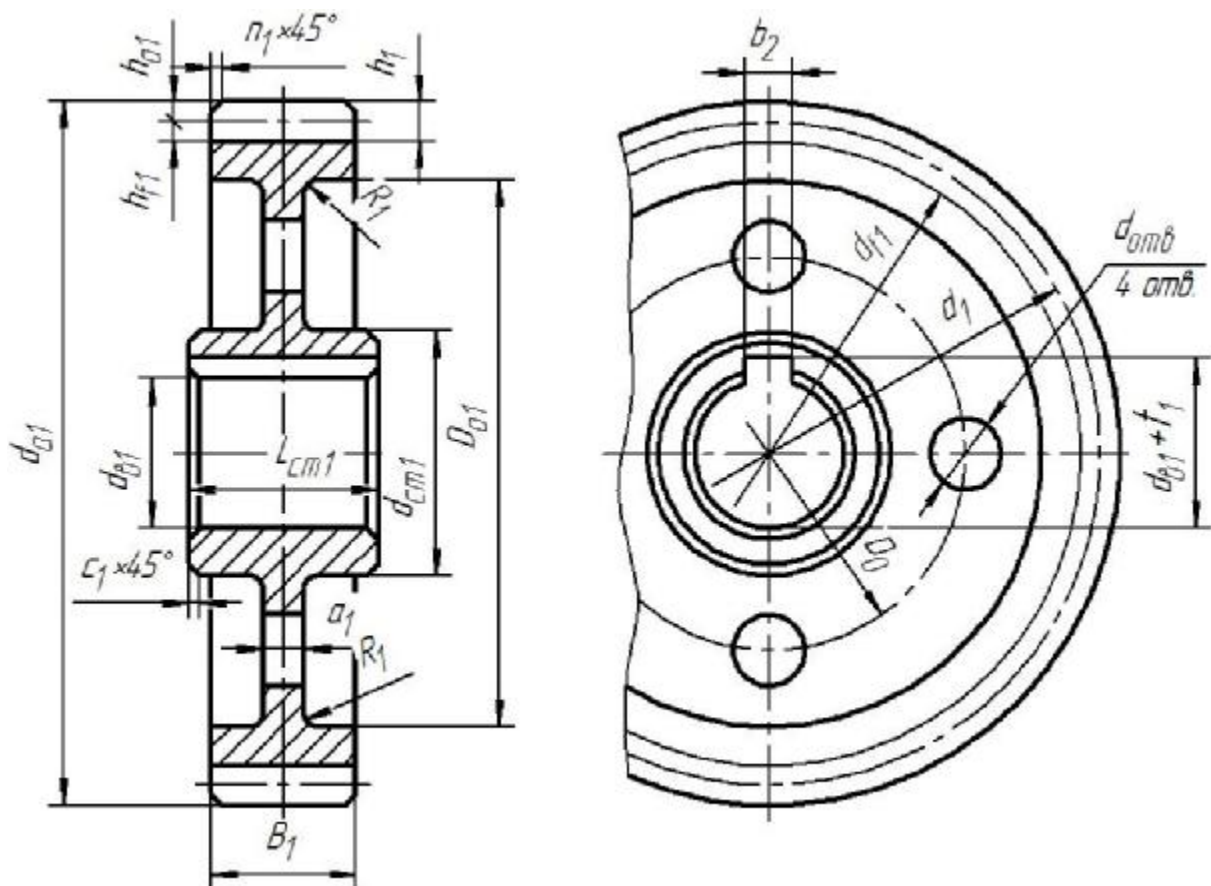


Неснов Д. В., Фролов О. В., Корецька І. М.

## ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

Навчальний посібник



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Неснов Д. В., Фролов О. В., Корецька І. М.

**ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ**

Навчальний посібник

Розглянуто на засіданні  
кафедри нарисної геометрії та  
інженерної графіки.  
Протокол № 1 від 31.08.09 р.

Затверджено  
на засіданні Навчально-  
видавничої ради ДонНТУ.  
Протокол № 4 від 22.10.09

Донецьк 2009

УДК 515-744(071)

Неснов Д.В., Фролов О.В, Корецька І.М. Зубчасті передачі: навчальний посібник. ДонНТУ, Донецьк: 2009.- 45с.: 25іл.

Посібник містить навчальний матеріал за темою «Зубчасті передачі», який вивчається в курсі інженерної графіки. Розглянуті питання стосовно основних параметрів та їх розрахунків, що характеризують зубчасті колеса, та зубчасті зачеплення. Наведені приклади виконання робочих креслень згідно зі стандартами.

Призначено для студентів напрямку підготовки «Інженерна механіка»

Укладачі:

Д. В. Неснов, доц.,  
О. В. Фролов, доц.,  
І. М. Корецька, ст. викл.

Рецензент:

А. Ф. Коломієць, проф.

Відповідальний за випуск:

І. А. Скідан, проф.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Загальні відомості про передачі.....	5
2 Конструктивні різновиди зубчастих коліс	
3 Основні елементи зубчастих коліс та зубчастих зачеплень.....	8
4 Аналітичне визначення елементів зубчастих коліс.....	10
5 Циліндричне зубчасте колесо.....	13
5.1 Послідовність виконання ескізу зубчастого колеса з натури.....	14
5.2 Умовне зображення циліндричних зубчастих коліс.....	15
5.3 Оформлення робочого креслення циліндричного зубчастого колеса.....	16
6 Циліндрична зубчаста передача.....	20
6.1 Послідовність виконання креслення циліндричної зубчастої передачі.....	22
7 Конічне зубчасте колесо.....	27
7.1 Послідовність виконання ескізу зубчастого колеса з натури.....	28
7.2 Оформлення робочого креслення конічного зубчастого колеса.....	30
8 Конічна зубчаста передача.....	34
8.1 Послідовність виконання креслення конічної зубчастої передачі.....	36
9 Шпонкові з'єднання.....	39
10 Шліцьові з'єднання.....	41
11 Варіанти завдань до теми "Зубчасті передачі".....	43
12 Запитання для самоконтролю.....	44
Перелік посилань.....	44

## ВСТУП

Уперше студенти знайомляться з правилами виконання ескізів та креслень деталей з елементами зубчастих зачеплень при вивченні інженерної графіки. Саме в цей час студенти починають опановувати елементами проектування, конструювання та розрахунку, а це є важливим моментом у підготовці спеціалістів різних фахових напрямків. Прості правила зображення зубчастих коліс з використанням стандартних умовностей студенти засвоюють легко. Але при поглибленому вивченні різного роду передач студенти стикаються зі значними труднощами, які виникають через велику кількість різних передач та брак необхідної навчальної, методичної та довідкової літератури, особливо новітніх стандартів.

Мета навчального посібника – допомогти студентам набути певних знань та умінь з виконання креслень зубчастих передач. Ці знання та уміння їм знадобляться у виконанні самостійних конструкторських робіт і сприятимуть формуванню у них конструкторських навичок.

Навчальний посібник містить у собі деякі теоретичні положення з основних елементів зубчастих коліс і передач, приклади розрахунків та правила виконання і оформлення ескізів і креслень циліндричних і конічних зубчастих коліс та передач. Надано короткі відомості про шпонкові та шліцьові з'єднання.

Для самостійної роботи пропонуються варіанти завдань до виконання креслення за темою «Зубчасті передачі».

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЕРЕДАЧІ

Для передачі обертального руху з одного вала на інший, перетворення обертального руху в поступальний та зміни частоти обертання застосовують зубчасті передачі, основними деталями яких є різні зубчасті колеса й рейки. Зубчасті передачі – найпоширеніший у машинобудуванні вид передач. Термін “зубчасте колесо” відноситься до спільних деталей передачі. Зубчасте колесо, що знаходиться на передавальному валу, називають **ведучим**, а на тому яке отримує обертання – **веденим**. Менше із двох коліс сполученої пари називають **шестірнею**, більше **колесом**. При однаковому числі зубців шестірнею називають ведуче колесо, а колесом - ведене.

Зубчасті передачі використовуються як самостійні агрегати (редуктори) або входять в інші машини як складові частини.

Для передачі обертового руху між валами, з паралельними осями застосовують циліндричні передачі, якщо осі валів перетинаються застосовують конічні передачі.

Широко застосовуються черв'ячні передачі, які забезпечують великий крутний момент. Для перетворення обертального руху в поступальний, і навпаки, застосовують рейкові передачі, що складаються із циліндричного колеса й рейки. Зустрічаються передачі із зовнішнім і внутрішнім зачепленням. У першому випадку обертання коліс відбувається в протилежних напрямках, у

другому в одному напрямку.

За формою профілю розрізняють зубці з евольвентним профілем та неевольвентним, наприклад у передачі Новикова робоча поверхня зубців має циліндричну кругову форму.

Розрізняють колеса із прямими, косими, шевронними й гвинтовими зубцями.

## 2 КОНСТРУКТИВНІ РІЗНОВИДИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

У сучасному машинобудуванні застосовуються зубчасті колеса найрізноманітніших конструкцій, що відрізняються одне від одного технологією виготовлення, матеріалом і конструктивними особливостями.

Зубчасті колеса виготовляють нарізуванням, штампуванням, прокатуванням, виливанням і зварюванням. Для виготовлення зубчастих коліс застосовується сталь, чавун, бронза, а також різні полімери (пластмаси). Знаходять застосування армовані зубчасті колеса, що складаються з полімерів (пластмас) і металевої арматури.

Конструктивні форма й розміри зубчастого колеса залежать від навантажень, що діють на його зубці, а також вимог технології виготовлення, зручності монтажу й експлуатації, зменшення маси (ваги) зубчастих коліс, безшумності роботи та ін.

Циліндричне зубчасте колесо малого діаметра зазвичай має форму суцільного циліндра з отвором для встановлення на вал.

Колеса великих діаметрів для полегшення їхньої конструкції виготовляють з масивним ободом та маточиною (втулка з отвором для вала). Інша частина колеса являє собою тонкий диск із отворами (або без отворів). Диск може виконуватися з ребрами жорсткості.

Якщо діаметр колеса досить великий, диск замінюється декількома спицями, що з'єднують обід із втулкою. Форма спиць може бути різною. Форма поперечного перерізу спиць теж різна: кругла, овальна, прямокутна, таврова, хрестоподібна й ін.

Колеса великого діаметра для зручності монтажу й спрощення технології виготовлення іноді виконують рознімними із двох половин, що скріплюють болтами.

Якщо в конструкції необхідно застосувати внутрішнє зачеплення, то велике колесо виготовляють із внутрішніми зубцями. Для повороту вала на який-небудь заданий кут застосовують зубчастий сектор.

На рисунку 1 наведено класифікацію зубчастих передач. Передачі класифікують по положенню у просторі, куту між осями, початковими поверхнями, типами зубців та найменуванням передач.

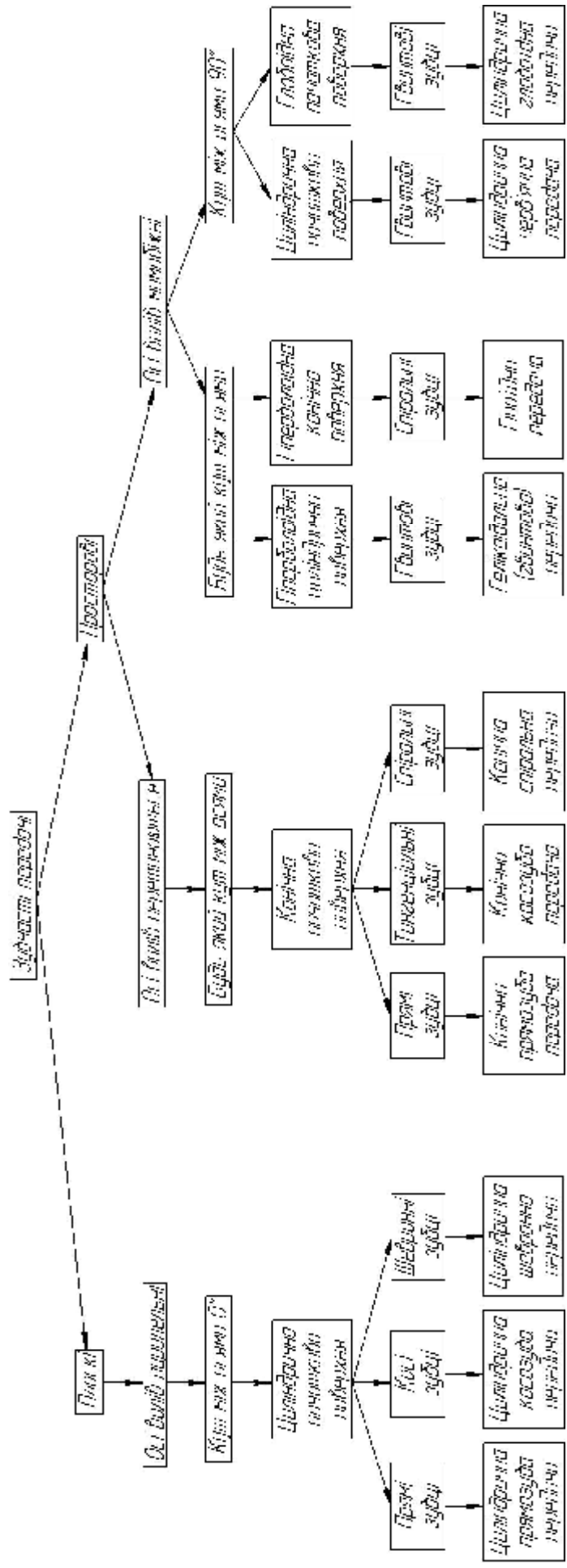


Рисунок 1 – Класифікація зубчастих породач

### 3 ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ЗУБЧАСТИХ ЗАЧЕПЛЕНЬ

До основних видів зачеплення відносяться:

- а) евольвентне зачеплення;
- б) циклоїдальне зачеплення.

Евольвентним зачепленням називається зачеплення з евольвентним профілем зубців. Циклоїдальне - це зачеплення, в якому зубці мають циклоїдальний профіль. Найпоширенішими є евольвентні зачеплення. Головними перевагами цього зачеплення є:

- а) постійність передаточного відношення при незначній зміні міжцентрової відстані спряженої пари, що спрощує монтаж і ремонт передачі;
- б) можливість нарізування одним і тим самим різальним інструментом зубчастих коліс різних розмірів;
- в) простота виготовлення профілю зубців і легкість контролювання її точності.

