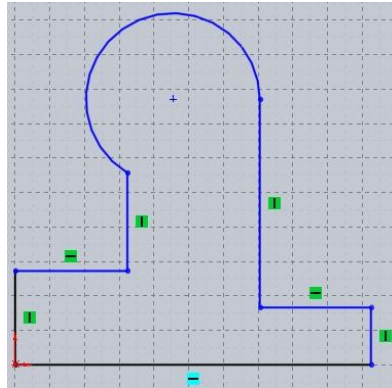
84 Рисунок 15 - Замкнений ескіз

Для того щоб накласти на ескіз додаткові взаємозв'язки елементів, необхідно викликати команду «Добавить взаимосвязь» панелі інструментів «Размеры/взаимосвязи». При цьому виникає діалогове вікно, показане на рис. 16. Спочатку вікно «Выбранные объекты» порожнє. Виділяємо мишею відрізки, які повинні бути в ескізі горизонтальними. Обрані відрізки відразу відображаються у вікні «Выбранные объекты». У вкладці «Добавить взаимосвязи» напівжирним шрифтом позначаються ті взаємозв'язки, які найбільш близькі до побудованої фігури. Наприклад, при виборі об'єкта «Лінія1» напівжирним шрифтом відзначений взаємозв'язок «Горизонтальный» (рис. 16). Натисніть на цю кнопку, і ви побачите, що нижня лінія нашого ескізу стала строго горизонтальною, а у вкладці «Существующие взаимосвязи» з'явився напис «Горизонтальность1»



85 Рисунок 16 - Накладення взаємозв'язків

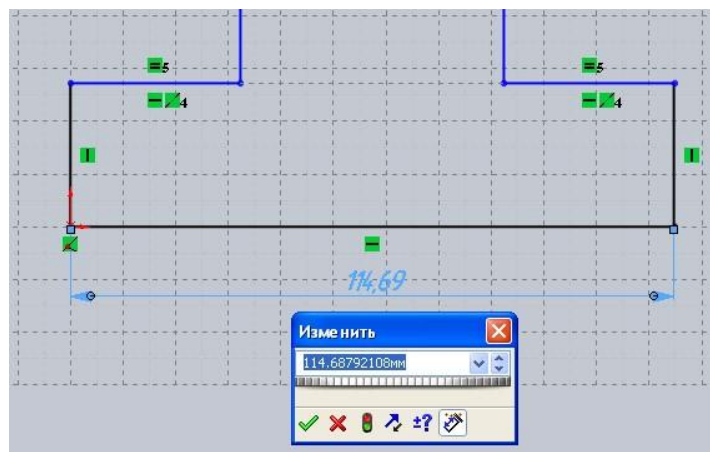
Аналогічно встановіть взаємозв'язок вертикальності для відрізків. У результаті цих дій ескіз може трохи змінити свою форму (рис. 17). Нічого страшного. Головне, щоб не з'явилися пересічні відрізки. Якщо таке відбулося, необхідно підкоректувати розміри ескізу. Зверніть увагу, що поруч із елементами ескізу проставлені значки доданих взаємозв'язків. З одного боку, вони показують, які зв'язки накладені на елемент ескізу, з іншого боку цими значками можна управляти, наприклад, вилучити взаємозв'язок.



86 Рисунок 17 - Накладені взаємозв'язки

Положення елемента в ескізі при цьому не зміниться, але зв'язок буде вилучений. Для видалення взаємозв'язку клацніть по його позначенню й натисніть клавішу <Delete>.

В інструментальній панелі «Размеры/взаимосвязи» викличте команду «Автоматическое нанесение размеров» і клацніть мишею на нижньому горизонтальному відрізку для нанесення розміру. Потім перемістіть мишу трохи нижче. З'являється динамічний зразок розміру. Для проставлення розміру в обраному місці клацніть мишею. З'явиться поле з поточним розміром відрізка. При нанесенні розміру між паралельними лініями необхідно виділити мишею спочатку одну лінію, потім другу, вказати місце для динамічного зразка розміру (рис. 18).



87 Рисунок 18 - Нанесення розмірів

Значення тільки що нанесеного розміру визначається тим, у яких точках користувач робив клацання мишею при побудові ескізу. Нам потрібно, щоб довжина нижнього відрізка становила точно 100 мм. Для того щоб добитися цього, просто двічі клацніть на розмірі. Відкривається діалогове вікно «Изменить» (рис. 18). У ньому введене поточне значення розміру. Введіть число 100 із клавіатури. Тому що SolidWorks - програма параметричного моделювання, уся геометрія ескізу підбудовується під нове значення ширини й відбувається зміна місця розташування сусідніх зв'язаних елементів. Натисніть кнопку **ОК**.

Додамо в наш ескіз кронштейна окружність із центром, що збігається із центром дуги. Викиньте команду «**Окружность**» панелі інструментів «**Эскиз**». Підведіть курсор до перехрестя — центру дуги (близько курсору повинен з'явитися символ прив'язки на жовтому тлі). Натисніть ліву кнопку миші. Далі, відводячи мишу від центру, позначте положення передбачуваної окружності й натисніть ліву кнопку миші ще раз. З'явиться новостворена окружність. Задайте розмір окружності (рис. 19).



88 Рисунок 19 - Побудова окружності

Далі встановіть товщину кільця кронштейна 5 мм. Для цього використовуйте розмір між двома вертикальними лініями й діаметр окружності: додайте нове рівняння зв'язку розміру окружності й горизонтального розміру, які повинні відрізнятися друг від друга на 10 мм (рис. 19). У завданні розміру бере участь не тільки ім'я розміру (D1, D2, D3 і т.д.), але ім'я ескізу (Ескіз) зі значком @. Тим самим розміри можуть управлятися даними не тільки із цього ескізу, але й з інших ескізів.

89 Повне визначення ескізу

Якщо ви звернули увагу, деякі елементи нашого ескізу мають синій колір, а в статусному рядку SolidWorks зазначено «Недоопределен». Це означає, що наш ескіз не повністю готовий: ми можемо, зачепивши мишею за який-небудь елемент ескізу, перетягнути його. Недовизначення ескізів може позначитися надалі при створенні складань, коли одна з деталей знезап'я змінить свою форму або взаємне положення елементів у багатотільній деталі. Щоб цілком визначити ескіз, необхідно його жорстко зафіксувати щодо центру координат. Наш ескіз можна повністю визначити, додавши додаткові взаємозв'язки. В ескізі кронштейна необхідно вказати розмір висоти плічок, наприклад, 20 мм. Зробіть це й побачите, що колір елементів ескізу став чорним, а в статусному рядку зазначено «**Определен**». Тепер ескіз має єдине рішення, показане на рис. 20.

