



Нарисна геометрія, інженерна та  
комп'ютерна графіка

# ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

*Класифікація, основні геометричні параметри,  
основи побудови зображення*

# Зубчасті передачі



**Зубчаста передача** — це механізм або частина механізму механічної передачі, в склад якого входять зубчасті колеса.



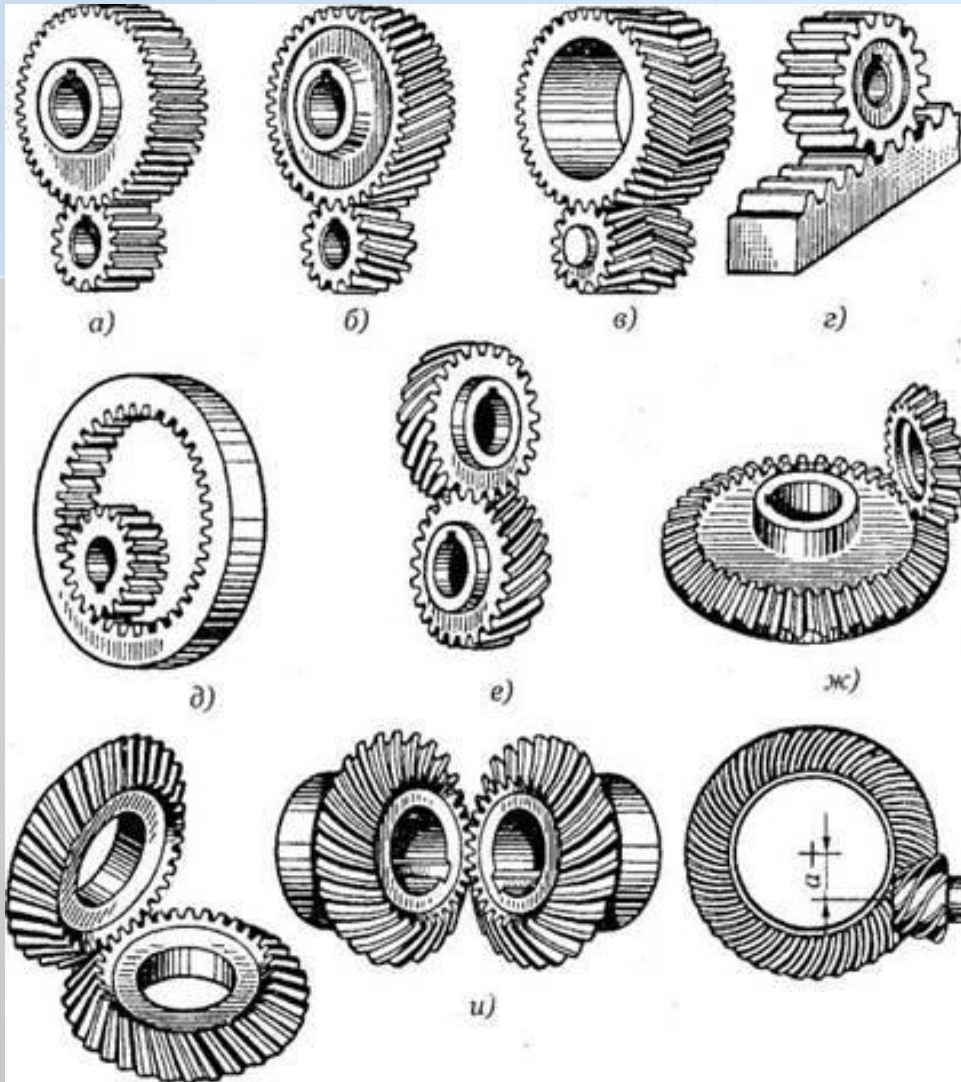
Призначення:



- передача обертального руху між валами, які можуть мати паралельні осі, осі які перетинаються або перехрещуються;
- перетворення обертального руху в поступальний, і навпаки.



# Зубчасті передачі



## Види зубчастих передач:

- a, б, в*** — циліндричні зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням;
- г*** — рейкова передача;
- д*** — циліндрична передача із внутрішнім зачепленням;
- е*** — зубчаста гвинтова передача;
- ж, з, и*** — конічні зубчасті передачі;
- к*** — гепоїдна передача.

# Зубчасті передачі

*Основні елементи, терміни, визначення і позначення:*

Зубчаста передача складається з двох зубчастих коліс - **ведучого і веденого**.

Менше по числу зубців з пари коліс називають **шестернею**, а більше – **колесом**.

Термін «зубчасте колесо» є загальним.

Параметрам шестерні (ведучого колеса) приписують при позначенні індекси 1, 3, 5 тощо, а параметрам веденого колеса – 2, 4, 6 тощо.

# Зубчасті передачі

## Основні параметри:

$d_a$  — діаметр вершин зубців;

$d_r$  — діаметр западин зубців;

$d_a$  — початковий діаметр;

$d$  — ділительний діаметр;

$p_t$  — окружний крок;

$h$  — висота зуба;

$h_a$  — висота ніжки зуба;

$c$  — радіальний зазор;

$b$  — ширина вінця (довжина зуба);