В дійсності профіль зуба деяких коліс є евольвентним не на всій його поверхні. Перехід від евольвенти до западини зуба - основи зуба - виконується по дузі кола або по будь-якій кривій. В швидкісних передачах, ділянка головки зуба в вершині його має не евольвентний профіль, а трохи зрізаний до вершини. Розглянемо два зубчастих колеса в зачепленні (рис. 2). Тиск між двома твердими тілами передається по спільній нормалі. Безперервна передача тиску в зубчастому зачепленні можлива лише в тому випадку, коли проекції швидкостей точок контакту двох профілів на загальну нормаль будуть однакові за величиною і напрямком. Таким чином, передача з постійним передаточним відношенням буде забезпечена лише в тому випадку, коли сполучені профілі в момент дотику будуть мати спільну нормаль, яка проходить через точку  $P$ , розташовану на лінії центрів  $O_1O_2$ . Точка  $P$  називається полюсом зачеплення.

#### **Основні терміни зубчастого зачеплення:**

**Лінія зачеплення** ( $k$ ) - лінія, нерухома відносно  $O_1O_2$ , по якій переміщується при роботі точка дотику спряжених елементів. Активна частина лінії зачеплення називається довжиною зачеплення.

**Початкове коло** ( $d$ ) – коло (поверхня), яке описане навколо головок зубців колеса, і проходить через полюс  $P$ . При роботі зубчастої пари початкові кола спряжених коліс взаємно перекочуються одне по одному без ковзання.

**Ділильне коло** - це коло по якому відбувається розмітка зубців по колесу при їхній нарізуванні. Тобто це коло котре ділиться на таку кількість частин скільки колесо має зубців

**Кут зачеплення** ( $\alpha$ ) – кут між лінією зачеплення і перпендикуляром до лінії центрів.

**Основне коло** - коло, описане навколо центра колеса кочінням по якому твірної лінії утворюються профілі зубців.

**Крок зачеплення** ( $t$ ) - відстань між однойменними (т.т. оберненими в один бік) профілями двох суміжних зубців колеса, взята по дузі ділильного кола.



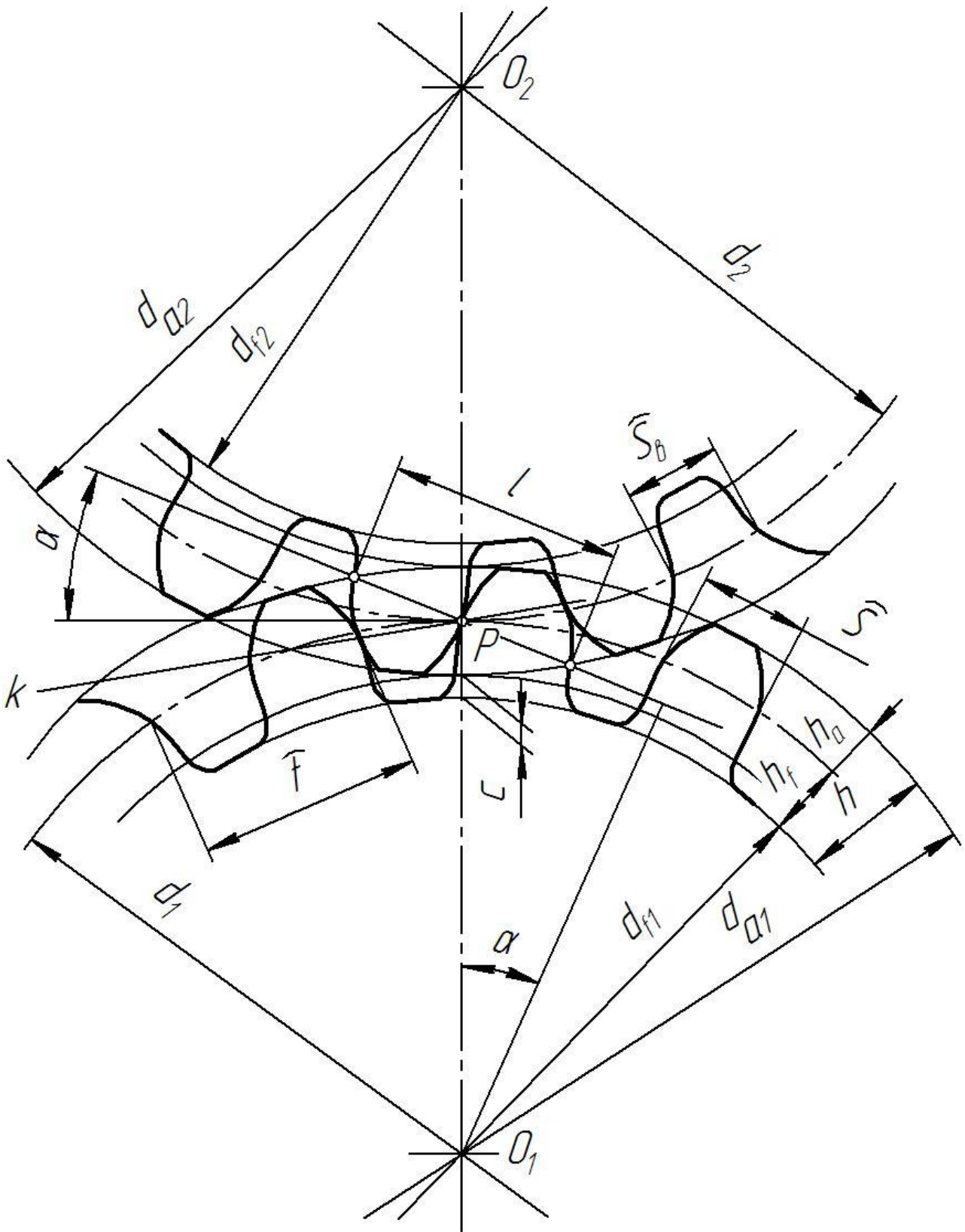


Рисунок 2 – Зубчасте зачеплення

**Торцевий крок** – крок який в непрямозубих колесах береться по торцевій поверхні.

**Осьовий крок** – крок гвинтової лінії зуба на початковій поверхні.

**Головка зуба** ( $h_a$ ) - частина зуба, що виступає за початкове коло. Висотою головки зуба є радіальна відстань між початковим колом і колом виступів.

**Ніжка зуба** ( $h_f$ ) - частина зуба, яка знаходиться між тілом колеса і початковим колом. Висотою ніжки зуба є радіальна відстань між початковим колом і колом западин.

**Коло виступів** ( $d_a$ ) - коло, яке описане навколо центра колеса і обмежує вершини його головок.

**Коло западин** ( $d_f$ ) - коло, яке описане навколо центра колеса і обмежує його западини з боку тіла колеса.

**Висота зуба** ( $h$ ) - радіальна відстань між колом виступів і колом западин.

**Глибина заходу зубців** ( $h-c$ ) - максимальна лінійна величина, на яку зубці одного колеса заходять в западини іншого.

**Товщина зуба** ( $S$ ) - довжина дуги ділильного кола між двома різнойменними профілями одного і того ж зуба.

**Ширина западин** ( $S_b$ ) - довжина дуги ділильного кола між звернутими один до другого профілями двох суміжних зубців колеса.

**Радіальний зазор** ( $c$ ) - різниця між висотою зуба і глибиною заходу.

**Боковий зазор** - відстань між неробочими профілями двох зубців які ідуть один за іншим, але не торкаються один до одного, виміряної по нормалі до профілю.

**Додатковий конус** - конус в конічних зубчастих колесах, що має вісь спільну з віссю початкового конуса вершину, спрямовану у бік, протилежний вершині початкового конуса та твірні, перпендикулярні до відповідних твірних початкового конуса.

**Модуль** – частина діаметра ділильного кола, яка приходить на один зуб. Відповідно до того, який крок береться для визначення модуля, розрізняють нормальний, торцевий та осьовий модуль. Модуль є основною величиною, яка характеризує зубчасте зачеплення.

#### 4 АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Зубчасте колесо можна розділити на дві частини - зубчастий вінець та тіло колеса. Зубчастий вінець складається із усіх зубців колеса, розташованих між поверхнею вершин і поверхнею западин зубців. Тіло колеса обмежується поверхнею западин.

Ділильні кола, знаходячись в зачепленні (у передачі), є сполученими. На кресленні ділильні кола проводять штрихпунктирною лінією, а діаметр їх позначають буквою  $d$  (рис. 3).

Відстань між однойменними профільними поверхнями сусідніх зубців, виміряна в міліметрах по дузі ділильного кола, називають **кроком зачеплення**. Позначається крок буквою  $p_t$  (рис. 3). Зрозуміло, що крок дорівнює довжині

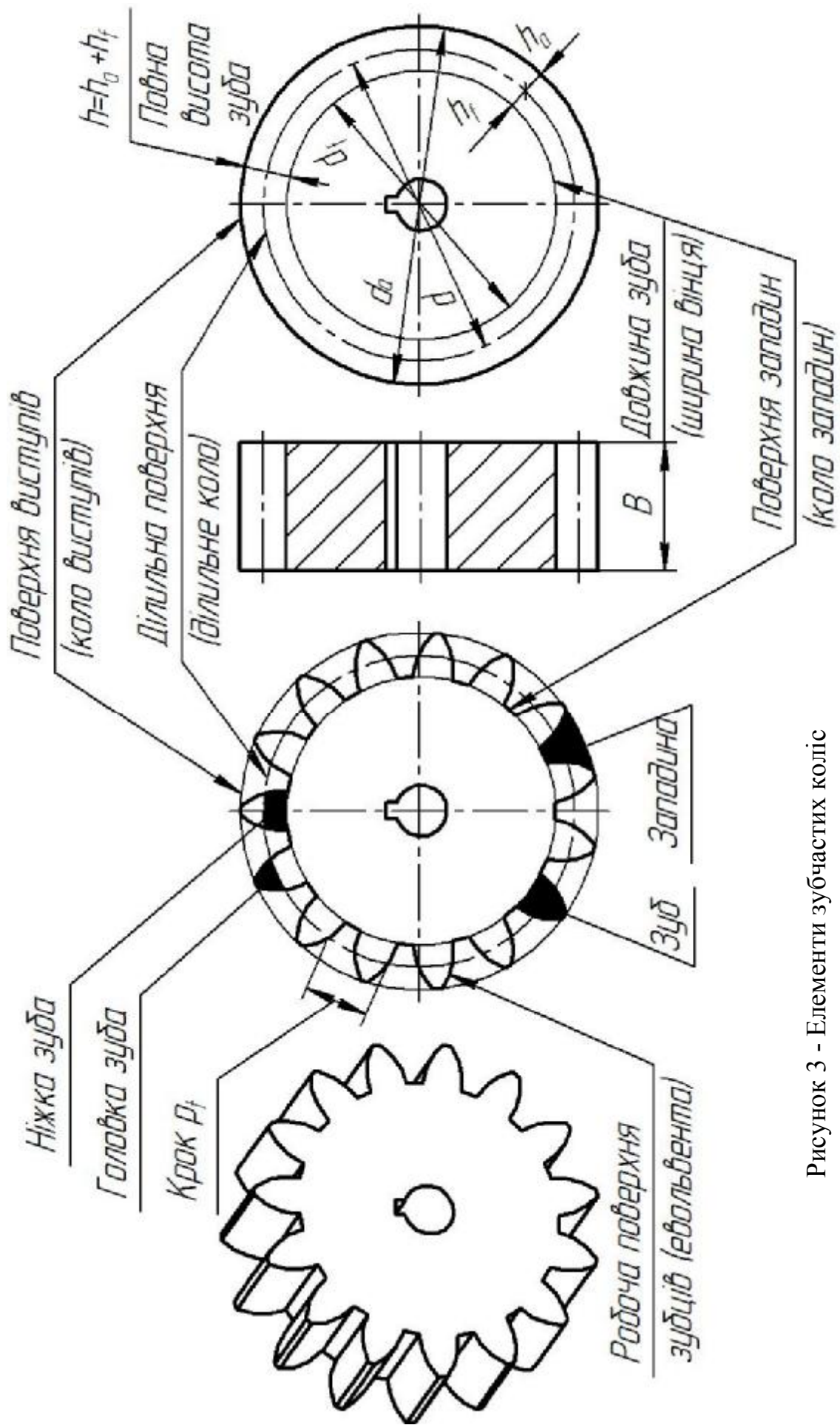


Рисунок 3 - Елементи зубчастих коліс

ділильного кола, поділеної на число зубців. Число зубців на кресленнях позначається буквою  $z$ .

Довжина ділильного кола дорівнює величині кроку, помноженої на число зубців  $p_t \cdot z$ . Із геометрії відомо, що довжина будь якого кола дорівнює  $2 \cdot \pi \cdot R$  або  $\pi \cdot d$  (де  $\pi=3,14$ , а  $d$  – діаметр кола). Довжина ділильного кола дорівнює  $\pi \cdot d$  і разом з тим дорівнює  $p_t \cdot z$ , тобто  $\pi \cdot d = p_t \cdot z$ .

Звідси визначається діаметр ділильного кола:  $d = \frac{p_t}{\pi} z$ .

Величину  $\frac{p_t}{\pi}$  позначають буквою  $m$  і називають **модулем зубчастого зачеплення**.

Тому вираження діаметра ділильного кола можна записати й так:

$$d = m \cdot z.$$

Тоді

$$m = \frac{d}{z}.$$

Із цієї формули видно, що модулем називається число, яке показує, скільки міліметрів діаметра ділильного кола припадає на один зуб зубчастого колеса. Модуль  $m$  і число зубців  $z$  є основними величинами (елементами), що визначають зубчасті зачеплення.

Значення модулів для всіх передач – величина стандартизована, виражена, як видно з формули  $m = \frac{d}{z}$ , у міліметрах. Нижче наведені числові величини стандартних модулів, застосовуваних при виготовленні зубчастих коліс, за ГОСТ 9563-80.

1-й ряд, мм: 0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 4,5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100.

2-й ряд, мм: 0,055; 0,07; 0,09; 0,11; 0,14; 0,18; 0,22; 0,28; 0,35; 0,45; 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,135; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22; 28; 36; 45; 55; 70; 90.