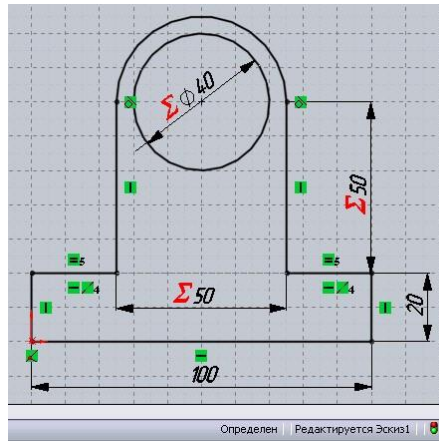


Рисунок 20 - Повне визначення ескізу

90 Використання дзеркального відбиття об'єктів

Команда дзеркального відбиття об'єктів буває корисною тоді, коли ескіз має площину симетрії. У цьому випадку немає необхідності повністю малювати ескіз, досить намалювати його половину й дзеркально відобразити.

Послідовність застосування даної команди наступна:

1. Малюємо елементи ескізу.
2. Проводимо осьову лінію.
3. Здійснюємо дзеркальне відбиття обраних елементів.

Продемонструємо це на прикладі ескізу кронштейна. Побудуйте ескіз половини кронштейна, показаний на рис. 21

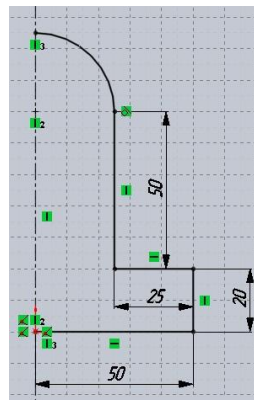


Рисунок 21 - Половина ескізу

Далі потрібно вказати розміри й зробити ескіз повністю визначеним уже відомим вам способом. Тепер активізуйте команду «Осевая линия» і проведіть осьову лінію вертикально через початок координат аналогічно тому, як раніше ви проводили лінію простого ескізу. У результаті у вас повинен вийти ескіз із осьовою лінією (рис. 21).

Тепер побудуємо дзеркальне відбиття нашого ескізу, викликавши команду «Зеркально отразить объекты» з панелі інструментів «Эскиз». У менеджері властивостей відобразиться діалогове вікно «Зеркальное отражение» (рис. 22), у якому слід вибрати елементи для відображення й лінію, щодо якої необхідно відобразити обрані елементи.

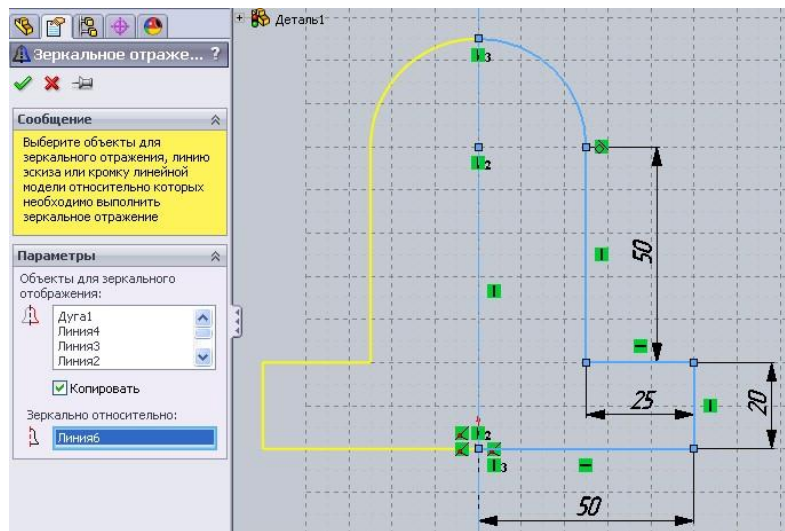


Рисунок 22 - Диалоговое окно «Зеркальное отражение»

Клацніть мишею в полі «**Зеркально относительно**» й укажіть осьову лінію. У вікні повинне з'явитися найменування лінії, наприклад, «**Линия6**». Номер лінії може відрізнятися від показаного на рис.22. Це залежить від того, якою за рахунком елементом ескізу була створена осьова лінія. Далі клацніть мишею в полі «**Объекты для зеркального отображения**» й укажіть послідовно всі елементи ескізу (крім осьової лінії). По мірі вказування елементів будуть з'являтися їхні відбиті образи (рис. 22). В разі необхідності додавання до побудованого ескізу фасок, слід використовувати діалогове вікно «**Скругление**» з панелі інструментів «**Эскиз**», відповідно у менеджері властивостей треба вибрати вкладку «**Настройки фаски**» (рис. 23).

Проробивши все це, натисніть кнопку **ОК** у менеджері властивостей, і у вас повинен вийти ескіз, показаний на рис. 24.

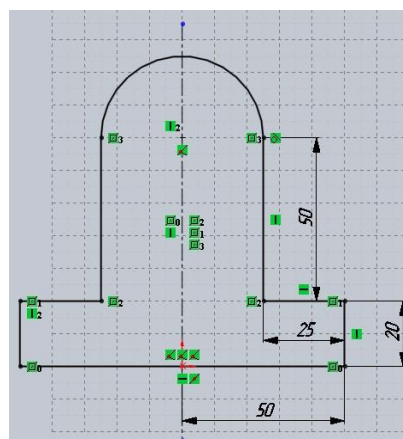
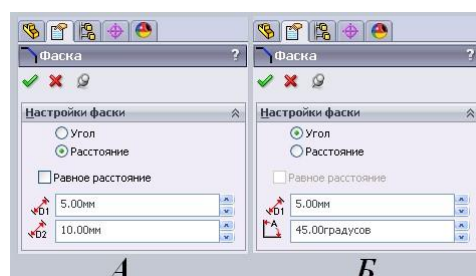


Рисунок 24 - Готовий ескіз



91 Використання команд отрисовки массивів

Команди отрисовки массивів призначені для ескізів з багаторазово повторюваними елементами. В SolidWorks розрізняють два види массивів: лінійний массив ескізу та круговий массив ескізу.

Лінійні массиви використовуються для створення копій, які можна розмістити на однаковій відстані уздовж однієї або двох траєкторій на- приклад ескіз плити із гніздами складної форми (рис. 25).