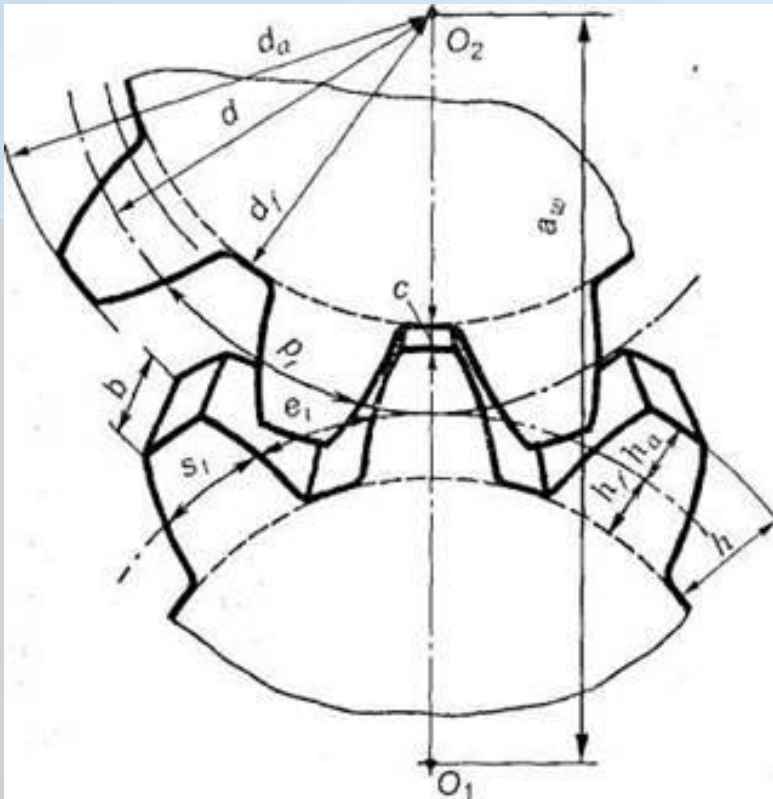
$e_t$  — окружна ширина западин зуба;

$s_t$  — окружна товщина зуба;

$a_w$  — міжосева відстань;

$a$  — ділительна міжосева відстань;

$Z$  — число зубців.



*Ділительне коло* — коло, по якому обкатується інструмент під час нарізання зубців.

Ділительне коло пов'язане з колесом і ділить зуб на голівку та ніжку.

# Зубчасті передачі

*Модулем зубців називається частина діаметру ділильного кола, яка припадає на один зуб.*

Модуль є основною характеристикою розмірів зубців. Для пари коліс зачеплення модуль повинен бути однаковим.

*Лінійну величину, що в  $\pi$  раз менше окружного кроку зубців, називають окружним модулем зубців і позначають  $m$ .*

Розміри циліндричних прямозубих коліс вираховують по окружному модулю, який називають розрахунковим модулем зубчатого колеса, або просто **модулем**; позначають літерою  **$m$** . Модуль вимірюють в міліметрах. Модулі стандартизовані (табл. 1).

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
1	1,125	3	3,5	10	11	32	36
1,25	1,375	4	4,5	12	14	40	45
1,5	1,75	5	5,5	16	18	50	55
2	2,25	6	7	20	22	60	70
2,5	2,75	8	9	25	28	80	90

Таблиця 1. Стандартні значення модулів

*Примітка.* При призначенні модулів перший ряд значень переважає другий.



# Зубчасті передачі

## Циліндрична прямозуба передача

*Зубчасту передачу з паралельними осями, у коліс якої поверхні по діаметру виступів циліндричні, називають циліндричною.*

Циліндрична прямозуба зубчаста передача складається з двох чи декількох пар циліндричних зубчастих коліс з прямими зубцями.

Така передача найбільш проста у виготовленні. Застосовується як у відкритому, так і у закритому виконанні.



Параметр, позначення	Розрахункові формули	Параметр, позначення	Розрахункові формули
Модуль $m$	$m = \frac{p}{\pi}; m = \frac{d}{z}; m = \frac{d}{z+2}; m = \frac{2a_w}{z_2}$	Окружна товщина зуба	$s_t = \frac{\pi m}{2}$
Діаметр вершин зубців $d_a$	$d_a = m(z + 2)$	Окружна товщина западин зубців	$e_t = \frac{\pi m}{2}$
Ділильний діаметр $d$	$d = mz$	Радіальний зазор $c$	$c = 0,25m$
Діаметр западин зубців $d_f$	$d_f = m(z - 2,5)$	Міжосева відстань	$a_w = \frac{mz_2}{2}$
Висота зуба $h$	$h = 2,25m$	Окружний крок $p_t$	$p_t = \pi m$
Висота голівки зуба $h_a$	$h_a = m$	Довжина зуба (ширина вінця)	$b_w = b = m \psi_m$
Висота ніжки зуба $h_f$	$h_f = 1,25m$		

Таблиця 2. Геометричні параметри прямозубої циліндричної передачі

Передаточне число  $u$  обмежується габаритними розмірами передачі.

Для однієї пари циліндричних зубчастих коліс :