При призначенні величин модулів першому ряду варто надавати перевагу над другим. Знаючи модуль і число зубців, можна вибрати відповідний різальний інструмент для виготовлення зубчастого колеса; число зубців необхідно, крім того, знати для настроювання ділильного пристрою верстата. Оскільки модуль визначає величину зубців коліс, ясно, що в зачепленні можуть брати участь колеса лише з однаковим модулем.

Ділильне коло (поверхня) ділить зуб зубчастого колеса на головку й ніжку (рис. 3). Частина зуба, що лежить поза ділильним колом, називається **головкою зуба**. Висота її позначається буквою  $h_a$ . Частина зуба, що лежить всередині ділильного кола, називається **ніжкою зуба**. Висота її позначається буквою  $h_f$ . На рисунку 3 головка й ніжка зуба заштриховані.

Висота головки зуба дорівнює модулю, тобто  $h_a = m$ . Висота ніжки зуба (для коліс із великими модулями) береться як  $h_f = 1,25 \cdot m$ .

Повна висота зуба дорівнює сумі висот головки й ніжки зуба, тобто:

$$h = h_a + h_f = m + 1,25 \cdot m = 2,25 \cdot m$$

Повна висота зуба дорівнює глибині фрезерування. Для дрібномодульних коліс (модулі менше 1 мм) висота головки зуба  $h_a = 2,3 \cdot m$ , висота ніжки  $h_f = 1,3 \cdot m$ .

Коло, що проходить через вершини зубців, називається колом вершин (діаметр його позначається буквою  $d_a$ , рис. 3), а коло що проходить по основах западин називається колом западин (діаметр її позначається буквою  $d_f$ ).

Якщо висота головки зуба  $h_a = m$ , то діаметр кола вершин  $d_a$  більше діаметра діляльного кола на дві висоти головки зуба або на  $2 \cdot m$ , тобто  $d_f = d + 2 \cdot m$ , оскільки  $d = m \cdot z$ , то  $d_a = m \cdot z + 2 \cdot m = m \cdot (z + 2)$ . Значить  $d_a = m \cdot (z + 2)$ .

Коло западин визначається так:  $d_f = d - 2 \cdot h_f$ , але  $h_f = 1,25 \cdot m$ , тоді  $d_f = d - 2 \cdot 1,25 \cdot m$ , або  $d_f = d - 2,5 \cdot m$ .

Для дрібномодульних циліндричних зубчастих передач остання формула змінюється, тому що вони мають більшу висоту ніжки ( $1,3 \cdot m$ ). Тому для них  $d_f = d - 2,6 \cdot m$ .

## 5 ЦИЛІНДРИЧНЕ ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО

Розглянемо два гладкі циліндри (котки) з паралельними осями, які щільно притуляються один до одного (рис. 4). Завдяки наявності сили тертя при обертанні одного з циліндрів обертатиметься й другий за умови, що величина зусилля, яке передається, не перевищує величини сили тертя. Така передача називається *фрикційною* (рис. 4).

При великих навантаженнях обертальний рух треба передавати не за рахунок сили тертя, а за допомогою зубців, нарізаних на поверхні циліндрів. Зубчасте зачеплення дає змогу передавати значні обертальні зусилля.

Основні параметри, що характеризують зубчасті колеса встановлені ГОСТ 16530—83 і ГОСТ 16531—83.

Основними елементами зубчастого колеса є зубці. Кожний зуб складається з двох частин: *головки* висотою  $h_a$ , розміщеної між початковим колом і

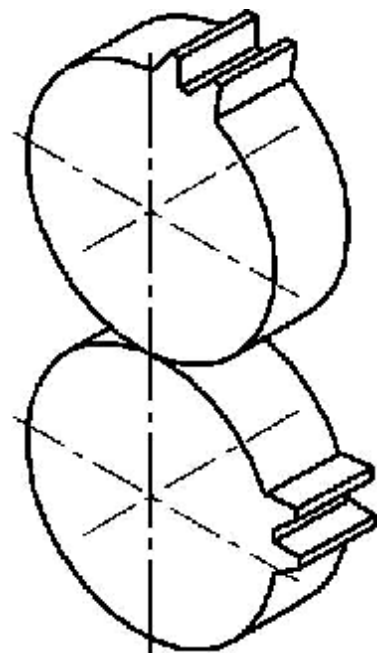


Рисунок 4 -  
Фрикційна передача

вершиною зуба, і ніжки висотою  $h_f$ , яка лежить між початковим колом і западиною зуба. До основних параметрів також належать *крок, модуль, коло виступів, коло западин*. Перелічені параметри були розглянуті у попередньому параграфі.

### 5.1 Послідовність виконання ескізу зубчастого колеса з натури

1. Вимірюють діаметр кола виступів  $d_a$  і підраховують число зубців  $z$ .

2. За формулою  $m = \frac{d_a}{z+2}$  визначають величину модуля і звіряють

знайдене значення з таблицею стандартних модулів (ГОСТ 9563—80). Якщо внаслідок розрахунку дістають нестандартний модуль, то його округляють до найближчого стандартного значення і перераховують діаметри  $d$ ,  $d_a$ ,  $d_f$  за стандартним модулем.

*Приклад.* Під час знімання ескізу зубчастого колеса підраховували число зубців  $z = 28$  і виміряли діаметр кола виступів  $d_a = 212$  мм. Визначили модуль.

$$m = \frac{d_a}{z+2} = \frac{212}{30} = 7.07 \text{ мм}$$

Звіряючи з таблицею модулів, бачимо, що такого модуля немає, а тому для розрахунку беремо найближче значення  $m = 7$  мм.

Проводимо розрахунок:

$$d_a = m(z+2) = 7(28+2) = 210 \text{ мм};$$

$$d_f = m(z - 2,5) = 7(28 - 2,5) = 178,5$$

мм;

$$d = mz = 7 \cdot 28 = 196 \text{ мм};$$

$$h_a = m = 7 \text{ мм};$$

$$h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 7 = 8,75 \text{ мм};$$

$$h = h_a + h_f = 7 + 8,75 = 15,75 \text{ мм};$$

$$p_t = \pi m = 3,14 \cdot 7 = 21,98 \text{ мм}.$$

Циліндричні зубчасті колеса бувають з прямими, косими і шевронними зубцями. У косозубих передачах зубці розташовані до осі колеса під кутом  $\beta$ . Для цих передач існує поняття *про нормальний крок  $t_n$*  (рис. 5), тобто відстань між зубцями в площині, перпендикулярній до осі зуба, і *торцевий крок  $t_s$* , який вимірюють по торцевій площині колеса. Відповідно до цього існують два модулі — нормальний  $m_n$  і торцевий  $m_s$ . Залежність між ними визначають за

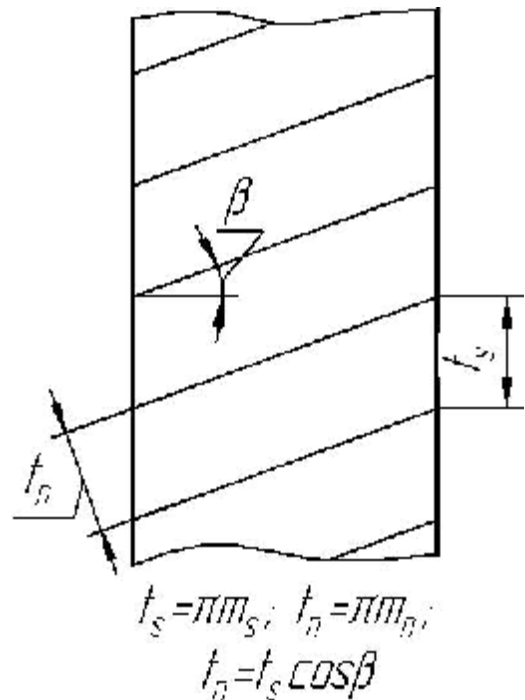


Рисунок 5 – Параметри косозубого колеса

формулою:  $m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}$ , або  $m_n = m_s \cdot \cos \beta$ .

Діаметр початкового кола:  $d = m_s z$ , або  $d = \frac{m_n z}{\cos \beta}$ .

Діаметр кола виступів:  $d_a = d + 2 m_n$ .

Висота зуба:  $h = 2,25 m_n$  ( $h_a = m_n$ ,  $h_f = 1,25 m_n$ ).

## 5.2 Умовне зображення циліндричних зубчастих коліс

Зубчасті колеса зображують на кресленнях умовно за ГОСТ 2.402—68 так:

1. Коло і твірні поверхні виступів зубців показують суцільною основною лінією на всіх зображеннях (рис. 6).
2. Коло і твірні поверхні западин зубців у розрізах і перерізах показують основною суцільною лінією. Дозволяється на площині, перпендикулярній до осі колеса, показувати коло поверхні западин суцільною тонкою лінією (рис. 6, б).
3. Початкове і ділильне кола та твірні поверхні початкових і ділильних циліндрів зображують тонкою штрих-пунктирною лінією на всіх виглядах і розрізах колеса (рис. 6, а, б, в).

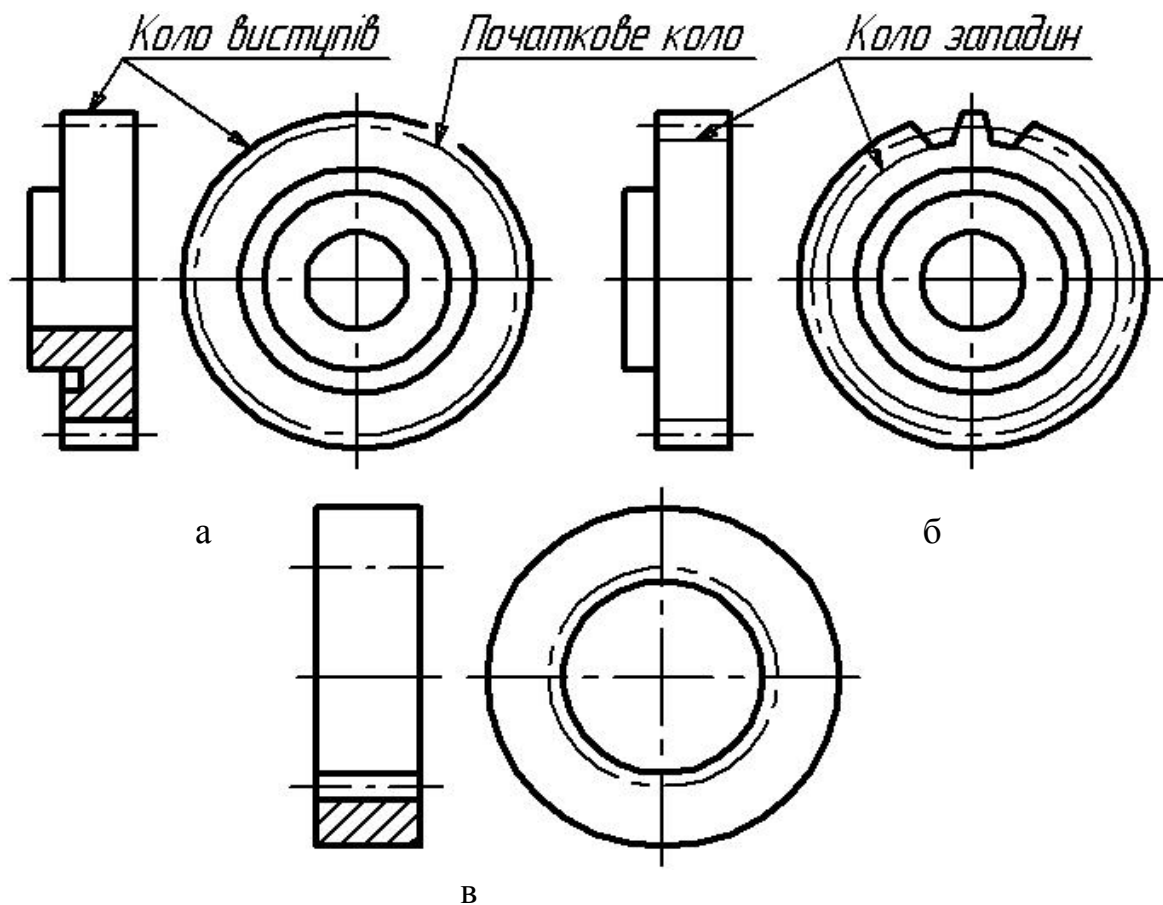


Рисунок 6 – Умовності зображення циліндричних зубчастих коліс

4. Зубці зубчастих коліс зображують лише в осьових розрізах (рис. 6, а, в); на інших зображеннях показують поверхню їх виступів. Коли треба показати профіль зуба, рекомендується накреслити його у вигляді виносного елемента або показати на обмеженій ділянці деталі (рис. 6, б).

5. Напрямок зубців у разі потреби показують трьома тонкими паралельними лініями з відповідним нахилом поблизу осі колеса (рис. 7 б, в, г).

6. Якщо зубчасте колесо не має спиць або отворів, то в більшості випадків повний вид зліва не зображують. Три кола, що зображують зубчастий вінець, у такому випадку не проводять, а зображують лише отвір для вала й шпонкову канавку, наносячи розміри та інші дані для обробки.

7. Із трьох розрахункових діаметрів кіл ( $d_a$ ,  $d$ ,  $d_f$ ), потрібних для креслення вказують лише один – діаметр кола вершин  $d_a$ . Крім того, вказують ширину зубчастого вінця, розміри фасок й інші розміри залежно від конструкції колеса.