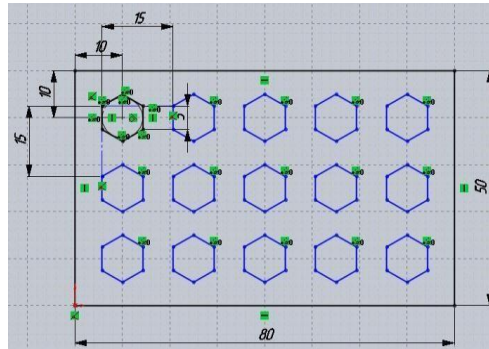


Рисунок 25 - Приклад лінійного массиву

Круговий массив застосовується в тих випадках, коли необхідно намалювати кілька однакових елементів ескізу навколо деякої точки. Для прикладу на рис. 26 показана побудова ескізу окружності з пелюстками у вигляді напівеліпсів.

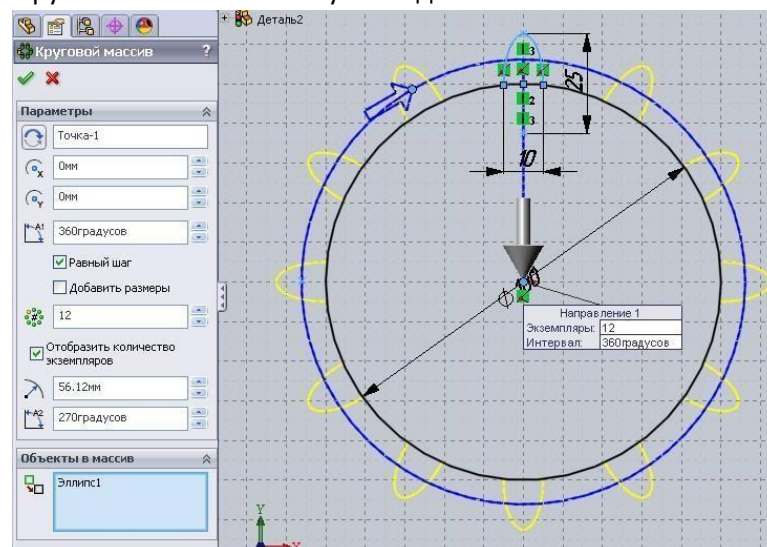


Рисунок 26 - Побудова ескізу окружності з пелюстками у вигляді напівеліпсів **Використання сплайнів в ескізах.**

Сплайни призначені для малювання складних профілів або профільованих поверхонь. Задаючи точні координати точок сплайна, можна формувати поверхні таких деталей, як лопатки турбін, кулачки і т.д. Розглянемо використання сплайна на прикладі створення профілю кулачка. Відкрийте для редагування нову область побудови й намалюйте ескіз початкової окружності радіусом 40 мм і із центром на початку координат. По команді «Сплайн» у менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Сплайн». Починаючи

ліворуч від окружності, ставлячи послідовно точки вище цієї окружності, проведіть сплайн так, як показано на рис. 27.

Щоб завершити малювання сплайна, клацніть правою кнопкою миші в графічній області побудови ескізу й у контекстному меню виберіть пункт «**Завершити сплайн**». Якщо у вас точки встануть трохи криво, то надалі положення точок можна буде виправити. Тепер просто натисніть кнопку **ОК**.

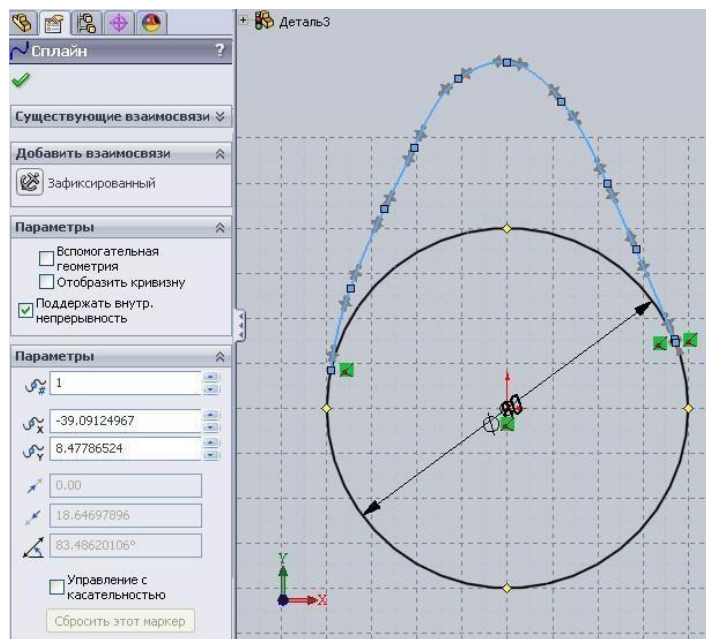


Рисунок 27 - Побудова сплайна

Для більш точної побудови профілю можна скористатися інструментом, який будує епюру кривизни сплайна в кожній точці. Наведіть курсор миші на сплайн і в контекстному меню правої кнопки виберіть пункт «**Отобразить обозначения кривизны**». На сплайні виникне епюра кривизни, а в діалоговому вікні властивостей «**Масштаб кривизны**» за допомогою движка можна задати коефіцієнт збільшення епюри. Натисніть кнопку **ОК**, коли епюра буде необхідної кривизни. Відключення відображення позначення кривизни проводиться аналогічно включенню. Тепер, міняючи положення точок сплайна, можна стежити за епюрою і коректувати сплайн.

Тривимірні ескізи.

При створенні двовимірного ескізу вся геометрія проектується на площину, і всі точки простору, розташовані за нею, виявляються поза видимістю. Силуетні крайки стають плоскими об'єктами так, що певні кути, округлення й циліндри відображаються як дуги й лінії. Тому для малювання будь-якого каркаса або звареної деталі із профілів зручно користуватися тривимірними ескізами.