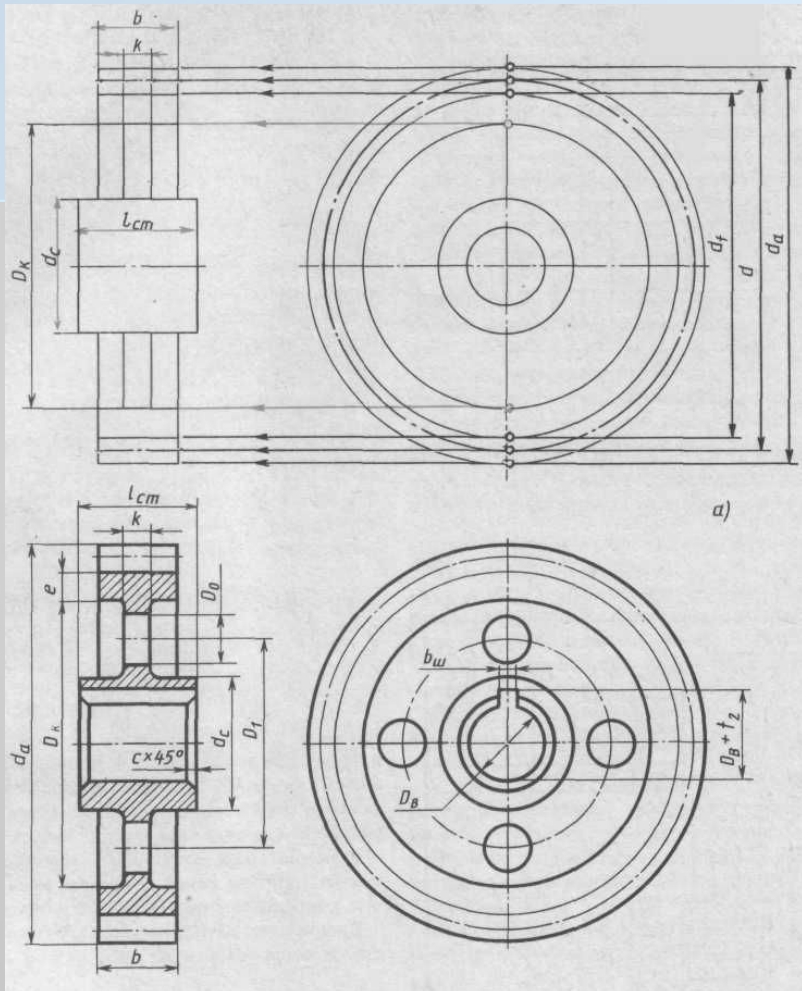
$$z_2 / z_1 = u \leq 12,5$$

# Зубчасті передачі

## Спрощення та умовні зображення зубчастого колеса

За ГОСТ 2.402—68 встановлено такі умовні зображення на кресленнях:

- коло і твірні поверхні виступів зубців показують основною лінією на всіх зображеннях;
- коло і твірні поверхні западин зубців у розрізах і перерізах показують основною лінією. Дозволяється на видах, перпендикулярних до осі колеса, показувати коло і твірні поверхні западин суцільною тонкою лінією;
- початкові і ділильні кола та твірні поверхні початкових і ділильних циліндрів зображують тонкою штрих-пунктирною лінією на всіх видах і розрізах колеса;
- зубці коліс креслять лише в осьових розрізах (зображають нерозрізаними), а на інших зображеннях показують поверхню їх вершин. Якщо треба показати профіль зубця, рекомендується накреслити його у вигляді виносного елемента або на обмеженій ділянці деталі;
- напрям зубців у разі потреби показують поблизу осі колеса трьома тонкими паралельними лініями з відповідним похилом поблизу осі колеса.





# Зубчасті передачі

## Послідовність виконання зображення зубчастого колеса

Ескізи і робочі креслення зубчастих коліс виконують у такій послідовності:

- ❖ вимірюють діаметр кола  $d_a$  і підраховують число зубців;
- ❖ за формулою визначають модуль і звіряють його з таблицею модулів. Якщо подібної величини в стандарті немає, для розрахунку беруть найближче стандартне значення і за ним визначають всі параметри зубчастого колеса. Наприклад, число зубців колеса  $z = 24$ , діаметр кола виступів  $d_a = 210$  мм.

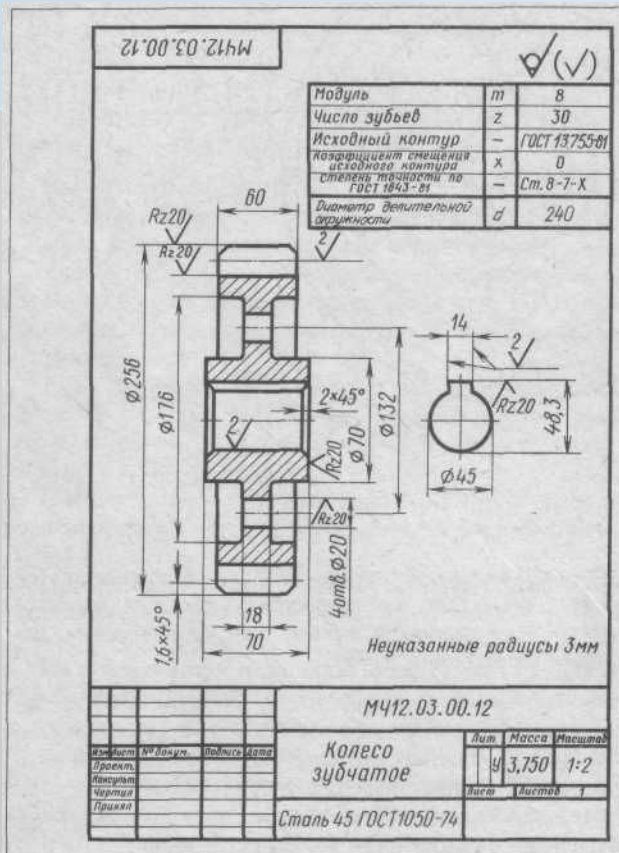
$$\text{Отже, модуль } m = \frac{d_a}{z+2} = \frac{210}{24+2} = 8,07 \text{ мм.}$$

Звіряючи його з таблицею модулів, бачимо, що найближче значення  $m = 8$  мм, за яким і виконуємо далі розрахунки.

- ❖ Креслення виконують за ГОСТ 2.403—75 у поздовжньому фронтальному розрізі на місці виду спереду і виду зліва.