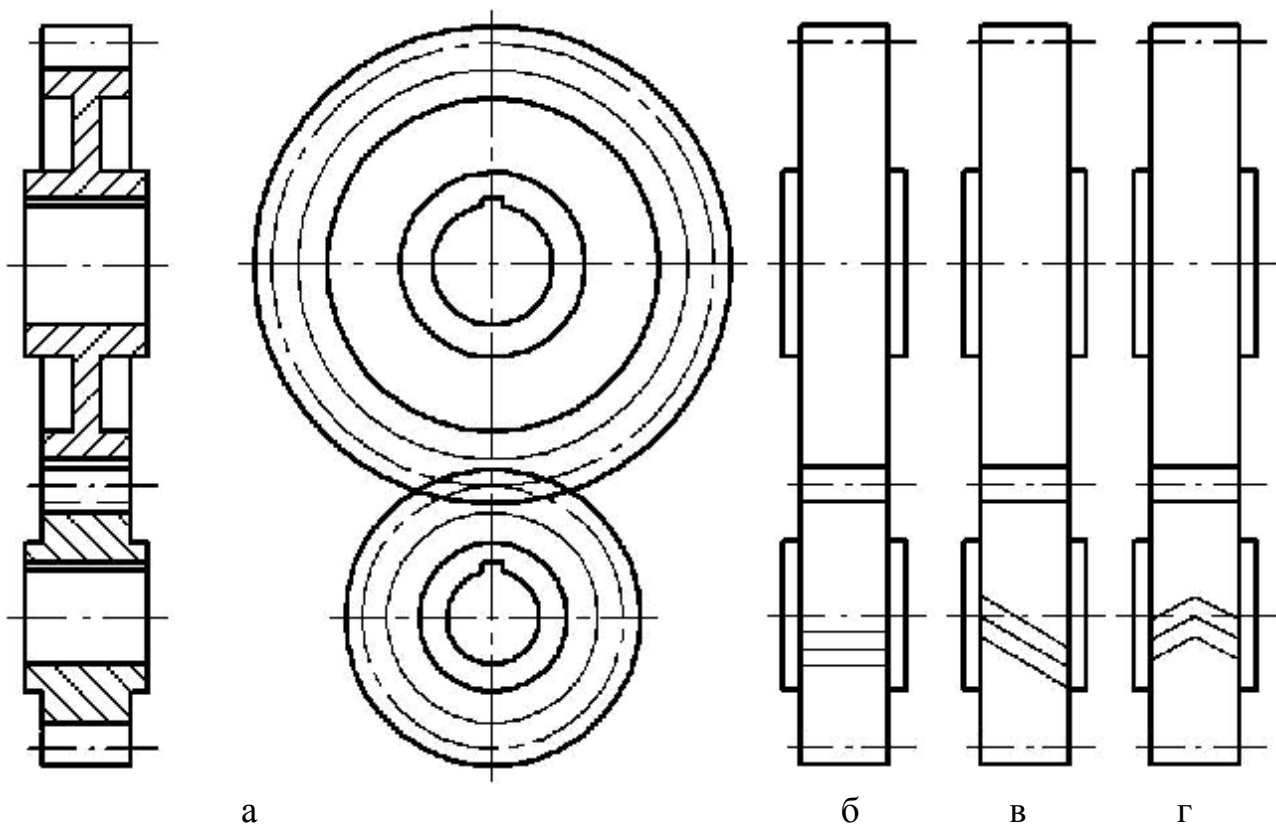


Рисунок 7 – Умовності зображення зубчастої передачі циліндричних прямозубих, косозубих та шевронних коліс

### 5.3 Оформлення робочого креслення циліндричного зубчастого колеса

Креслення виконують за ГОСТ 2.403—68 у двох зображеннях (рис. 8): поздовжньому фронтальному розрізі на місці вигляду спереду і у вигляді зліва. На зображенні циліндричного зубчастого колеса наносять розмір діаметра кола



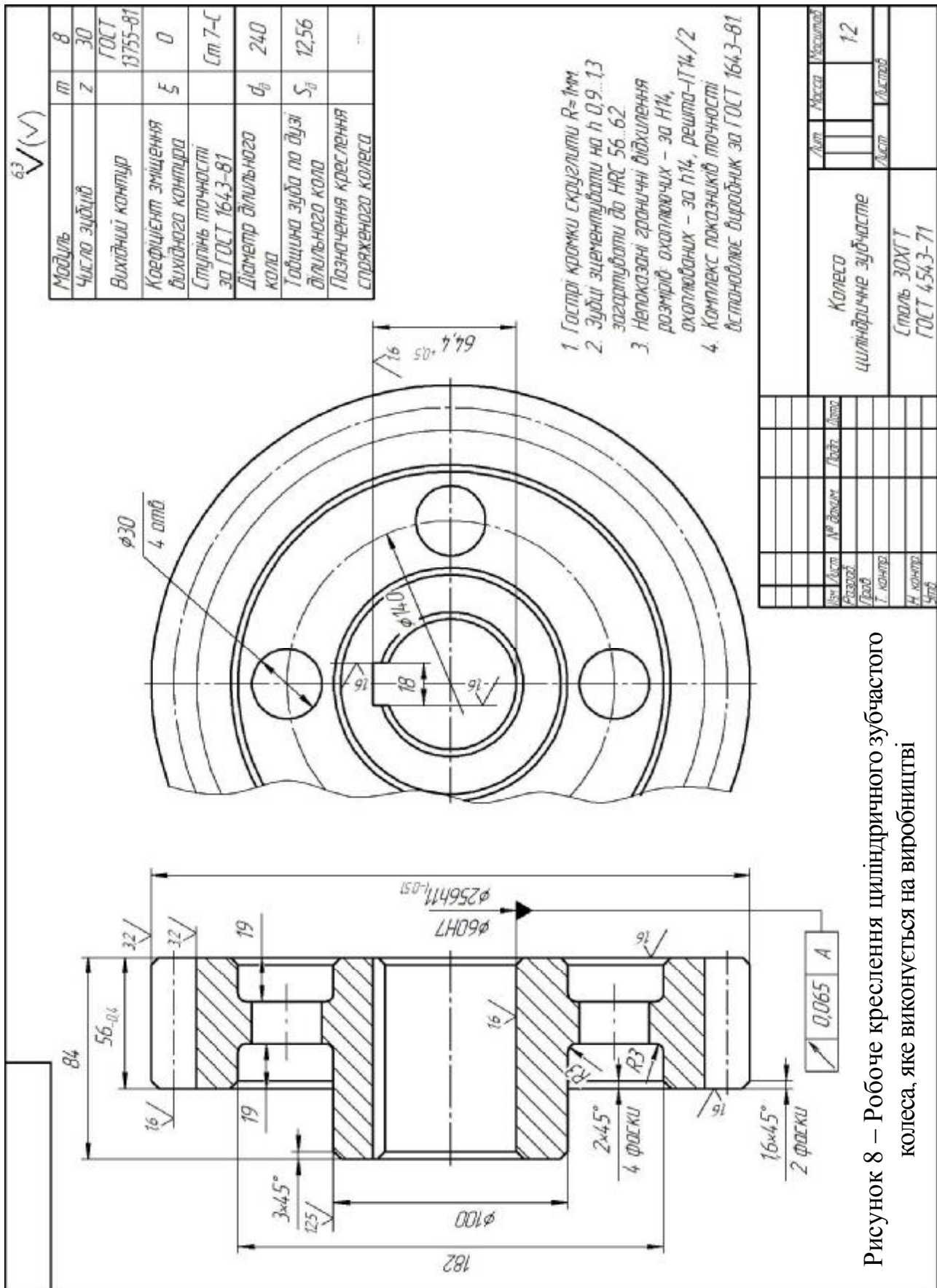


Рисунок 8 – Робоче креслення циліндричного зубчастого колеса, яке виконується на виробництві

виступів  $d_w$ , ширину зубчастого вінця  $B$ , розмір фасок або радіусів закруглень на торцевих кромках циліндра виступів, шорсткість бічної поверхні зубців, поверхні виступів і западин. Крім того, наносять усі конструктивні розміри, які

характеризують елементи колеса — обід, маточину і диск. На рисунку 10 наведено приклад виконання креслення циліндричного зубчастого колеса, який виконується студентами у навчальному процесі в курсі інженерної графіки.

У верхньому правому куті креслення поміщують таблицю параметрів (рис. 9). Таблиця поділяється на три частини, відокремлені одна від одної основними суцільними лініями; перша (верхня) містить дані для виготовлення колеса, друга призначена для контролювання виробу, а третя містить довідкові матеріали. Наводимо трохи скорочену таблицю, яку слід застосовувати на робочих кресленнях у навчальному процесі:

Модуль	$m$	(1)
Число зубців	$z$	(2)
Кут нахилу зубців	$\beta$	(3)
Напрямок зубців	—	
Вихідний контур	—	(4)
Коефіцієнт зміщення вихідного контура	$\xi$	(5)
Ступінь точності за ГОСТ 1643-81	—	(6)
Діаметр ділільного кола	$d_d$	(7)
Товщина зуба по дузі ділільного кола	$S_d$	
Позначення рисунка спряженого колеса		(8)
		10    20
		90

Рисунок 9 – Таблиця параметрів зубчастого колеса

*Позиція 1.* Для коліс із прямими зубцями показують величину модуля  $m$ , для косозубих — нормальний модуль  $m_n$  або торцевий  $m_s$ .

*Позиція 2.* Записують число зубців  $z$ .

*Позиція 3.* Для косозубих коліс записують значення кута нахилу  $\beta$  і показують напрям зубців — правий чи лівий, а для шевронних — кут нахилу  $\beta$  і проставляють напис «Шевронне». Для прямозубих коліс цю позицію зовсім виключають з таблиці.

*Позиція 4.* Показують параметри вихідного контуру. Коли всі дані обробки зубців беруть за стандартом, то лише посилаються на номер стандарту (ГОСТ 13755—81).

*Позиція 5.* Для некоригованих зубців пишуть знак 0.

*Позиція 6.* Показують ступінь точності виготовлення і вид спряження для циліндричних коліс за ГОСТ 1643—81. Напис на кресленні *Ст. 7-X* означає сьомий ступінь точності з нормальним гарантованим зазором *X*.

*Позиція 7.* Ця позиція стосується другої частини таблиці, тобто контролю розмірів зубців. Способи контролю: за довжиною загальної нормалі  $L$ , за товщиною зубців по хорді  $S_x$  та ін. Найчастіше на кресленнях показують діаметр ділільного кола  $d_d$  і товщину зуба по дузі ділільного кола  $S_d$ . Для некоригованих зубців ці дані визначаються:  $d_d = mz$ ;  $S_d = \frac{\pi m}{2}$

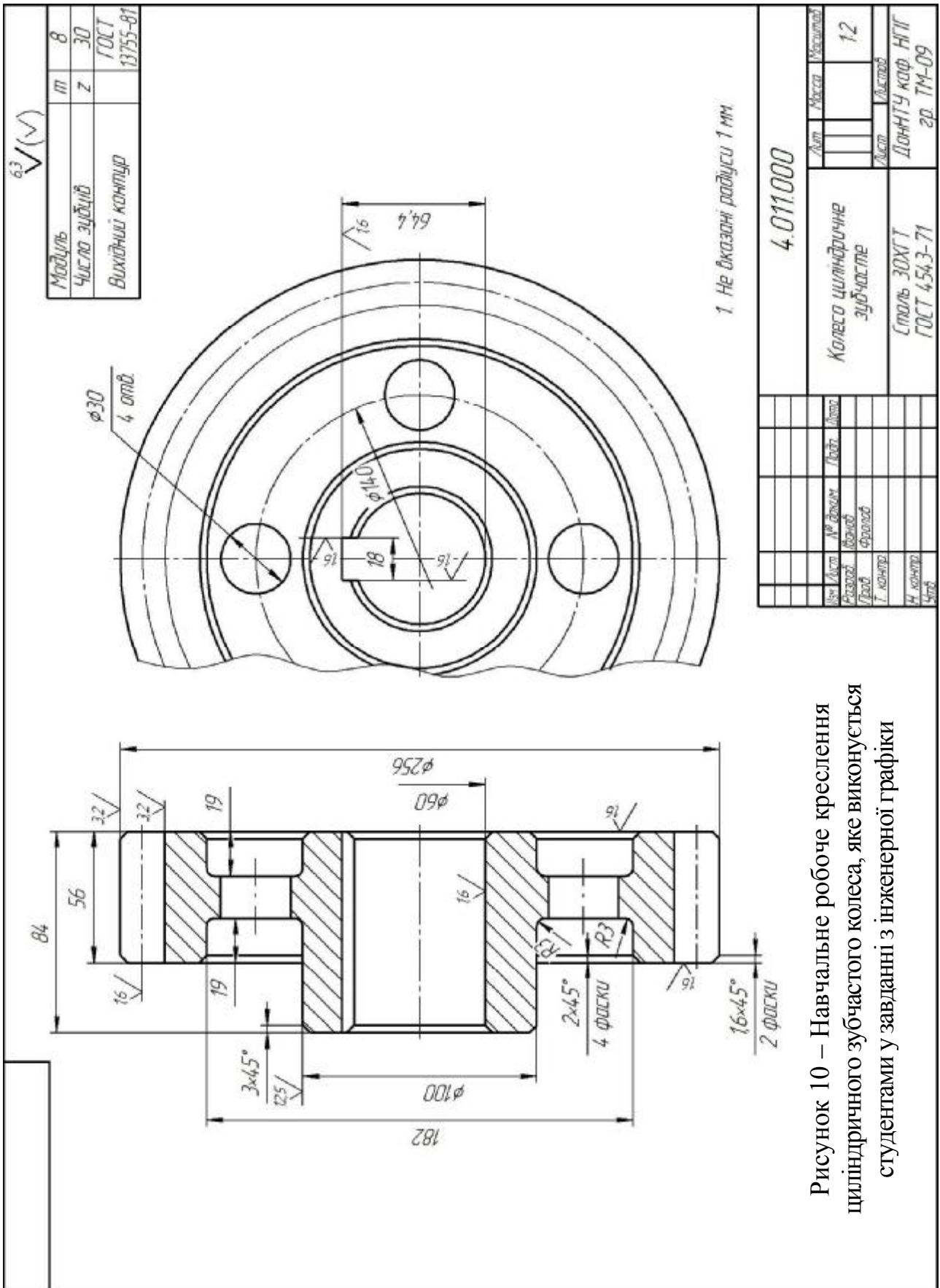


Рисунок 10 – Навчальне робоче креслення циліндричного зубчастого колеса, яке виконується студентами у завданні з інженерної графіки

Позиція 8. Ця позиція стосується третьої частини таблиці, тобто довідкових даних. У ній показують позначення креслення спряженого зубчастого колеса.

## 6 ЦИЛІНДРИЧНА ЗУБЧАСТА ПЕРЕДАЧА

Передачу утворюють два зубчастих колеса, які перебувають у зачепленні. Менше колесо, яке зазвичай є ведучим, називають *шестірнею*, більше — *зубчастим колесом*. Обидва колеса повинні мати однаковий модуль і однакові геометричні розміри зубців. Кожна передача характеризується певним *передаточним числом*  $i$ , тобто відношенням числа обертів ведучого колеса до числа обертів веденого колеса або оберненим відношенням числа зубців коліс чи діаметрів початкових кіл:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Терміни, визначення й позначення елементів зубчастих передач встановлені ГОСТ 16530-83 і ГОСТ 16531-83. Основні із цих термінів і позначень, а так само формули для визначення розмірів елементів зубчастих передач подані в табл. 1.