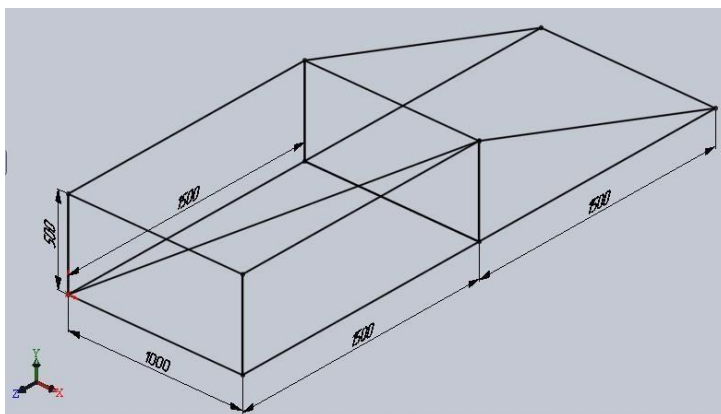


Рисунок 28 - Тривимірний ескіз естакади

При роботі із тривимірним ескизом можна скористатися графічним помічником, який допомагає зберегти орієнтацію під час малювання на декількох площинах. Цей помічник називається **маркером координат** - він з'являється при визначенні першої точки лінії або сплайна на обраній площині. За допомогою маркера координат можна вибрати вісь, уздовж якої необхідно виконати малювання. Крім того, при малюванні в тривимірному ескизі можна використовувати систему координат ескизу, яку можна відобразити в області побудов. Для цього в режимі малювання тривимірного ескизу натисніть праву кнопку миші в графічній області малювання й у контекстному меню, що випадає, виберіть пункт **«Отобразить триаду эскиза»**.

У процесі малювання тривимірного ескизу систему координат можна залишити на місці, заданому за замовчуванням, або перетягнути її на поверхню або криву, так, що осі будуть орієнтовані на дану геометрію.

При цьому можна скористатися двома способами:

- вибрати на тріаді вісь або площину, клацнувши мишею по стрілці тріади або по сектору, і перетягнути геометрію. Геометрія при цьому буде переміщатися уздовж обраної осі або в обраній площині тріади;
- перетягнути тріаду на точку. При цьому тріада буде прив'язана до даної точки, і згодом можна буде перетаскувати цю точку, перетаскуючи вісь або площину тріади. Якщо тріада буде зафіксована на місці, то геометрію однаково можна буде перетаскувати.

Щоб перейти в одну із двох площин за замовчуванням, виберіть команду ескизу й натисніть клавішу <Tab>. Відобразиться вихідна точка поточної площини ескизу. Для створення тривимірних ескізів можна використовувати одну із команд: окружності, дуги, прямокутника, лінії, сплайни, точки. При малюванні тривимірного ескизу можна створювати об'єкти на робочій площині або в довільній точці тривимірного простору. Процес побудови тривимірного ескизу нічим не відрізняється від побудови звичайного ескизу, тільки для початку побудови треба використовувати команду **«Трехмерный эскиз»** з панелі інструментів **«Эскиз»**.

Лекція № 17 Середовище AutoCAD

1. Панелі AutoCAD

У верхній частині екрану під рядком меню розташована **стандартна панель (Standard Toolbar)**, за допомогою якої крім стандартних процедур роботи з файлами можна задавати та змінювати систему координат, проводити вимірювання зображень, керувати зображенням на екрані (рис.1).



92 Рисунок 1 – Вигляд стандартної панелі

Для креслення, простановки розмірів, редагування зображення можливе використання **інструментальних панелей**, призначених для швидкого виклику команди за допомогою піктограми (рис.2). Ці панелі розташовані по периметру екрана, їх кількість та положення можна змінювати у процесі роботи. Оскільки інструментальні панелі зменшують робочу зону екрана, то їх кількість треба регулювати в залежності від наявної потреби, включаючи тільки необхідні. В разі потреби можна також створювати власні панелі, на які збирати команди, необхідні для виконання конкретної роботи.



Рисунок 2 – Вигляд інструментальної панелі Draw (Рисування)

Під робочим екраном знаходиться **командний рядок**, за допомогою якого вводяться команди з клавіатури, а також задаються необхідні параметри команд (рис.3).

```
Regenerating model.  
AutoCAD menu utilities loaded.  
Command: Specify opposite corner:
```

Command:

93 Рисунок 3 – Вигляд командного рядка

В нижній частині екрану під командним рядком знаходиться **рядок стану**, який містить координати курсору й кнопки вмикання/вимикання режимів креслення: **SNAP (КРОК)**, **GRID (СІТКА)**, **ORTHO (ОРТО)**, **POLAR (ПОЛЯРНІ)**, **OSNAP (ОБ'ЄКТНІ ПРИВ'ЯЗКИ)**, **OTRACK (СЛІДКУВАННЯ ЗА ОБ'ЄКТНИМИ ПРИВ'ЯЗКАМИ)**. Крім того він має кнопку переходу з одного простору креслення в інший: **PAPER (ЛИСТ)/ MODEL (МОДЕЛЬ)** та кнопку **LWT (ВІДОБРАЖЕННЯ/ ПРИХОВАННЯ ТОВЩИНИ ЛІНІЇ)** (рис.4).



94 Рисунок 4 – Вигляд рядку стану

2. Завдання параметрів креслення

Ряд параметрів майбутнього креслення можна задати у діалоговому вікні **Create New Drawing (Створення нового рисунка)**, яке виводиться на екран нового креслення відразу ж після запуску **AutoCAD 2000**, або при створенні нового файлу.

Для установки параметрів нового креслення у цьому вікні можна вибрати: **Use a Wizard (Визвати МАЙСТЕР)** – в області **Select a Wizard**

(Виберіть **МАСТЕР**), а в ньому вибрати **Quick Setup (Швидка підготовка)** або **Advanced Setup (Детальна підготовка)**.

Далі слід задати параметри майбутнього креслення, включаючи одиниці виміру лінійних та кутових величин, точність, напрямки завдання кутів, розміри формату.

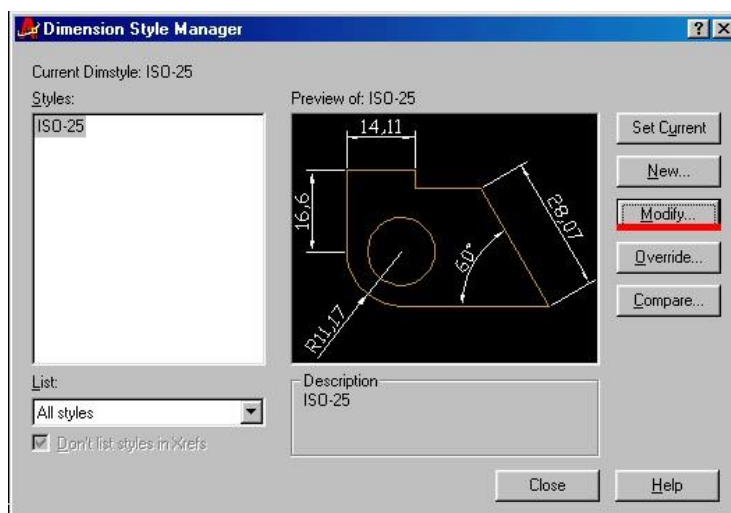
Use a template (За шаблоном) дозволяє вибрати шаблон.