# Зубчасті передачі

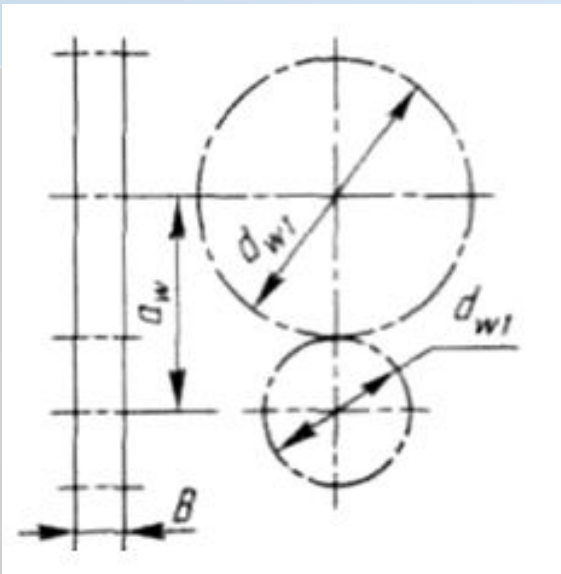
## Послідовність виконання зображення зубчастого колеса



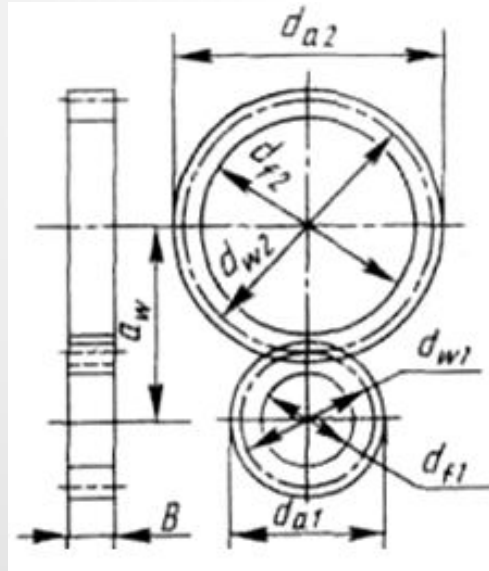
- ❖ На зображенні циліндричного зубчастого колеса проставляють розмір діаметра кола вершин  $d_a$ , довжину (ширину) зубців  $b$  розмір фасок або радіусів заокруглень на торцевих кромках циліндра виступів, шорсткість бічної поверхні зубців, поверхні виступів і западин;
- ❖ наносять усі конструктивні розміри, що характеризують елементи колеса – обід, маточину і диск;
- ❖ у верхньому правому куті вміщують таблицю параметрів. Вона поділяється на три частини, відокремлені одна від одної основними лініями: перша (верхня) містить дані для виготовлення колеса, друга призначена для контролю виробу, а третя містить довідкові матеріали

# Зубчасті передачі

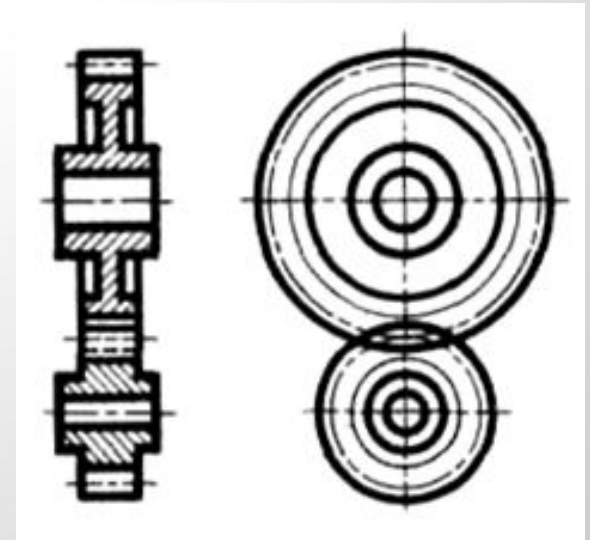
## Послідовність виконання зображення циліндричної зубчастої передачі



Перший етап



Другий етап



Третій етап

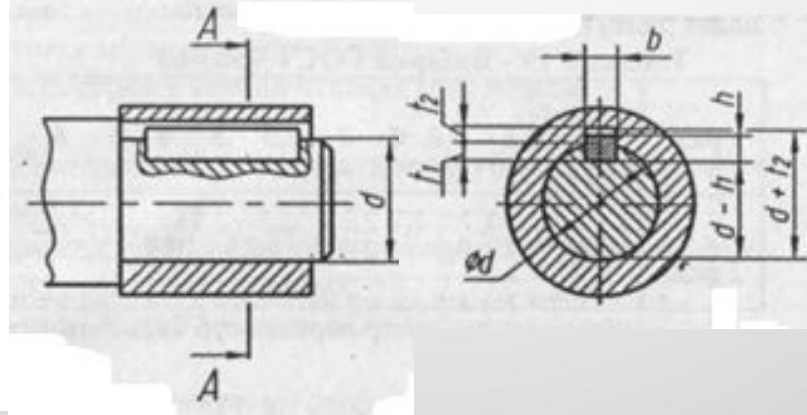
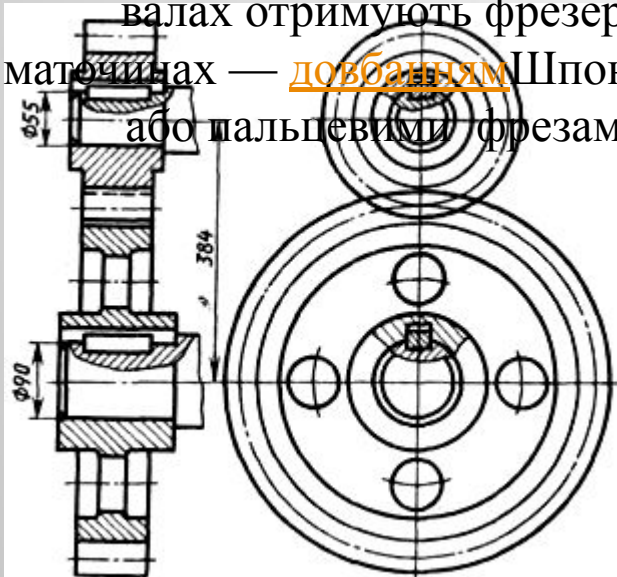
# Зубчасті передачі

## Шпонкове з'єднання ГОСТ 23360-78

**Шпонкове з'єднання** — один з видів з'єднання валу з втулкою з використанням додаткового конструктивного елемента **шпонки**, призначеної для запобігання їх відносного провертання. Найчастіше шпонкове з'єднання використовується для передачі крутильного моменту в з'єднаннях обертового валу із зубчастим колесом.