Таблиця 1 - Формули для розрахунку циліндричних зубчастих коліс

Елементи	Зубчасте колесо	Шестірня
Діаметр початкового кола	$d_1 = m z_1$	$d_2 = m z_2$
Висота головки зуба	$h_{a1} = m$	$h_{a2} = m$
Висота ніжки зуба	$h_{f1} = 1,25 m$	$h_{f2} = 1,25 m$
Повна висота зуба	$h_1 = 2,25 m$	$h_2 = 2,25 m$
Діаметр кола виступів	$d_{a1} = m (z_1 + 2)$	$d_{a2} = m (z_2 + 2)$
Діаметр кола западин	$d_{f1} = m (z_1 - 2,5)$	$d_{f2} = m (z_2 - 2,5)$
Ширина зубчастого обода	$B_1 = 8 m$	$B_2 = 8 m$
Внутрішній діаметр обода	$D_{01} = d_{a1} - 8,5 m$	$D_{02} = d_{a2} - 8,5 m$
Діаметр маточини	$d_{cт1} = 1,6 d_{в1}$	$d_{cт2} = 1,6 d_{в2}$
Довжина маточини	$L_{cт1} = 1,1 B_1$	$L_{cт2} = 1,1 B_2$
Товщина диска	$a = 0,3 B_1$	-
Діаметр центрального кола	$D_0 = 0,5 (D_{01} + d_{cт1})$	-
Діаметр отворів	$d_{омв} = 0,25 (D_{01} - d_{cт1})$	-
Радіуси переходів і фаски	$R_1 = 2 \div 3 \text{ мм}; c_1 = 3 \text{ мм}$	$c_2 = 3 \text{ мм}$
Величина зрізу зубців	$n_1 = 0,5 m$	$n_2 = 0,5 m$
Розміри шпонки	за ГОСТ 23390 — 80	за ГОСТ 23390 — 80
Розміри шпонкового паза	за ГОСТ 23389 — 80	за ГОСТ 23389 — 80



Щоб накреслити передачу, треба знати не лише формули геометричного розрахунку зубчастого колеса, про які йшлося вище, а й формули конструктивного розрахунку елементів колеса — маточини, ободу й диска. На рис. 11а і в таблиці 1 наведено формули для розрахунку кованого

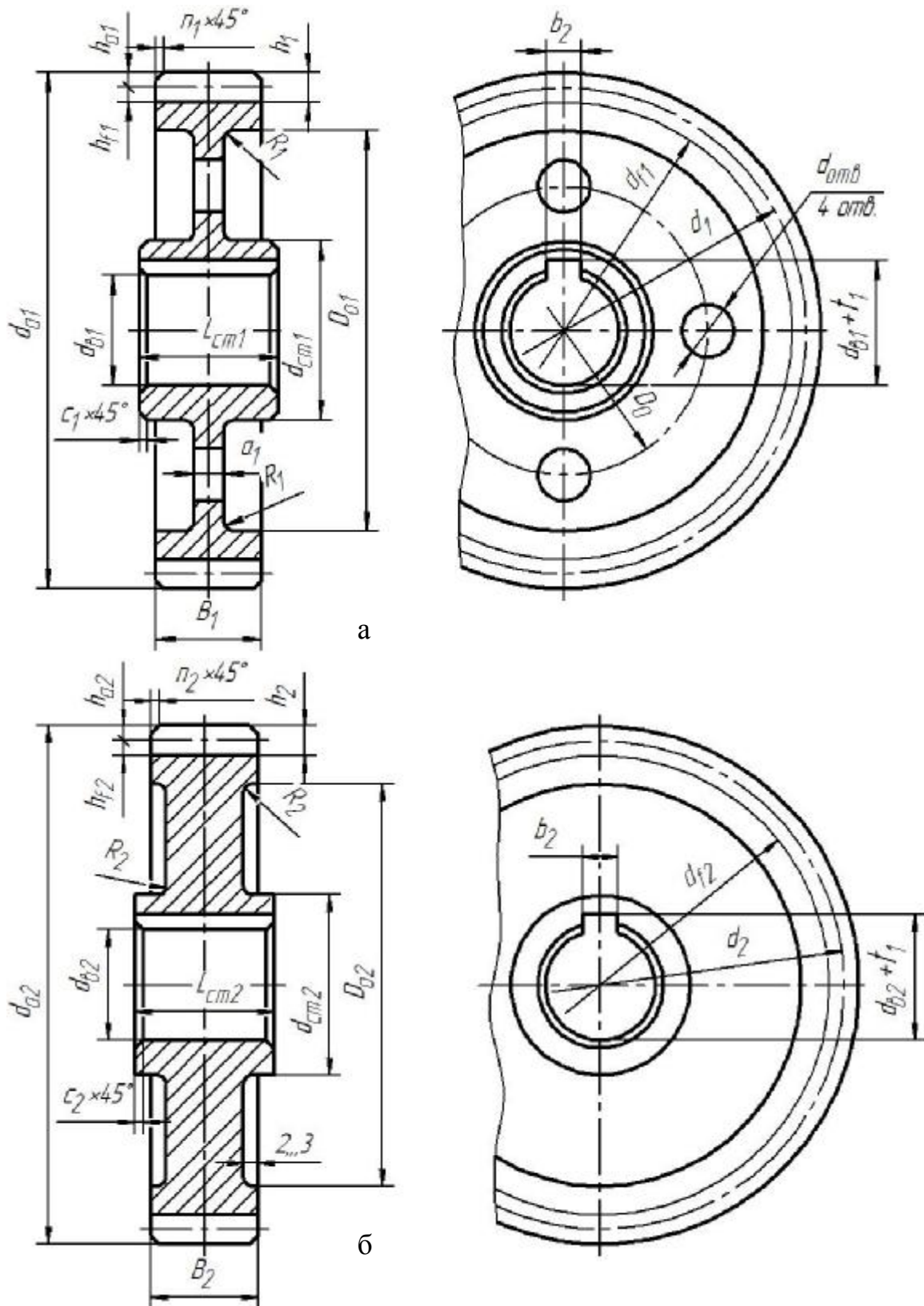


Рисунок 11 – Конструктивні елементи коліс

циліндричного колеса з фрезерованими зубцями, а на рис. 11б і в таблиці 1 — для розрахунку шестірні, виготовленої за допомогою токарної і фрезерної обробки.

Будуючи креслення зубчастих передач, слід мати на увазі таке:

1) циліндричну передачу зазвичай креслять у двох зображеннях: у поздовжньому фронтальному розрізі на місці вигляду спереду та на вигляді зліва.

2) початкові кола ведучого і веденого коліс у зачепленні дотикаються одне до одного на лінії, що з'єднує центри коліс.

3) кола поверхонь виступів обох коліс у зоні зачеплення показують суцільними основними лініями.

4) кола поверхонь виступів і западин коліс не дотикаються, і в зоні зачеплення утворюється радіальний зазор, що дорівнює  $0,25 m$ . Пояснюється це тим, що висота головки зуба менша за висоту ніжки на величину  $0,25 m$ .

5) на головному вигляді в розрізі зуб ведучого колеса показують розташованим перед зубом веденого колеса, а тому твірна кола виступів меншого колеса наведена суцільною лінією, а твірна кола виступів більшого — штриховою.

6) для зображення шпонкового з'єднання вала з колесом виконують на кресленні місцевий розріз.

7) на складальному кресленні зубчастого зачеплення не показують фасок і скруглень на зубцях, маточині тощо.

### 6.1 Послідовність виконання креслення циліндричної зубчастої передачі

Для виконання креслення циліндричної зубчастої передачі треба знати такі дані: модуль, число зубців зубчастих коліс, діаметри валів зубчастих коліс.

*Приклад.* Визначити параметри зубчастих коліс 1 і 2 та накреслити циліндричну зубчасту передачу за даними:  $m = 3$  мм, число зубців зубчастих коліс  $z_1 = 15$ ,  $z_2 = 25$ , діаметри валів зубчастих коліс  $d_{e1} = 16$  мм,  $d_{e2} = 20$  мм.

1. Визначаємо діаметри ділільних кіл:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 3 \cdot 15 = 45 \text{ мм}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 3 \cdot 25 = 75 \text{ мм}$$

2. Визначаємо міжцентрову відстань:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{45 + 75}{2} = 60 \text{ мм}$$

3. Креслимо ділільні кола (вони дотикаються в точці яка лежить на осьовій лінії), рис 12.

4. Визначаємо діаметри й зображуємо:

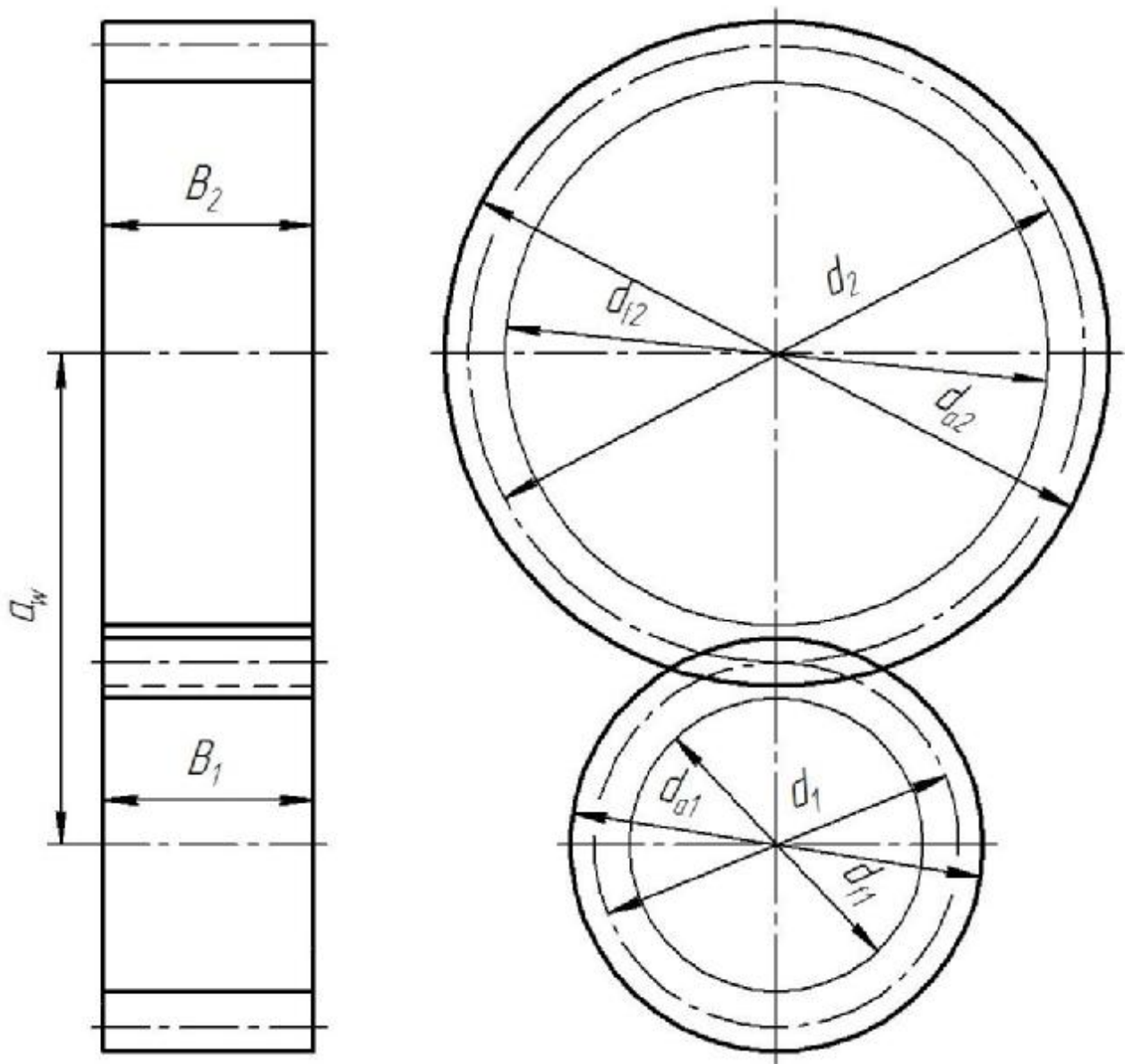


Рисунок 12 – Побудова креслення зубчастої передачі

#### 4.1 Кола виступів:

$$d_{a1} = m \cdot (z_1 + 2) = 3 \cdot (15 + 2) = 51 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = m \cdot (z_2 + 2) = 3 \cdot (25 + 2) = 81 \text{ мм}$$

#### 4.2 Кола западин:

$$d_{f1} = m \cdot (z_1 - 2,5) = 3 \cdot (15 - 2,5) = 37,5 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = m \cdot (z_2 - 2,5) = 3 \cdot (25 - 2,5) = 67,5 \text{ мм}$$