Start from Scratch (Без шаблона) – почати з нуля.

Якщо в процесі роботи треба змінити параметри креслення, або робота проводиться з версією **AutoCAD**, де майстер відсутній, то перед початком роботи слід задати необхідні параметри.

Формат задається командою **limits**, після чого вводяться координати лівого нижнього та правого верхнього кута. Можна задавати формат з меню **Format (Формат)**.

Стиль розмірів задається з меню **Format (Формат)**. Для цього вибирається команда **Dimension Style (Стиль розмірностей) – Modify (Змінити)** (рис. 5):



95 **Рисунок 5 – Задання стилю розмірів**

Далі треба задати:

- у пункті **Lines and Arrows (Лінії та стрілки)** – стиль розмірних ліній та ліній винесення, а також форму та розміри стрілок (рис. 6);
- у пункті **Text (Текст)** - висоту та стиль текста, а також його розміщення відносно розмірної лінії: **Horizontal - Centered (За центром)**, **Vertical - Above (Над)** (рис. 7).

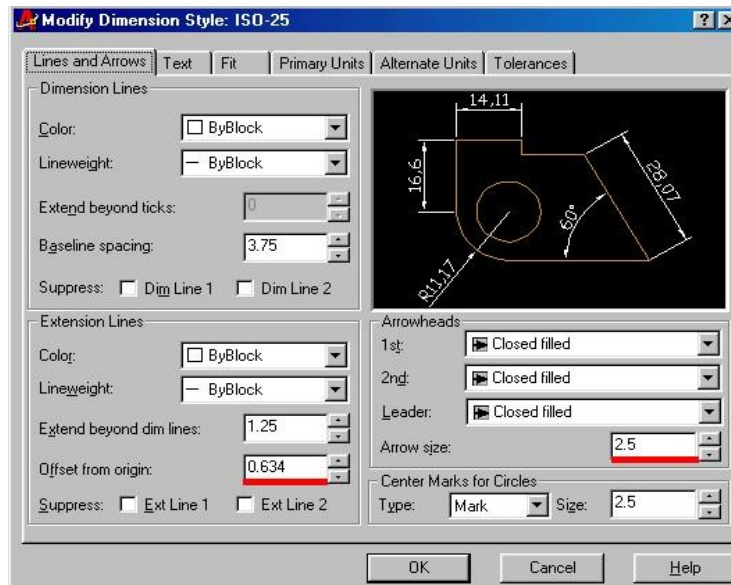


Рисунок 6 – Задання стилю розмірних ліній та стрілок

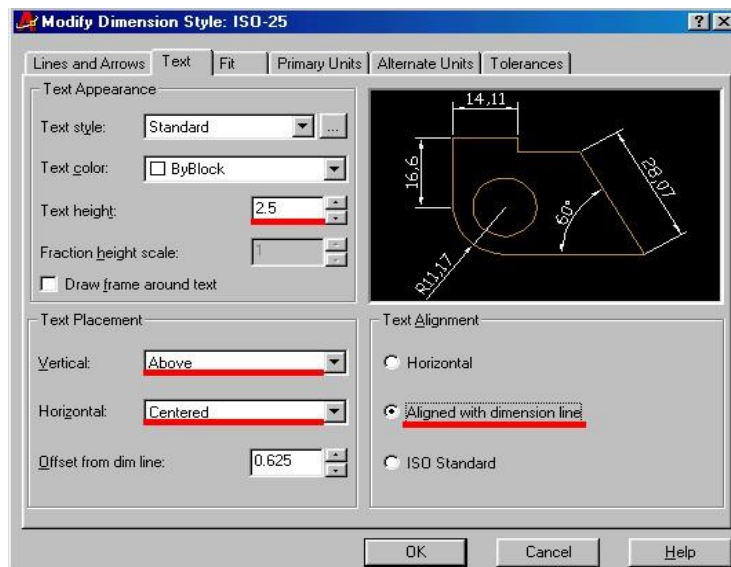


Рисунок 7 – Задання стилю тексту розмірів

Стиль тексту задається з меню **Format (Формат)**. Для цього вибирається команда **Text Style (Стиль тексту)** (рис.8).

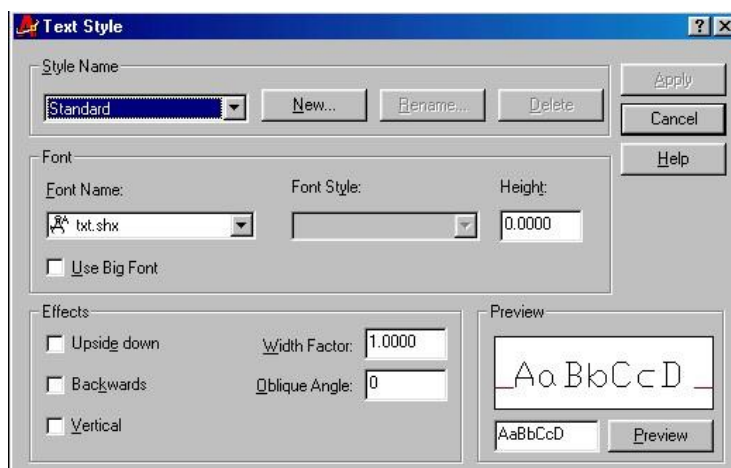
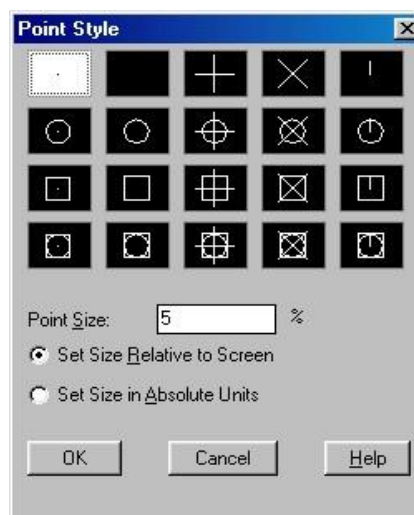


Рисунок 8 – Задання стилю тексту розмірів

Далі можна задати: **Style Name (Ім'я стилю)**, **Font Name (Тип шрифту)**, **Font Style (Стиль шрифту)**, **Height (Висоту)**, необхідні ефекти – **Upside down (Перевернутий)**, **Back Wards (Зворотній)**, **Verticale (Зверху нагору)**.