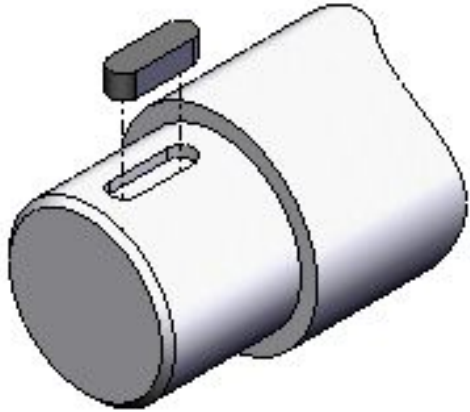
Шпонкові з'єднання — розбірні.

Шпонкові пази у валах отримують **фрезеруванням** Шпонкові пази у валах отримують фрезеруванням дисковими або пальцевими **фрезами** Шпонкові пази у валах отримують фрезеруванням дисковими або пальцевими фрезами, а в маточинах — **довбанням** Шпонкові пази у валах отримують фрезеруванням дисковими або пальцевими фрезами, а в маточинах — **довбанням** чи **протягуванням**.

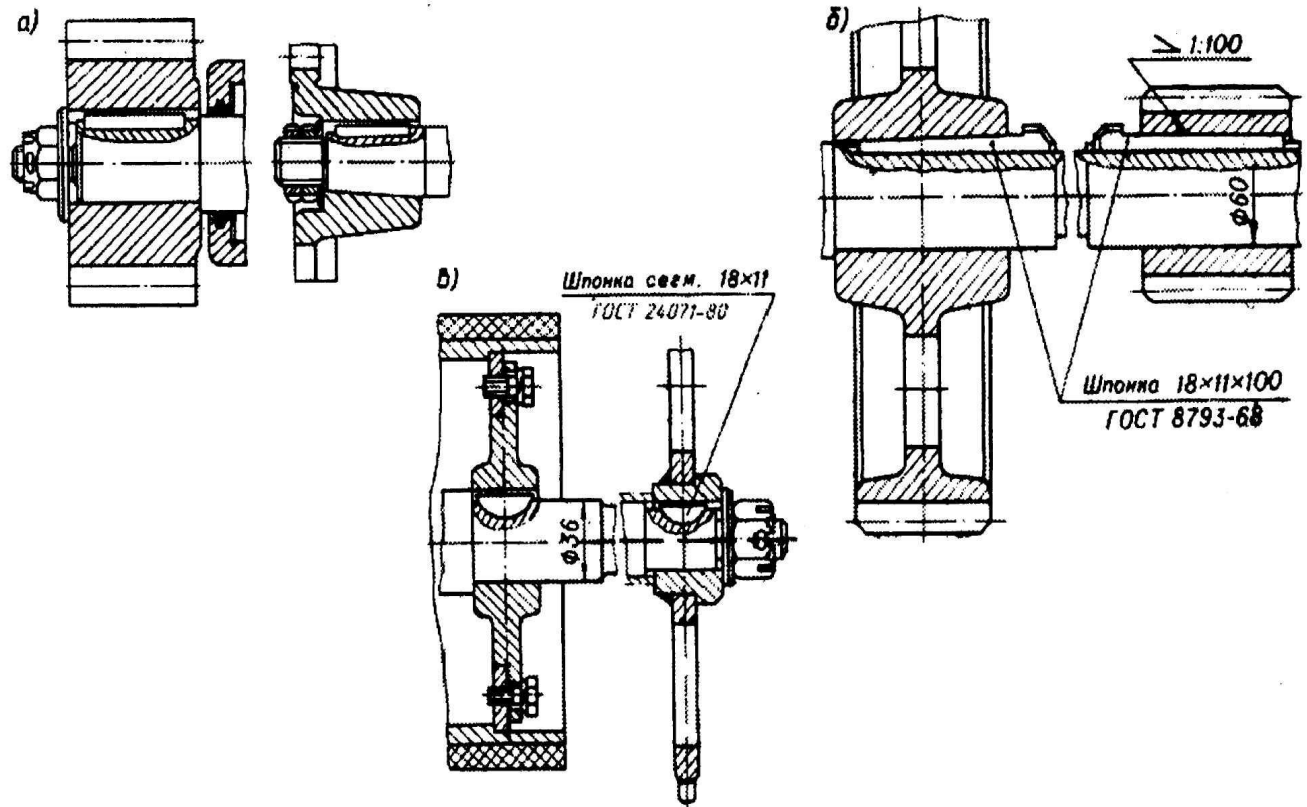


# Зубчасті передачі

**Шпóнка** (від нім. *Spon, Span* — тріска, клин, підкладка) — це металева або дерев'яна деталь, яку встановлюють у пазах двох дотичних деталей для запобігання відносного обертання чи зміщення цих деталей. При роботі шпонка зазнає деформації згину, зсуву, зрізу і стискання.



За формою шпонки поділяються на призматичні (а), клинові (б), сегментні (в), тангенціальні і циліндричні.