#### 5. Визначаємо ширину зубчастого вінця:

$$B_1 = B_2 = 8 \cdot m = 8 \cdot 3 = 24 \text{ мм.}$$

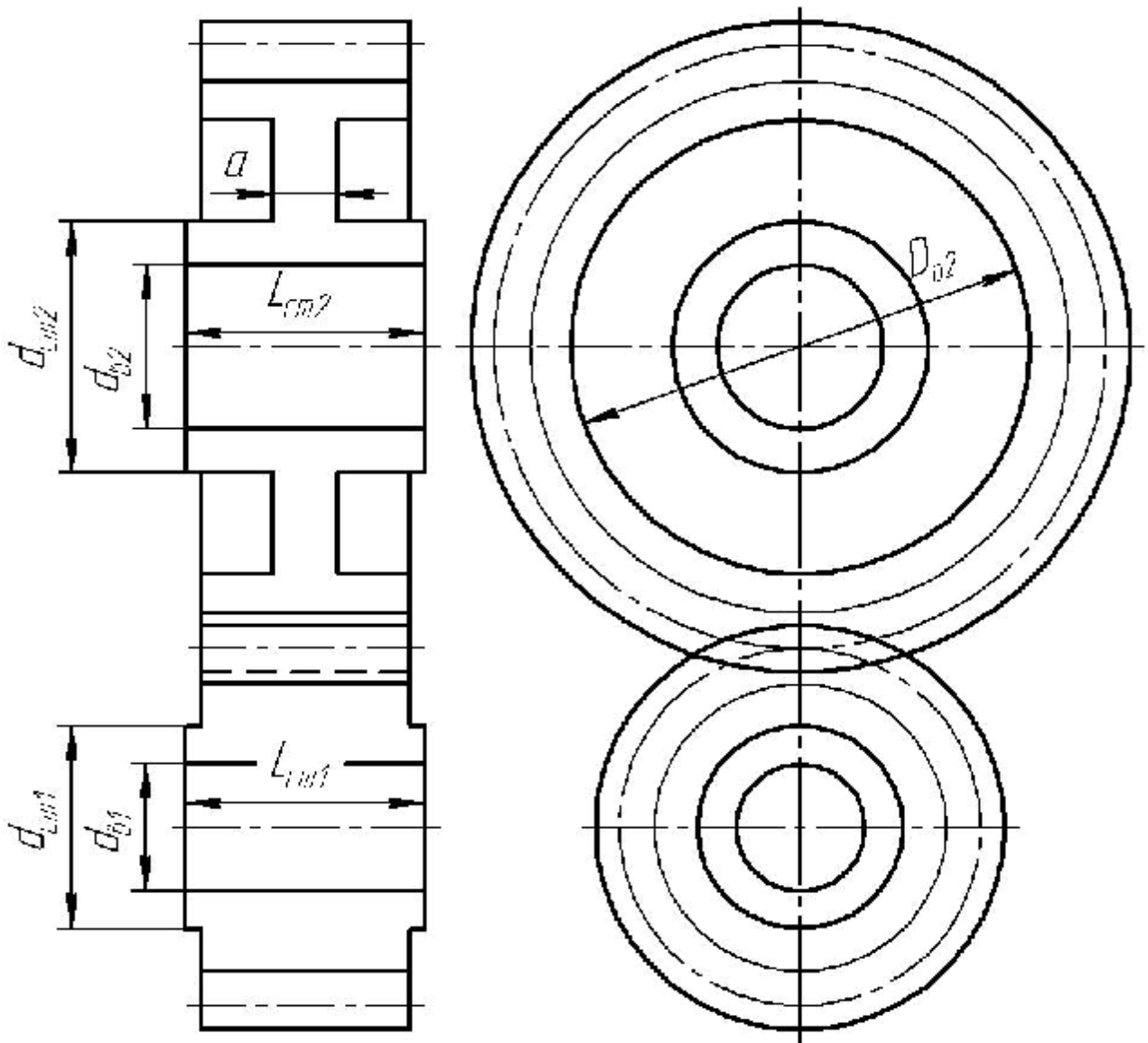


Рисунок 13 - Побудова креслення зубчастої передачі

6. Визначаємо діаметр і креслимо внутрішнє коло ободу колеса (рис. 13):

$$D_{o2} = d_{a2} - 8,5 \cdot m = 81 - 8,5 \cdot 3 = 55,5 \text{ мм}$$

7. Визначаємо товщину диска зубчастого колеса 2:

$$a = 0,3 \cdot B_2 = 0,3 \cdot 24 = 72 \text{ мм}$$

8. Визначаємо діаметри кіл маточин зубчастих коліс 1 і 2:

$$d_{cm1} = 1,6 \cdot d_{e1} = 1,6 \cdot 16 = 25,6 \text{ мм}$$

$$d_{cm2} = 1,6 \cdot d_{e2} = 1,6 \cdot 20 = 32 \text{ мм}$$



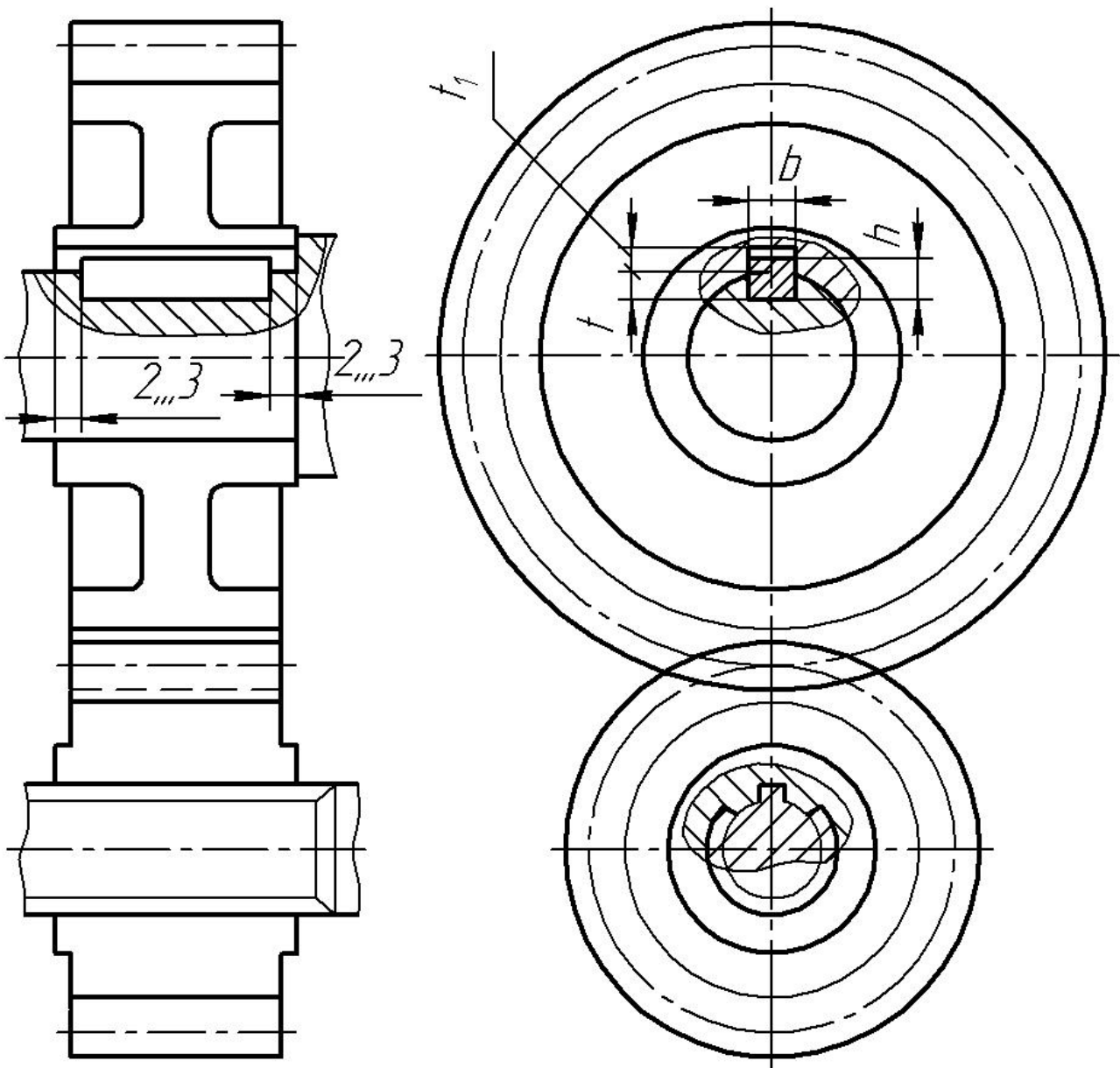


Рисунок 14 - Побудова креслення зубчастої передачі

9. Визначаємо ширину маточин зубчастих коліс 1 і 2:

$$L_{cm1} = L_{cm2} = 1,1 \cdot B = 1,1 \cdot 24 = 26,4 \text{ мм}$$

10. Визначаємо внутрішній діаметр і ширину зуба шліцьового вала 1 за ГОСТ 1139-80 (таблиця 4). При заданому діаметрі вала  $d_{e1} = 16 \text{ мм}$  інші параметри шліцьового з'єднання такі:  $D = 16 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 13 \text{ мм}$ ,  $b = 3,5 \text{ мм}$ .

11. Визначаємо розміри шпонки і шпонкового паза за ГОСТ 23390-80 та ГОСТ 23389-80 в залежності від діаметра вала 2 і ширини маточини (таблиця 3). Будуємо шліцьове й шпонкове з'єднання на обох зображеннях (рис. 14).

$$d_{e2} = 20, \quad b \times h \times l = 6 \times 6 \times 22, \quad t_1 = 2,8, \quad t = 3,5$$

У кресленні передачі потрібно враховувати правила, які були вказані в підпункті 5.3. На рисунку 15 показано завершене креслення зубчастої передачі з нанесенням усіх необхідних розмірів та написів.

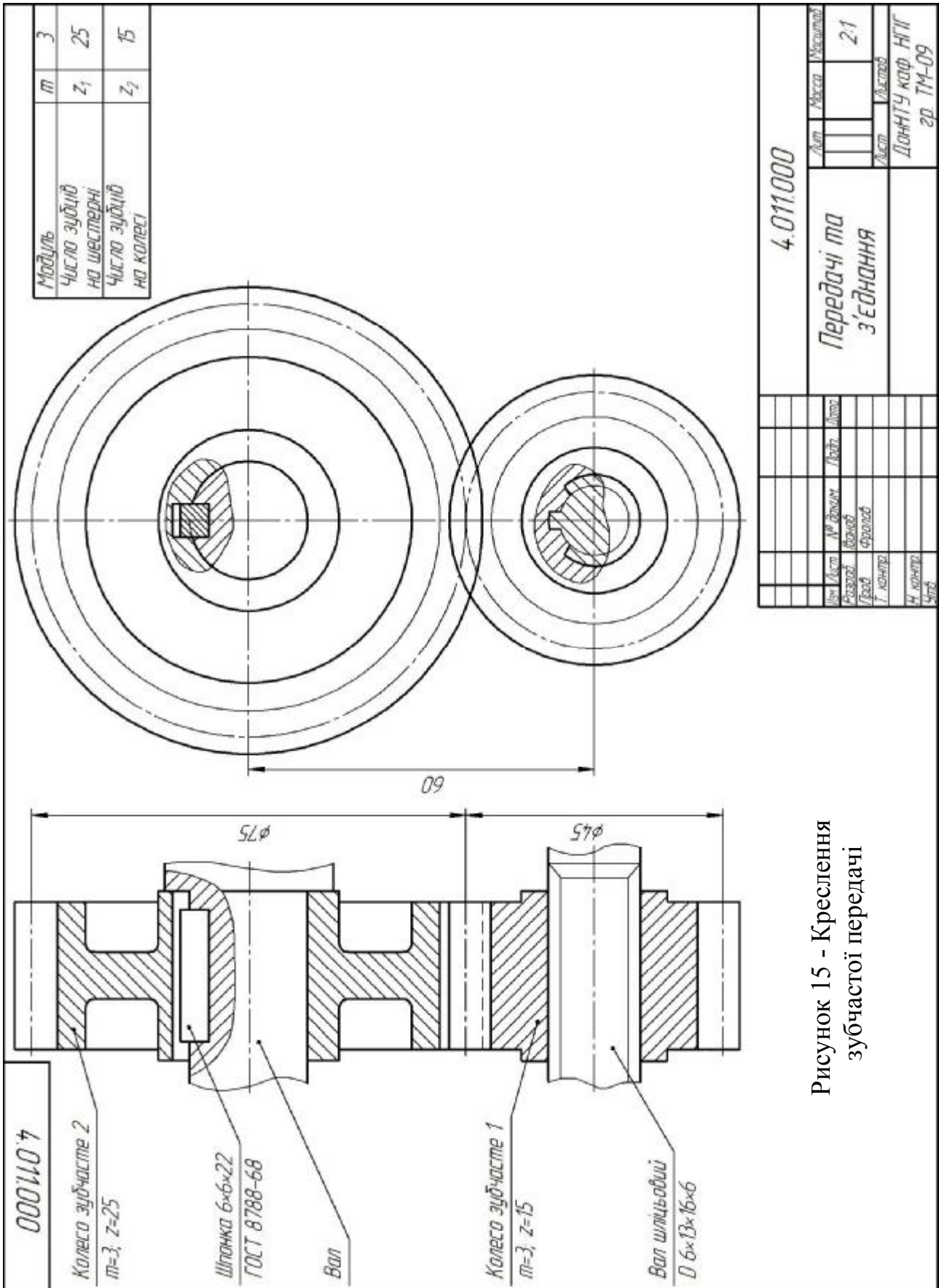


Рисунок 15 - Креслення зубчастої передачі

## 7 КОНІЧНЕ ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО

Конічні колеса передають рух між валами, осі яких розташовані в одній площині, але не паралельні. Кут між ними може бути прямий або непряий. Конічні колеса бувають з прямими, косими і круговими зубцями.

Крім таких понять, як крок, модуль, головка і ніжка зуба, які ми розглядали в пункті 3, для конічних коліс притаманні такі поняття, як початковий конус, конус виступів, западин тощо.

**Початковими називаються конуси спряженої пари зубчастих коліс, які мають спільні з колесами осі і котяться один по одному без ковзання.** Конус виступів обмежує головки зубців з боку їх вершин, а конус западин проходить через основи западин зубців. Ці конуси характеризуються відповідними кутами (рис. 16), і їх показують на робочому кресленні, а саме:  $\varphi$  — кут початкового конуса,  $\varphi_e$  — кут конуса виступів,  $\varphi_i$  — кут конуса западин.