Крім того, в меню **Format (Формат)** можна задати **Point Style (Стиль відміток)**, та **Multiline Style (Стиль м – ліній)** (рис. 9, 10).

При роботі у середовищі **AutoCAD 2000** для підвищення зручності роботи можна використовувати екран потрібного кольору. Для зміни кольору слід у середовищі увійти у меню **Tools (Інструментарій)**, де вибрати команду **Options (Опції)**. У діалоговому вікні вибрати: **Display (Екран)** – **Colors (Кольори)**, після чого задати фон графічного вікна. В цьому ж діалоговому вікні можна змінити розмір курсора у відсотках від розміру екрана від 1% до 100%.



96 Рисунок 9 – Задання стилю відміток



97 Рисунок 10 – Задання стилю м – ліній

3 Керування зображенням

На стандартній панелі крім загальновідомих кнопок знаходяться кнопки, що дозволяють керувати зображенням екрана. Серед них:



— **Redraw All (Перекреслити)** – дозволяє відновити зображення;



— **Named Views (Іменовані види)** – спливаюче меню, дозволяє задати необхідну проекцію або точку зору для тривимірних зображень;



– **Pan Realtime (Панорамування)** – дозволяє переміщати зображення відносно екрана;



– **Zoom Realtime (Зміна розміру зображення екрана)** – дозволяє збільшити або зменшити зображення на екрані;



– **Zoom Window (Покажи рамкою)** – дозволяє вибрати частину зображення;



– **Zoom Previous (Попередній крок).**

4. Системи координат

Значення координат, незалежно від способу їх вводу, завжди пов'язані з системою координат. За замовчанням завжди використовується **World Coordinate System – WCS (Світова Система Координат)**. Вона визначена так: OX – зліва направо, OY – знизу вгору, OZ – перпендикулярно екрану назовні. Для зручності роботи може бути прийнятою **User Coordinate System – UCS (Користувальницька система координат)**, яку можна перемістити й повернути відносно світової. Для завдання користувальницької системи координат слід вибрати в просторі формату точку, у яку помістити початок координат за допомогою команди:  – **UCS (КСК)**, після чого ввести координати точки, яка відповідає новій системі координат.

5. Робота з шарами

Для підвищення зручності роботи у **AutoCAD** існує поняття шарів. Кожен шар має свої властивості: колір, тип лінії, стилі та ін. При роботі зі складними кресленнями можна виключати деякі шари, робити їх неактивними.

Рекомендується будувати у різних шарах:

- основні зображення кожного окремого виду (ім'я ВИД_N);
- центрові лінії (ім'я ВІСЬОВІ);
- допоміжні зображення, лінії побудови (ім'я ДОПОМІЖНІ);
- розміри (ім'я РОЗМІРИ);
- текстову інформацію (ім'я ТЕКСТ); □ таблиці (ім'я ТАБЛИЦЯ_N);
- рамку та штамп (шар РАМКА).

Для кожного шару слід задати тип лінії та колір.

Для створення нових шарів та їх редагування використовується **Object Properties (Рядок властивостей об'єкта)** (рис. 11).



Рисунок 11 – Видгляд рядку властивостей об'єкта

До нього входять такі інструменти:

- **Make Objects Layer Current (Зробити шар поточним);**
- **Layers (Шари)** – для виклику діалогового вікна параметрів шарів і типів ліній;
- **вікно керування шарами** – для завдання або зміни шару, а також зміни його властивостей (включити / виключити, заморозити у всіх видах, заморозити у поточному виді, заблокувати / розблокувати, змінити колір);
- **вікно керування кольором** – для зміни кольору;
- **вікно керування типом лінії** – для зміни типу лінії.
- **вікно керування товщиною лінії** – для зміни товщини лінії.

Для створення нових шарів слід вибрати команду  **Layer (Шари)**, після чого з'являється діалогове вікно **Layer Properties Manager**

(Властивості шару та типу лінії) У цьому вікні можна створити новий шар (**New**), задати для нього ім'я, колір, тип лінії (рис. 12).

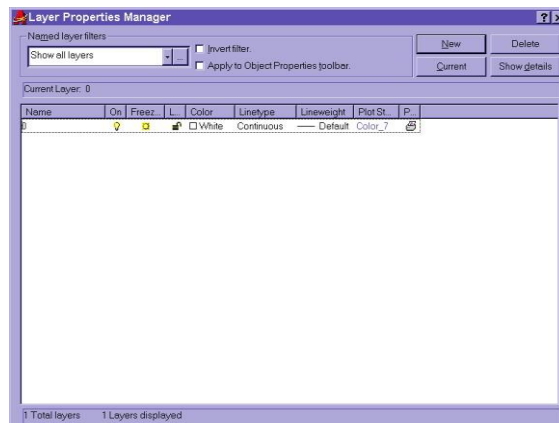


Рисунок 12 – Діалогове вікно для створення шарів

Якщо лінії необхідного типу немає у списку, то її необхідно попередньо завантажити, для чого увійти у меню **Format (Формат)** та обрати **Linetype (Обрати тип лінії)**. У діалоговому вікні, що з'явиться при цьому, слід обрати опцію **Load (Завантажити)** та обрати необхідні типи ліній.

Основні прийоми роботи в середовищі AutoCAD

Середовище **AutoCAD** найчастіше використовується для створення двовимірних креслень. Але перш, ніж виконувати креслення, слід спочатку створити зображення майбутньої деталі. Для цього використовуються команди креслення **Draw (Рисувати)** для створення так званого образу зображення та команди редагування **Modify (Модифікувати)** для доведення його до кінцевого стану.