# Зубчасті передачі



## Конічна зубчаста передача

*Зубчасту передачу з осями, що перетинаються і у якій початкові і ділильні поверхні коліс конічні, називають конічною.*

□ Конічна передача складається з двох конічних зубчастих коліс і служить для передачі обертального моменту між валами з осями що перетинаються під кутом  $\delta_1 + \delta_2 = \Sigma$

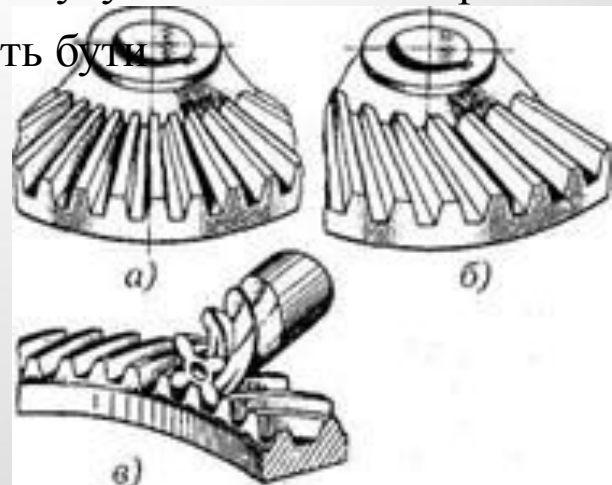
□ Найбільш розповсюджена в машинобудуванні конічна передача з кутом між осями  $\Sigma \geq 90^\circ$  але можуть бути

**Конічні зубчасті колеса:**

***a*** — колесо з прямими зубцями;

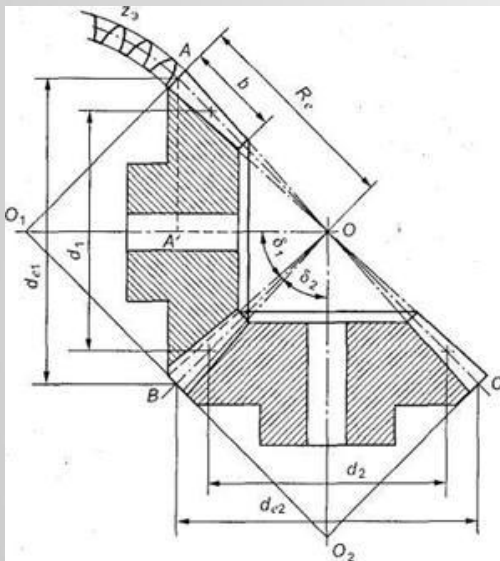
***б*** — колесо з косими зубцями;