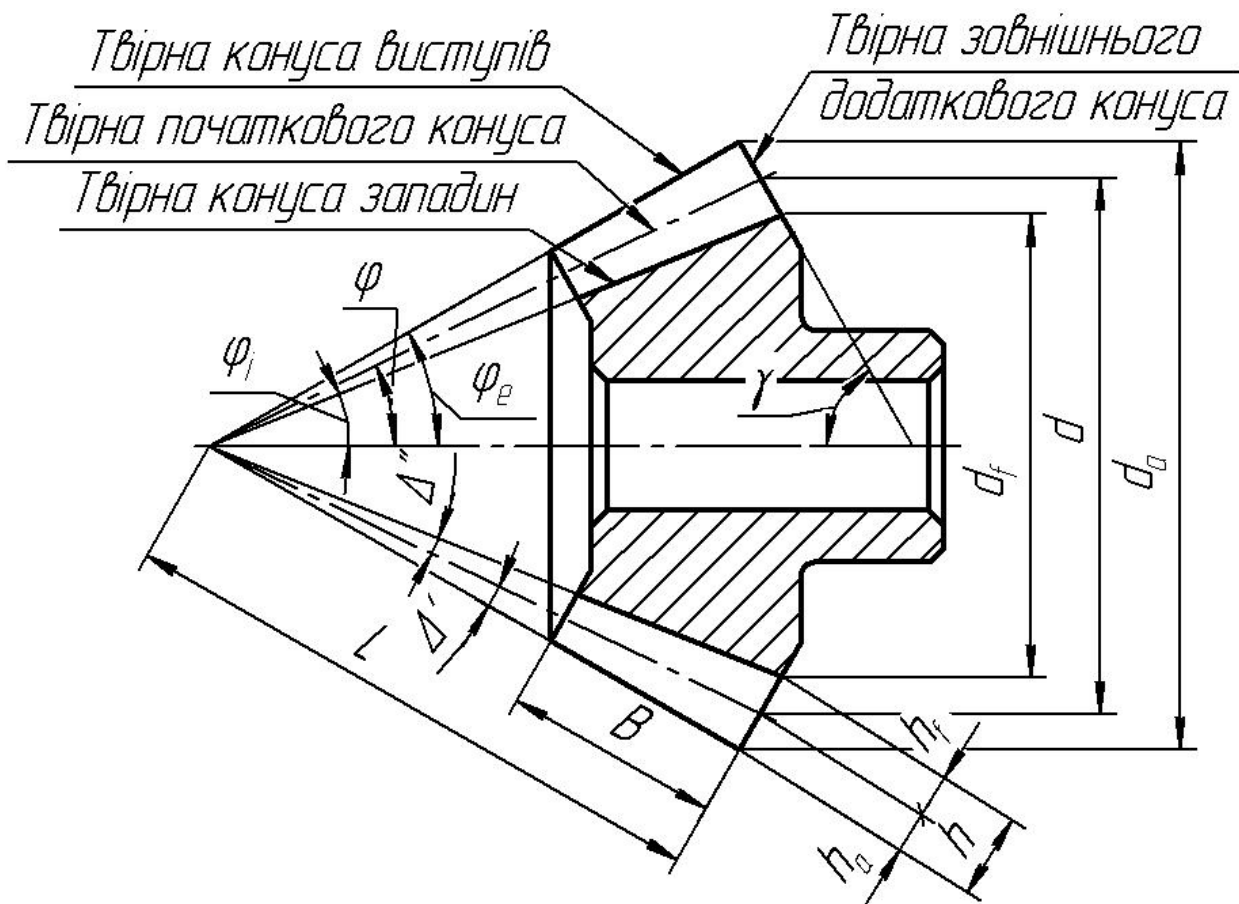


Рисунок 16 – Параметри конічної шестірні

При проектуванні колеса або при зніманні з нього ескізу визначають також кути головки і ніжки зуба. *Кутом головки зуба* називають кут  $\Delta'$  між твірними початкового конуса і конуса виступів, а *кутом ніжки зуба* — кут  $\Delta''$  між твірними конуса западин і початкового конуса (рис. 16).

З рис. 16 бачимо, що  $\varphi_e = \varphi - \Delta'$ ;  $\varphi_i = \varphi - \Delta''$ .

Зубчастий вінець конічного колеса обмежений з торців двома додатковими конусами, один з яких називається зовнішнім, а другий — внутрішнім. Кут додаткового конуса  $\gamma = 90^\circ - \varphi$ .

Конічні колеса мають змінні значення кроку, модуля і висоти зубців, які збільшуються в напрямку від вершини початкового конуса до його основи. Тому для розрахунку значення цих величин беруть на поверхні зовнішнього додаткового конуса.

**Початковим називається коло, яке є основою початкового конуса; інакше кажучи, це лінія перетину початкового і зовнішнього додаткового конусів.** Діаметр початкового кола  $d = mz$ , де  $m$  — торцевий модуль, величина якого повинна відповідати одному із значень за ГОСТ 9563—60. Коло, яке проходить через вершини зубців зовнішнього додаткового конуса, називається **колом виступів** (діаметр —  $d_a$ ), а коло, яке проходить через западини зубців, — **колом западин** (діаметр —  $d_f$ ).

**Висота зуба** — це відстань від кола виступів до кола западин, виміряна по твірній додаткового конуса (рис. 16).

Тут, як і для циліндричних коліс, беруть:

$$h_a = m; \quad h_f = 1,25 m, \quad h = h_a + h_f = 2,25 m.$$

Тоді діаметр кола виступів  $d_a = d + 2 m \cos \varphi = m (z + 2 \cos \varphi)$ , а діаметр кола западин  $d_f = d - 2,5 m \cos \varphi = m (z - 2,5 \cos \varphi)$ .

На робочому кресленні зубчастого конічного колеса слід також показувати величину конічної відстані  $L$  і робочу ширину зубчастого колеса  $B$ . **Конічна відстань**  $L$  — це величина твірної початкового конуса від його

вершини до початкового кола:  $L = \frac{d}{2 \sin \varphi} = \frac{mz}{2 \sin \varphi}$ . Знаючи конічну відстань

$L$ , можна обчислити величини кутів головки і ніжки зуба:

$\operatorname{tg} \Delta' = \frac{h_a}{L}$ ;  $\operatorname{tg} \Delta'' = \frac{h_f}{L}$ , а звідси легко визначити кут конуса виступів  $\varphi_e$  і конуса западин  $\varphi_i$ .

При змінному навантаженні робоча ширина зубчастого колеса  $B = (0,25 \div 0,3) L$ , а при сталому —  $B = 0,4 L$ .

### 7.1 Послідовність виконання ескізу зубчастого колеса з натури

Ескіз виконують у такій послідовності:

а) Вимірюють діаметр кола виступів  $d_a$ , робочу ширину зубців  $B$  і лічать число зубців  $z_k$ .

б) Знаходять величину кута  $\varphi$  початкового конуса. Зробити це можна двома способами:

1) за допомогою кутоміра, що в найпростішому випадку складається з двох лінійок і транспортира, вимірюють значення кута  $2\gamma$  при вершині додаткового конуса (рис. 17, а). Тоді кут  $\varphi = 90^\circ - \gamma$  (рис. 16);

2) за допомогою кутоміра визначають подвоєний кут конуса виступів  $2\varphi_e$  і кут  $\psi$  між твірними конуса виступів та додаткового конуса (рис. 17, б, в). З трикутника  $ABC$  (рис. 17, в) маємо, що  $\gamma = 180^\circ - (\varphi_e + \psi)$ , а шуканий кут початкового конуса  $\varphi = 90^\circ - \gamma$ .

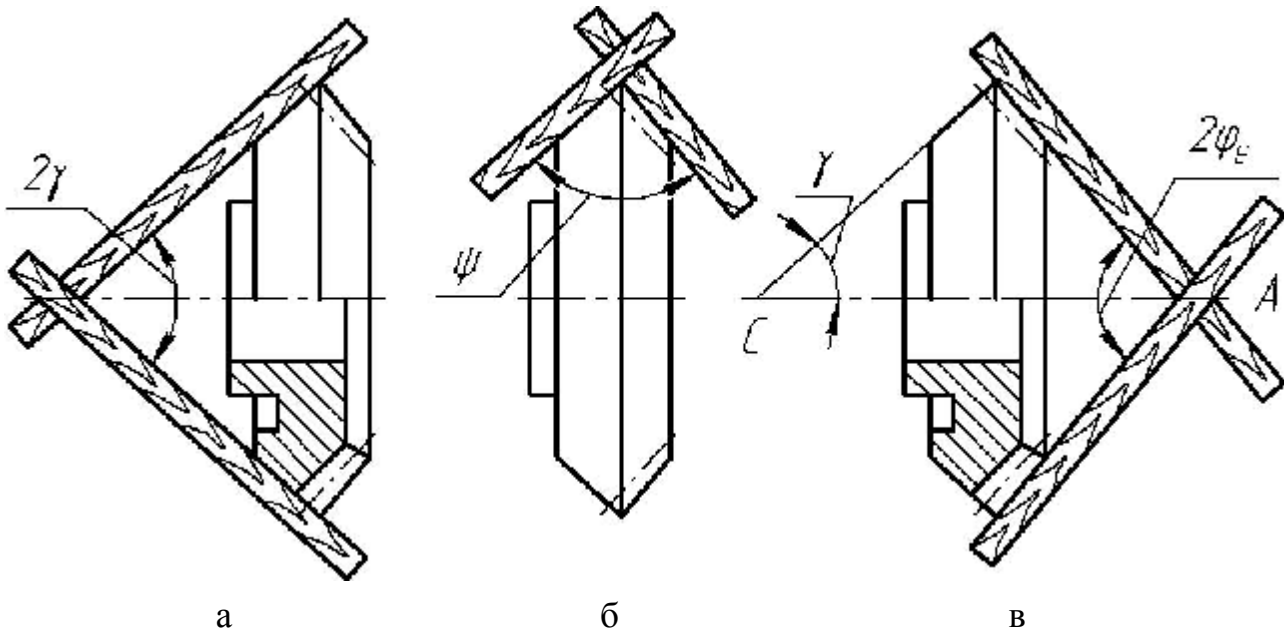


Рисунок 17 – Вимірювання конічного зубчастого колеса

в) Визначене значення кута  $\varphi$  коригують за формулою  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{z_k}{z_{ш}}$

(цією формулою користуються тоді, коли кут  $\delta$  між осями коліс дорівнює  $90^\circ$ ). Підставляючи в цю формулу значення числа зубців колеса  $z_k$  і знайдену величину кута  $\varphi$ , визначають число зубців шестірні  $z_{ш}$ . Якщо це число виявиться дробовим, що неможливо, то беруть найближче ціле значення  $z_{ш}$ , підставляють у формулу і знаходять уточнену величину кута  $\varphi$  початкового конуса (цю величину обчислюють з точністю до мінути).

г) За формулою  $m = \frac{d_a}{z + 2 \cos \varphi}$  обчислюють величину торцевого

модуля. Якщо в таблиці стандартів такого модуля немає, то для розрахунку беруть найближчий стандартний.

д) За наведеними вище формулами і за знайденими величинами  $m$ ,  $\varphi$ ,  $z_k$  визначають усі геометричні розміри колеса.

*Приклад.* Під час знімання ескізу встановили, що  $d_a = 260$  мм;  $z_k = 56$ ;  $\varphi = 71^\circ$ ;  $B = 42$  мм

Перевіряємо величину кута початкового конуса  $\varphi$ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{z_{\kappa}}{z_{\text{ш}}}; \quad z_{\text{ш}} = \frac{z_{\kappa}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{56}{\operatorname{tg} 71^{\circ}} = \frac{56}{2,9042} \approx 19,3.$$

Беремо  $z_{\text{ш}} = 19$  і обчислюємо уточнене значення кута  $\varphi$ :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{z_{\kappa}}{z_{\text{ш}}} = \frac{56}{19} = 2,9474$$

звідки  $\varphi = 71^{\circ}15'$ .

Визначаємо величину торцевого модуля:

$$m = \frac{d_a}{z_{\kappa} + 2 \cos \varphi} = \frac{260}{56 + 2 \cos 71^{\circ}15'} = \frac{260}{56 + 2 \cdot 0,3214} = 4,58 \text{ мм}$$

За ГОСТ 9563—80 беремо модуль  $m = 4,5$  мм.

За формулами розрахунку визначаємо геометричні розміри конічного колеса:

$$d = mz = 4,5 \cdot 56 = 252 \text{ мм};$$

$$d_a = m (2 + 2 \cos \varphi) = 4,5 (56 + 2 \cos 71^{\circ}15') = 254,9 \text{ мм};$$

$$d_f = m (z - 2,5 \cos \varphi) = 4,5 (56 - 2,5 \cos 71^{\circ}15') = 248,4 \text{ мм};$$

$$h_a = m = 4,5 \text{ мм};$$

$$h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 4,5 = 5,625 \text{ мм};$$

$$h = h_a + h_f = 4,5 + 5,625 = 10,125 \text{ мм};$$

$$L = \frac{mz}{2 \cos \varphi} = \frac{4,5 \cdot 56}{2 \sin 71^{\circ}15'} = 133,1 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \Delta' = \frac{h_a}{L} = \frac{4,5}{133,1} = 0,0338; \quad \Delta' = 1^{\circ}56';$$