Для креслення найчастіше застосовуються команди:

- команда **XLINE**  (**конструкційна пряма**) – для виконання осевих та допоміжних ліній, найчастіше використовуються v – вертикальна, h – горизонтальна, o – подібна (на заданій дистанції), a – під заданим кутом;
- команда **LINE**  (**відрізок**) – для виконання основних та допоміжних ліній. Положення відрізків задається за двома точками, при цьому положення початкової точки можна задавати абсолютними координатами, або за допомогою прив'язок до елементів існуючого зображення, положення кінцевої точки – аналогічно, або відносними координатами (відносно початкової точки);
- команда **PLINE**  (**полілінія**) – аналогічна попередній команді, але вона дозволяє отримувати складне зображення з ряду відрізків, дуг, або сплайнів як єдиний об'єкт, при цьому для створення замкнених зображень замість координат точки, що замикає зображення слід вводити c – замкнути. Крім того, ця команда дозволяє отримувати лінії заданої товщини (товщина може мінятися протягом ліній, що дозволяє отримувати, наприклад, стрілки);
- команда **SPLINE**  (**сплайн**) – дозволяє отримувати довільні (непрямі) елементи зображення;
- команди **CIRCLE**  (**коло**), **ELLIPS**  (**еліпс**), **POLYGON**  (багатокутник) описаний навколо кола c або уписаний у нього i, **RECTANG**  (**прямокутник**) дозволяють отримувати зображення відповідних елементів креслення;
- команди **TEXT** (текст), **MTEXT**  (**мультитекст**), **DTEXT**  (**політекст**) дозволяють виконувати, відповідно, звичайний однолінійний текст (з завданням початкової точки, висоти шрифту, кута нахилу та стилю), багатолінійний текст (з завданням поля тексту, висота шрифту при цьому залежить від розмірів поля та об'єму напису), багатолінійний текст (з переносом рядків).

- Для редагування зображень найчастіше застосовуються команди:
- команда **COPY**  (**копіювати**) – дозволяє скопіювати один або декілька елементів зображення та додати їх у будь – яке місце креслення. Початковий об'єкт при цьому зберігається. У діалозі треба задати елементи об'єкта, які потрібно скопіювати, базову точку вставки (за якою об'єкт вставлятиметься на інше місце) та точку, в яку об'єкт вставлятиметься. Якщо у діалозі обрати **Multiple (m)**, то за допомогою цієї команди об'єкт можна копіювати багато разів;
 - команда **MOVE**  (**перенести**) – діє аналогічно попередній команді, але об'єкт видаляється з початкового місця та переноситься у інше;
 - - команда **ROTATE**  (**обертання**) – використовується для зміни положення елементів зображення; обертання виконується відносно обраної точки на заданий кут. Напрямки обертання: позитивний кут – проти годинної стрілки, від'ємний – поза. Напрямки обертання можна змінити у **Advanced Setup (Детальна підготовка)** за допомогою **МАЙСТРА**;
 - - команда **MIRROR**  (**дзеркальне відображення**) – дозволяє отримувати дзеркальне зображення одного або декількох елементів об'єкта, при цьому задаються координати осі

обертання (безпосередньо або за допомогою прив'язок до елементів існуючого зображення). Команда завершується вибором опції **Delete old objects (Видалити попередній об'єкт)**, на який за умовчанням можна відповісти **N (ні)**. Якщо ж об'єкт треба видалити, слід набрати **Y (так)**;

- - команда  **OFFSET (подоба)** – дуже зручна команда, якщо треба скопіювати зображення (в тому числі й складне) зі збільшенням або зменшенням масштабу. Цю команду можна використовувати також для копіювання відрізків ліній на задану дистанцію (аналогічно команді **XLINE** - о) та створення концентричних кіл. Задається об'єкт копіювання, дистанція, на яку треба скопіювати (відстань між рівнобіжними лініями зображень, для концентричних кіл - це різниця між радіусами) та напрямок копіювання;
- команда **ARRAY**  (**масив**) дозволяє виконувати складне багаторазове копіювання об'єктів, якщо вони розташовані з постійною дистанцією лінійною (за горизонталлю, вертикаллю) або кутовою. Відповідно до цього масив буває прямокутний (**Rectangular**), або полярний (**Polar**). Під час виклику цієї команди з'являється діалогове вікно, у якому слід задати: вид масива, дистанцію копіювання.

Вид діалогових вікон роботи з масивами наведений на рис. 13, 14.

При роботі з прямокутним масивом (**Rectangular Array**) слід задати кількість копій за рядками (**Rows**) та стовбцями (**Columns**), дистанції між копіями у рядках та стовбцях, а також кут оберт усього масиву при копіюванні (**Angle of array**). Після цього слід вказати об'єкт копіювання (**Select objects**) (рис.13).

При роботі з полярним масивом (**Polar Array**) слід задати координати центральної точки (полюса). Кількість копій можна задавати декількома методами. Якщо обрати **Total number of items** □ **Angle to fill**, то задається загальна кількість ітерацій та загальний кут масива. Якщо обрати **Total number of items** □ **Angle between items**, то задається загальна кількість ітерацій та кут між ітераціями. Якщо обрати **Angle to fill** □ **Angle between items**, то задається загальний кут масива та кут між окремими ітераціями. Включена опція **Rotate items as copied** дозволяє обертати копію відносно полюса. Після цього слід вказати об'єкт копіювання (**Select objects**) (рис. 14).

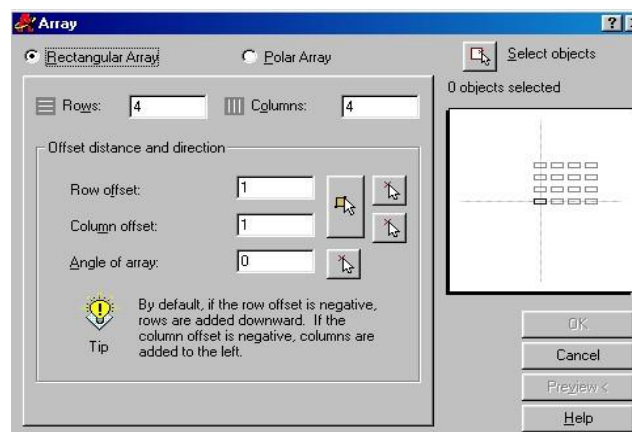


Рисунок 13 – Діалогове вікно завдання параметрів прямокутного масиву.

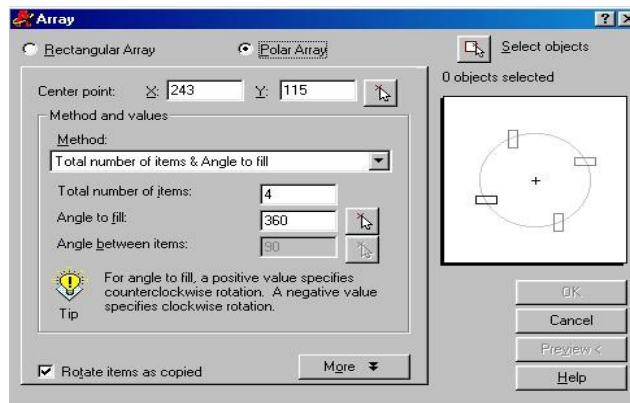


Рисунок 14 – Діалогове вікно завдання параметрів полярного масиву.