***в*** — колесо з круговими зубцями





# Зубчасті передачі

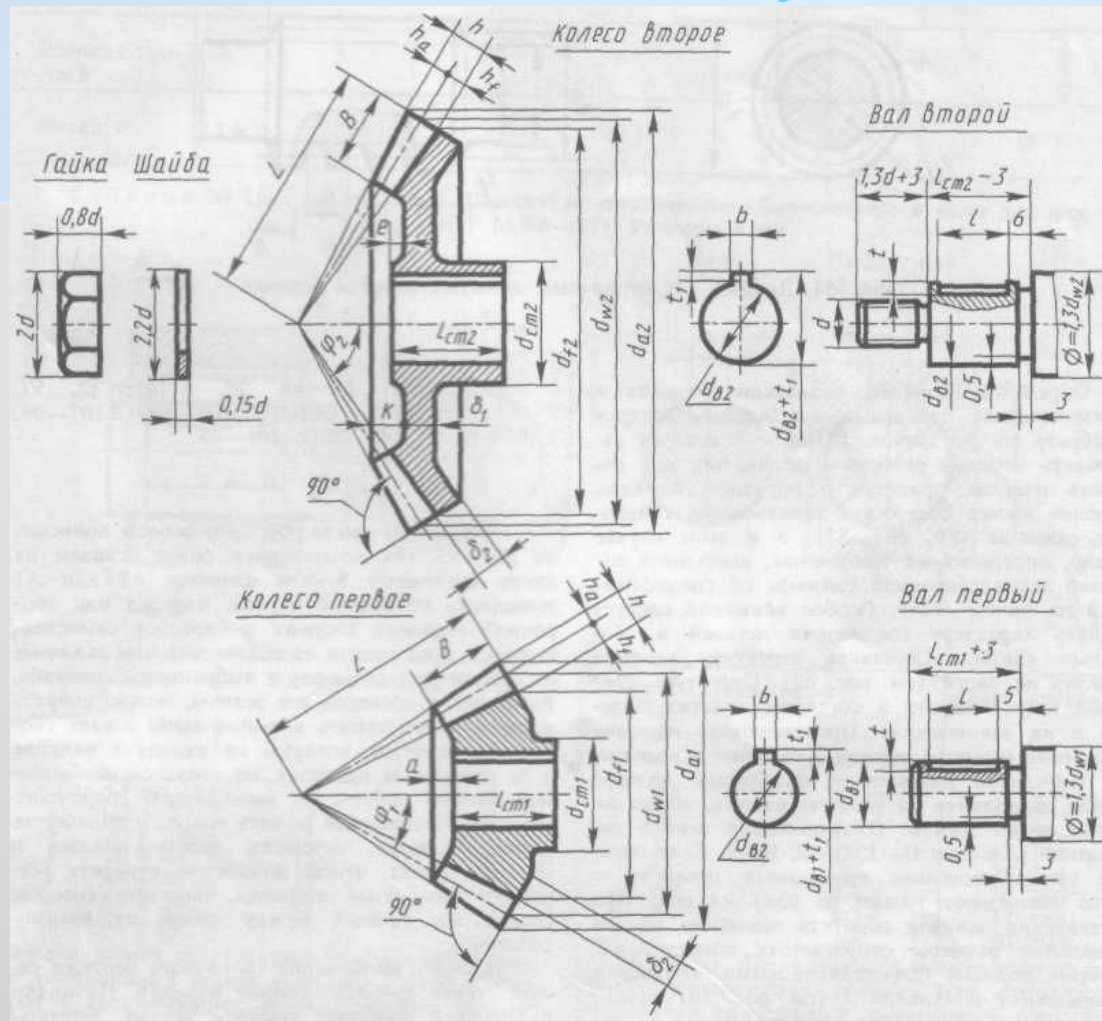


Параметр, позначення	Розрахункові формули	Параметр, позначення	Розрахункові формули
Зовнішній окружний модуль	$m_e = \frac{d_e}{z}; m_e = \frac{2R_e \sin \delta}{z}$	Окружний крок	$p_{ie} = \pi m_e$
Середній окружний модуль	$m = m_e - \frac{b}{z} \sin \delta$	Окружна товщина зуба	$s_{\Sigma} = \frac{\pi m_e}{2}$
Зовнішній діаметр вершин зубців	$d_{ae} = m_e(z + 2 \cos \delta)$	Окружна ширина западини	$e_{\Sigma} = \frac{\pi m_e}{2}$
Зовнішній діляльний діаметр	$d_e = m_e z$	Радіальний зазор	$c_e = 0,25 m_e$
Зовнішній діаметр западин зубців	$d_{fe} = m_e(z - 2,4 \cos \delta)$	Ширина зубчастого вінця	$b = \psi_{d2} d_1$
Висота зуба	$h_e = 2,2 m_e$	Зовнішня діляльна конусна відстань	$R_e = \frac{m_e z}{2 \sin \delta}$
Висота голівки зуба	$h_{ae} = m_e$	Кут діляльного конуса шестерні	$\delta_1 = 90^\circ - \delta_2$
Висота ніжки зуба	$h_{fe} = 1,2 m_e$	колеса	$\operatorname{tg} \delta_2 = u$

Таблиця 3. Геометричні параметри конічної зубчастої передачі

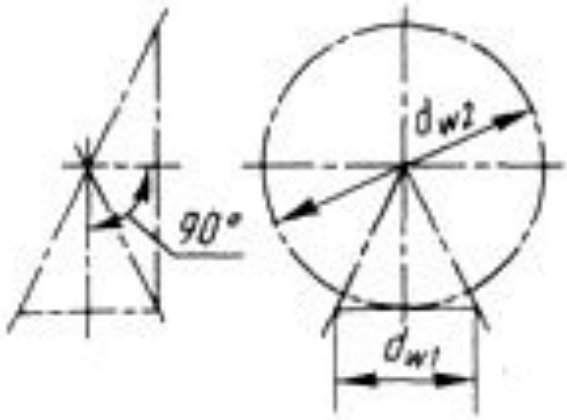
# Зубчасті передачі

## Вихідні данні для конічної зубчастої передачі

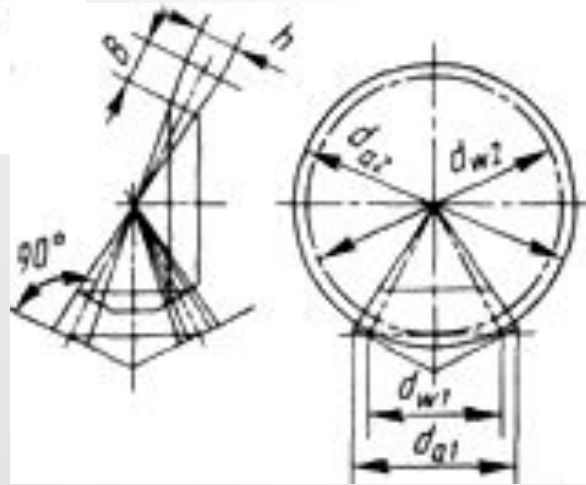


# Зубчасті передачі

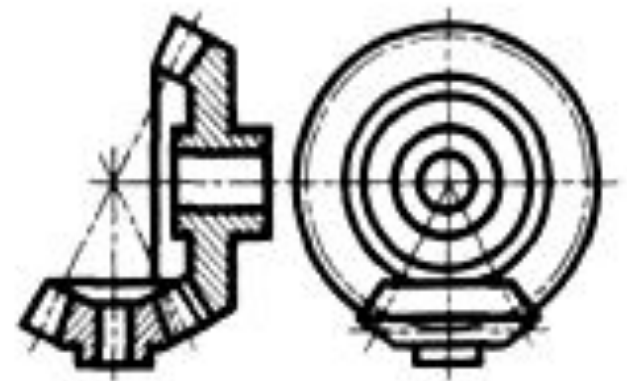
Послідовність виконання  
зображення  
конічної зубчастої передачі



Перший етап



Другий етап



Третій етап

# Зубчасті передачі



## *Черв'ячна передача – зубчасто-гвинтова передача -*

механічна передача механічна передача, яка здійснюється за рахунок зачеплення черв'яка і спряженого з ним черв'ячного колеса

### Конструкція

**Черв'як** представляє собою гвинт зі спеціальною різьбою, у випадку евольвентного профілю колеса форма профілю різьби близька до трапецеїдальної. На практиці застосовуються однозаходні, двозаходні та чотирьохзаходні черв'яки.

**Черв'ячне колесо** представляє собою зубчасте колесо. З технологічною метою черв'ячне колесо, як правило, виготовляють зібраним з двох матеріалів: вінець – з дорогого антифрикційного матеріалу (наприклад, з бронзи), а серцевину – з більш дешевих і міцних сплавів: сталі або чавуну.