- команда **TRIM**  (**вирівняти, обрізати**) дозволяє обрізати залишки ліній зображення, використовується дуже часто. У діалозі слід по-перше задати лінії, за допомогою яких буде проводитись відрізка, а потім – лінії, які треба відрізати;
- команда **EXTEND**  (**витягнути**) дозволяє дотягнути лінію до заданої лінії або контуру. У діалозі слід по-перше задати лінії (контури), до яких слід витягувати, а потім – лінії, які треба витягнути;
- команда **FILLET**  (**скруглення**) дозволяє отримати скруглення заданого радіуса між лініями, що перетинаються. Якщо радіус скруглення відрізняється від встановленого за змовчанням, то в діалозі слід спочатку задати його, обравши **Radius r**. Крім того, можна попередньо задати **Trim (відрізати)** або **No trim (не відрізати)**. В першому випадку частини ліній поза скругленням будуть видалені, у другому – ні. Після цього слід задати дві лінії перетину, між якими виконується скруглення;
- команда **CHAMFER**  (**фаска**) дозволяє отримати фаску заданого розміру між лініями, що перетинаються. В діалозі можна задати: проекції фаски на горизонталь та вертикаль **d** або кут фаски **a** (при цьому спочатку задається проекція на горизонталь, потім кут). Тут також можна попередньо задати **Trim (відрізати)** або **No trim (не відрізати)**. Аналогічно попередній команді після завдання параметрів фаски слід задати дві лінії перетину, між якими вона виконується;
- команда **EXPLODE**  (**руйнування блока**) використовується, якщо потрібно редагувати суцільний об'єкт (наприклад, створений за допомогою команди **PLINE**, або раніше створений блок). В цьому випадку редагування елементів неможливе, необхідно обрати команду та об'єкт руйнування, після чого він розпадається на окремі елементи;
- команда **ERASE**  (**знищити**) використовується для видалення елементів зображення аналогічно кнопці **Delete** на клавіатурі;
- команда **HATCH**  (**штриховка**) дозволяє отримувати різні види штриховки замкнених контурів за допомогою шаблонів або паралельними лініями з заданими дистанцією та кутом нахилу. Після виклику команди з'являється діалогове вікно, вид якого наведений на рис. 15.

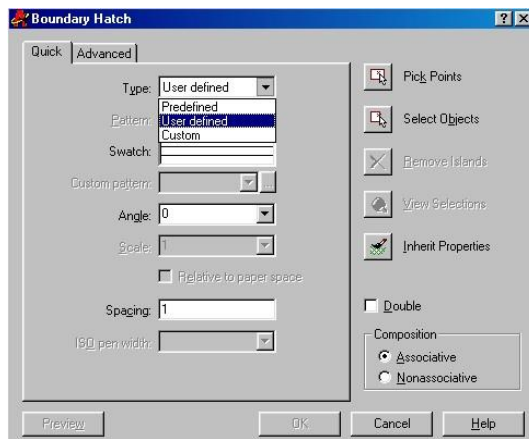


Рисунок 15 – Діалогове вікно параметрів штриховки

У цьому вікні можна обрати тип штриховки (за шаблоном – **Predifined**, або користувальницьку – **User defined**), задати тип шаблона, кут оберту, масштаб, для користувальницької – дистанцію між лініями та її вигляд – одиночна або подвійна (**Double**). На закладці **Advanced** (рис. 16) можна вибрати варіант штрихування декількох замкнених контурів. Задавши параметри, слід обрати об'єкт штриховки (замкнений контур) точкою усередині контура, або рамкою.

Після створення зображень видів деталі слід проставити її розміри. Для цього слід використовувати команди з інструментальної панелі **Dimension** (Величини).

Найчастіше використовувані команди, що застосовуються для простановки розмірів:

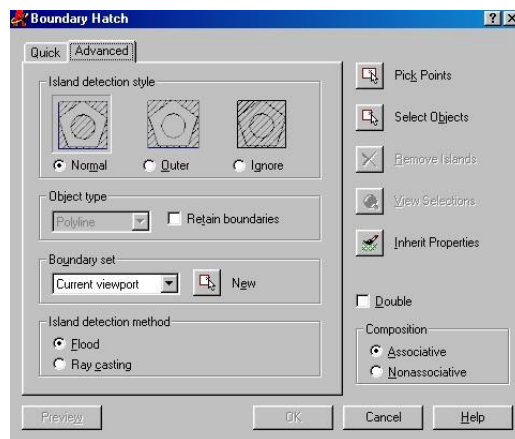


Рисунок 16 – Діалогове вікно штриховки декількох замкнених контурів

- команда **DIMLINEAR**  (**лінійний розмір**) для простановки розмірів лінійних горизонтальних та вертикальних поверхонь;
- команда **DIMALIGNED**  (**паралельний розмір**) для простановки розмірів довільних поверхонь;
- команда **DIMANGULAR**  (**кутовий розмір**) для простановки розмірів кутів;
- команда **DIMDIAMETER**  (**діаметр**) для простановки діаметрів (тільки на колах);
- команда **DIMRADIUS**  (**радіальний розмір**) для простановки радіусів дуг.

Якщо розміри задаються від однієї бази, можна використовувати

команду DIMBASELINE  (базовий розмір) , якщо ланцюжком - DIMCONTINUE 
(розмірний ланцюг).

Для створення виносних елементів на цій же панелі передбачена команда LEADER 
(виноска). Перед початком простановки розмірів слід попередньо задати їх стиль.

Різні елементи зображень рекомендується виконувати у різних шарах. Так, слід виконувати у різних шарах лінії основного контура, допоміжні, осьові, розмірні, написи, штриховку, тощо. Крім того, можна створювати у різних шарах різні види деталі.

При виконанні зображень зручно використовувати користувальницьку систему координат. Ця команда має вигляд USC або викликається зі стандартного меню  - о. Після цього можна задати будь - яку точку креслення як початок координат. Найзручніше задавати початок координат у перетинах осьових ліній, будь – якому куті зображення, тощо.

Примітка. Користувальницьку систему координат можна багаторазово міняти протягом роботи.