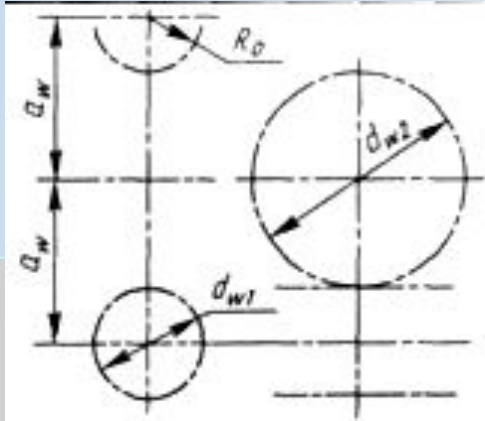
Вхідний і вихідний вали передачі перехрещуються, частіше (але не завжди) під прямим кутом.

# Зубчасті передачі

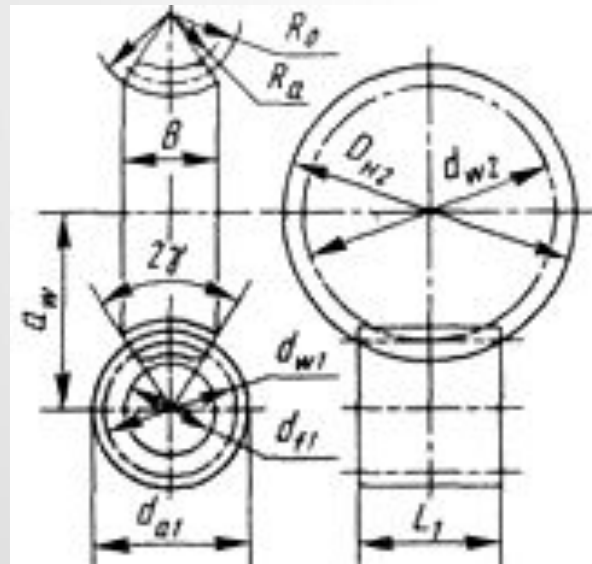
<i>Елементи черв'яка і черв'ячного колеса</i>	<i>Розрахункові формули</i>	<i>Елементи черв'яка і черв'ячного колеса</i>	<i>Розрахункові формули</i>
Діаметр початкового кола черв'яка	$d_w = 10m$	Радіус кривизни по лінії зачеплення (по лінії початкового діаметра)	$R_0 = 5m$
Діаметр кола виступів зубців черв'яка	$d_{a1} = d_{w1} + 2m$	Радіус кривизни поверхні вінця (виступів зубців)	$R_a = 4m$
Діаметр кола западин	$d_{f1} = d_{w1} - 2.4m$	Радіус кривизни вінця по западинам	$R_f = 6,2m$
Довжина нарізаної частини черв'яка	$L = (14 \dots 15) m$	Ширина вінця колеса	$B \approx 0,75 d_{a1}$
Крок черв'яка (осевий)	$P_x = m$	Товщина ободу вінця	$\delta_2 = 2m$
Число заходів черв'яка	$z_1$ — задається	Товщина диску	$\delta_1 = 0,3B$
Діаметр вала черв'яка	$d_{\theta 1} = 0,9 d_{f1}$	Кут обхвату черв'яка вінцем колеса	$2\gamma$ — задається
Діаметр початкового кола колеса	$d_{w2} = m z_2$	Діаметр отвору для вала	$d_{\theta 2}$ — задається
Діаметр кола виступів колеса	$d_{a2} = d_{w2} + m$	Діаметр маточини колеса	$d_{ct} = (1,6 \dots 1,8) d_{\theta 2}$
Діаметр кола западин колеса	$d_{f2} = d_{w2} - 2,4m$	Довжина маточини	$l_{ct} = (1,3 \dots 1,5) d_{\theta 2}$
Зовнішній діаметр черв'ячного колеса	$d_{H2} \leq d_{a2} + 1,5m$ при $z = 2 \dots 3$	Діаметр кола розташування технологічних отворів	$D_2 = \frac{D_{0_2} - d_{\theta 2}}{2}$
Міжосева відстань	$a_w = \frac{d_{w1} - d_{w2}}{2}$	Діаметр обода колеса	$D_{O2}$ — по побудові
		Діаметр технологічних отворів	$d_{\theta \theta} = \frac{D_{0_2} - d_{\theta 2}}{4}$

# Зубчасті передачі

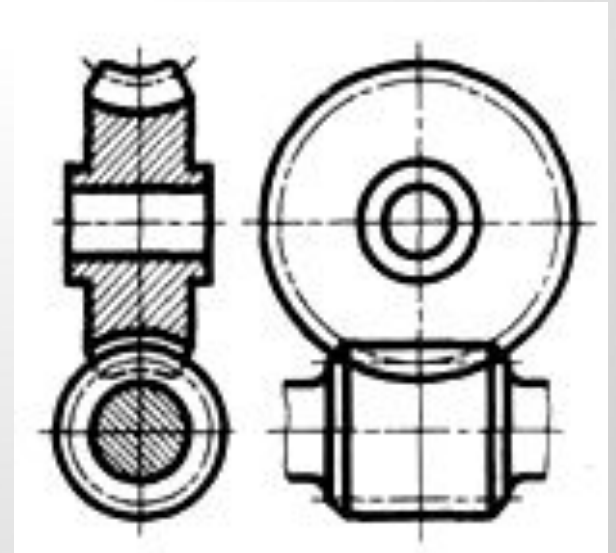
## Послідовність виконання зображення черв'ячної передачі



Перший етап



Другий етап



Третій етап



# Зубчасті передачі

## ЗАВДАННЯ

Креслення виконують на аркушах формату А3. Завдання виконують згідно варіанту, з обов'язковим виконанням розрахунків, які здають разом з виконаним кресленням. На кресленні виконують і заповнюють таблицю параметрів. Масштаб зображення студент обирає самостійно.