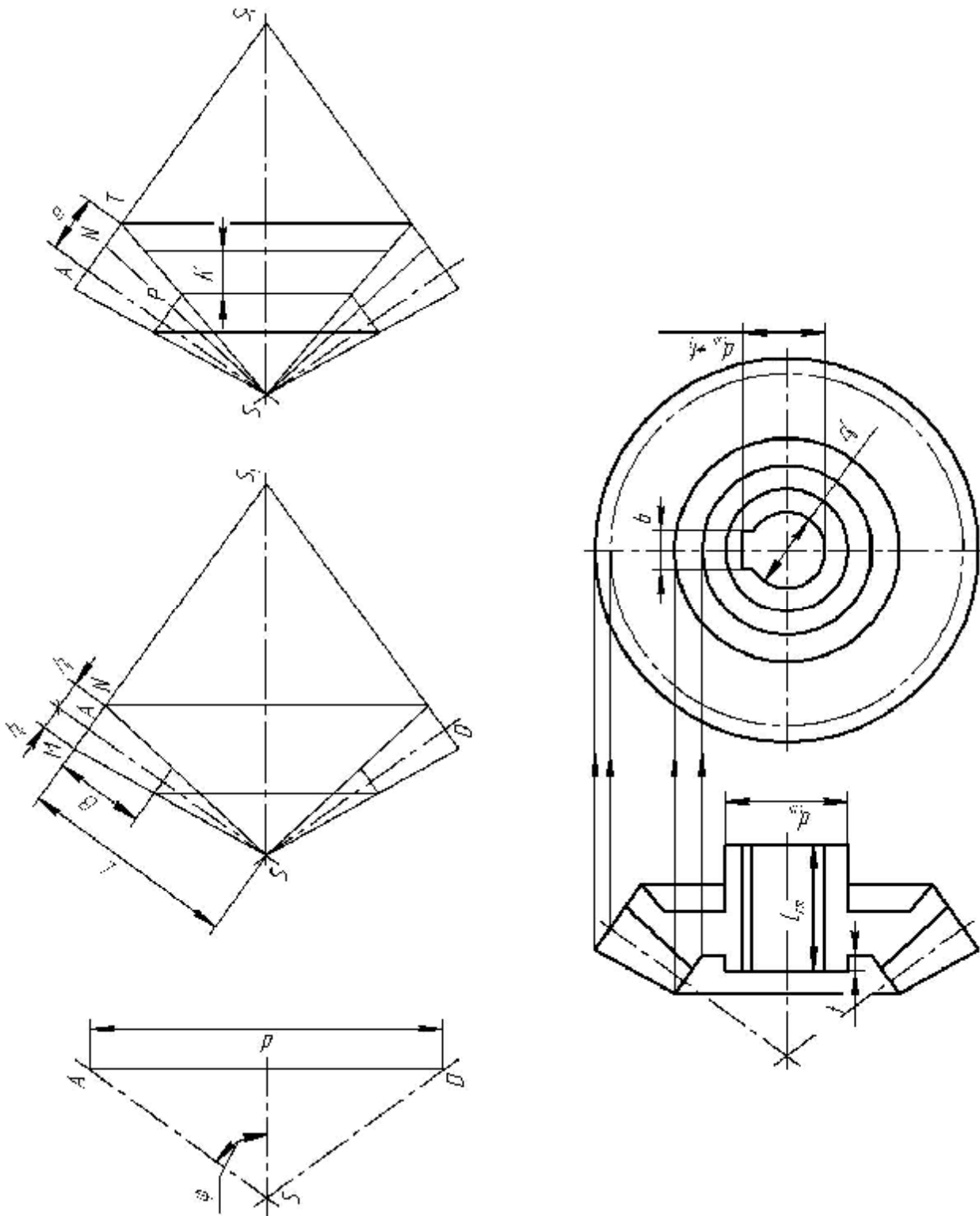
$$\operatorname{tg} \Delta'' = \frac{h_f}{L} = \frac{5,625}{133,1} = 0,4234; \quad \Delta'' = 2^{\circ}26';$$

$$\varphi_e = \varphi + \Delta' = 71^{\circ}15' + 1^{\circ}56' = 73^{\circ}11'$$

$$\varphi_i = \varphi - \Delta'' = 71^{\circ}15' - 2^{\circ}26' = 68^{\circ}49'$$

## 7.2 Оформлення робочого креслення конічного зубчастого колеса

На рис. 18 показана послідовність побудови зображень конічного зубчастого колеса. Креслення конічного колеса оформлюється згідно з ГОСТ 2.405—75. На рис. 19 показано робоче креслення конічного зубчастого колеса в двох зображеннях: у простому фронтальному розрізі на місці вигляду



Рисунк 18 – Послідовність виконання ескізу конічного зубчастого колеса

спереду і у вигляді зліва. З розмірів, які належать до геометрії колеса, слід нанести на кресленні: діаметр кола виступів, відстань від основи конуса виступів до опорної торцевої площини, кут конуса виступів, ширину зубчастого вінця, довжину твірної початкового конуса, відстань від вершини початкового конуса до опорної торцевої площини, розміри фасок, радіуси скруглень на кромках зубців, шорсткість бічної поверхні зубців, поверхні конуса виступів і западин.

На рисунку 20 наведено приклад виконання конічного зубчастого

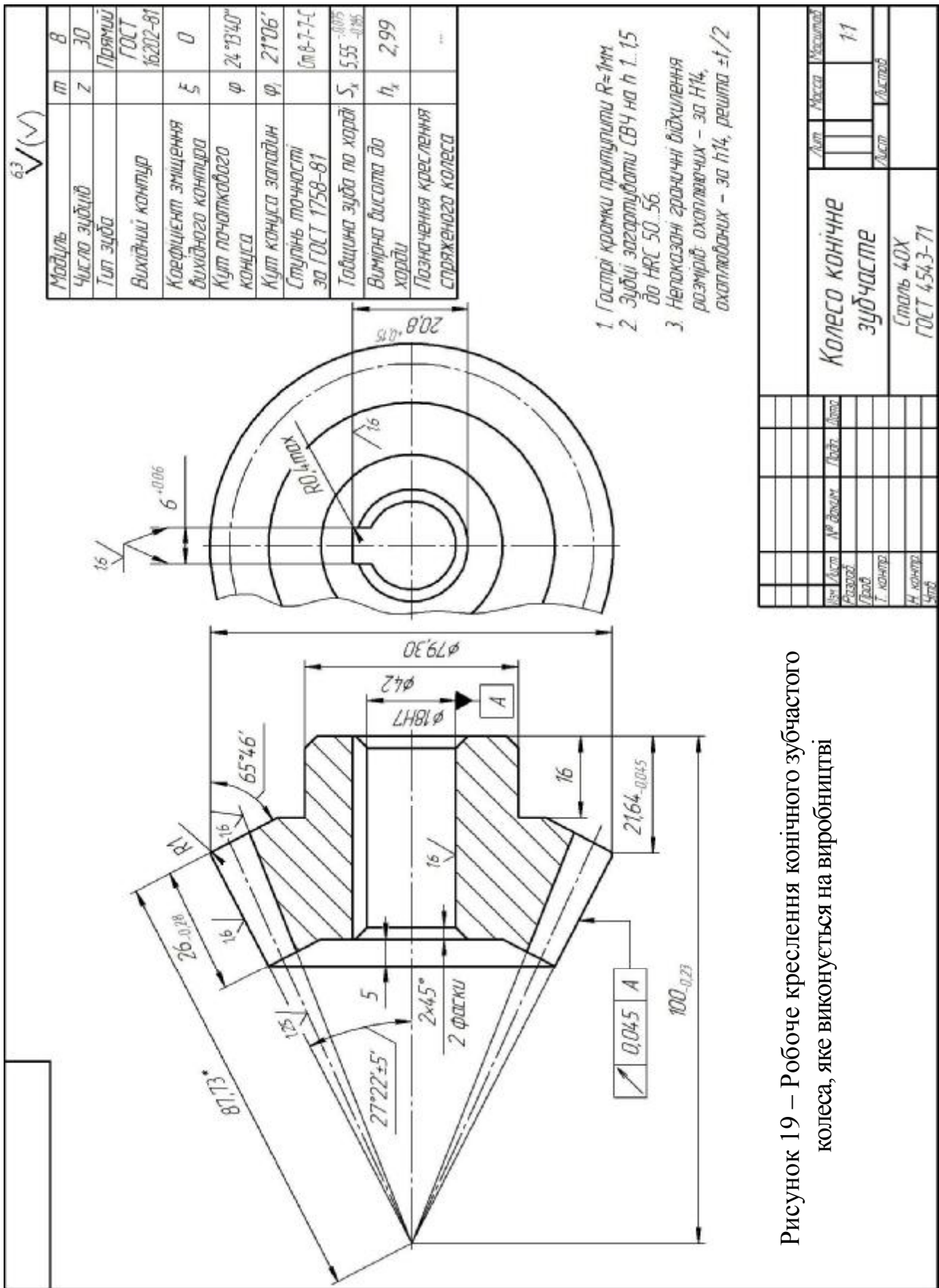


Рисунок 19 – Робоче креслення кінцевого зубчастого колеса, яке виконується на виробництві

колеса який виконується студентами у навчальному процесі в курсі інженерної графіки.





## 8 КОНІЧНА ЗУБЧАСТА ПЕРЕДАЧА

В таблиці 2 і на рис. 21 наведено позначення і формули для розрахунку конічної передачі при виконанні навчального завдання.

Таблиця 2 - Формули для розрахунку елементів конічних зубчастих коліс

Е лементи	Шестерня	Зубчасте колесо
Діаметр початкового кола	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Кут початкового конуса	$tg \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$tg \varphi_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Конічна відстань	$L_1 = \frac{m z_1}{2 \sin \varphi_1}$	$L_2 = \frac{m z_2}{2 \sin \varphi_2}$
Робоча ширина зубчастого вінця	$B_1 = 0,3 L_1$	$B_2 = 0,3 L_2$
Довжина маточини	$L_{ct1} = 1,3 d_{B1}$	$L_{ct2} = 1,3 d_{B2}$
Діаметр маточини	$d_{ct1} = 1,6 d_{B1}$	$d_{ct2} = 1,6 d_{B2}$
Товщина обода	$e_1 = 0,2 L_1$	$e_2 = 0,2 L_2$
Товщина диска		$k_2 = 0,17 L_2$
Висота виступу		$t_2 = 0,1 d_{B2}$
Висота фаски		$c_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$
Радіуси скруглень		$r_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$

- Примітки:
1. Розміри  $d_{a1}$ ,  $d_{a2}$ ,  $L$  визначають побудовою.
  2. Розміри шпонкових пазів  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $t$  для призматичних шпонок визначають за ГОСТ 23390-80.
  3. Діаметр  $D_0$  визначають як середнє арифметичне між діаметрами кіл I і II (рис. 21); діаметр  $d_{отв}$  отворів повинен дорівнювати одній чверті різниці діаметрів кіл I і II.

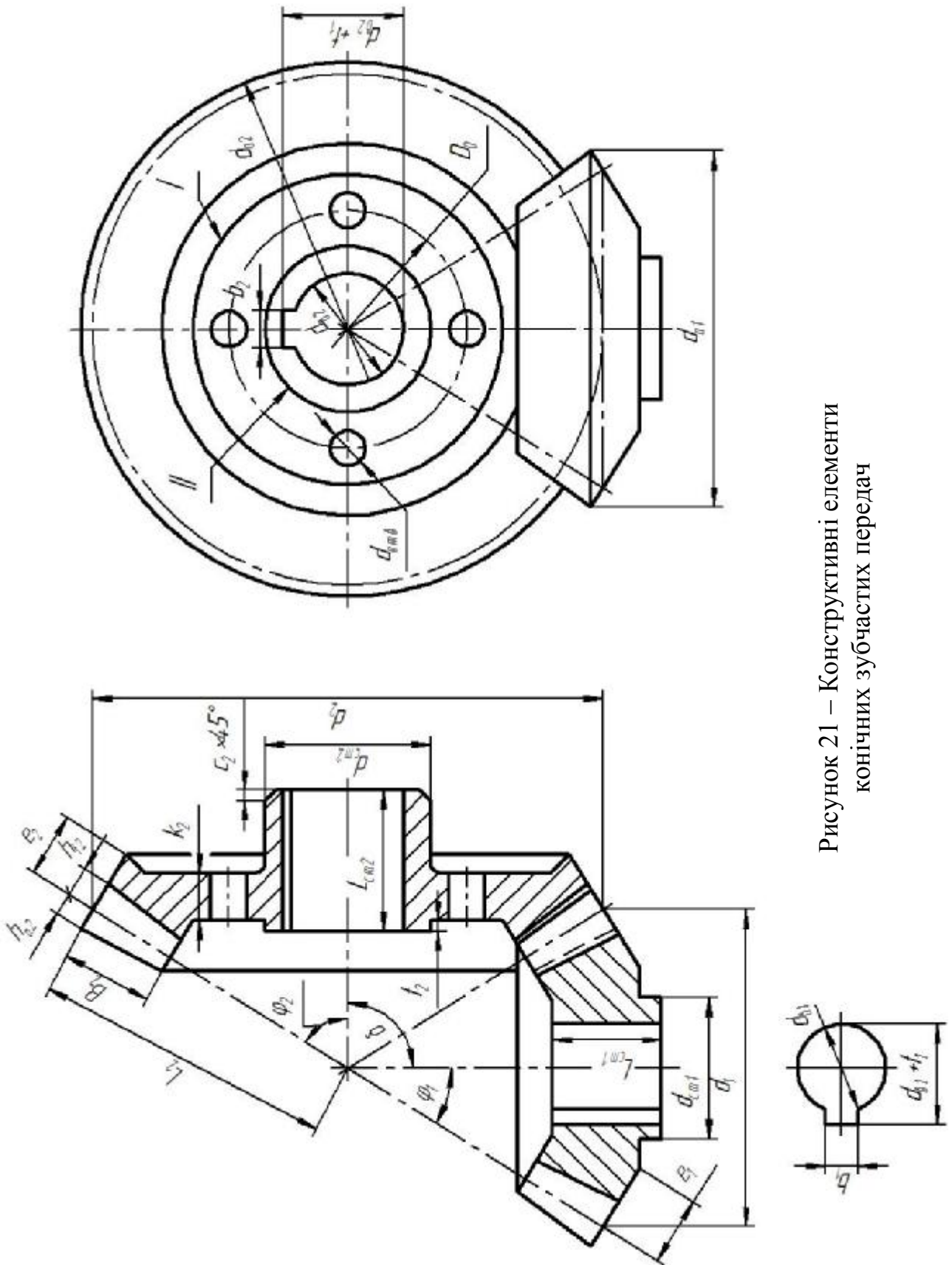


Рисунок 21 – Конструктивні елементи  
конічних зубчастих передач

## 8.1 Послідовність виконання креслення конічної зубчастої передачі

Конічна зубчаста передача (рис. 21) зображується за правилами, встановленим ГОСТ 2.402-68.

Для креслення конічної передачі необхідні вихідні дані, які визначаються вимірюванням колеса з натури або розрахунками:

- 1) модуль  $m_e$  мм;
- 2) число зубців  $z_1$  та  $z_2$ ;
- 3) кути ділительних конусів  $\varphi_1$  й  $\varphi_2$ ;
- 4) діаметри валів  $d_{e1}$  й  $d_{e2}$ .

Маючи ці дані, можна визначити:

- 1) висоту головки й ніжки зуба  $h_a$  та  $h_f$ ;
- 2) ділительні діаметри  $d_1$  й  $d_2$ ;
- 3) ширину зубчастих вінців  $B$ ;
- 4) діаметри й довжини маточин  $d_{cm1}$ ,  $d_{cm2}$ ,  $L_{cm1}$ ,  $L_{cm2}$ ;
- 5) розміри шпонкових пазів;
- 6) інші елементи зубчастих коліс, обумовлені їхньою конструкцією (товщини ободів, дисків тощо).

Зображення передачі звичайно виконуються в такій послідовності:

1. На головному зображенні проводяться взаємно перпендикулярні лінії, які відповідають осям шестірні (вертикальна) і колеса (горизонтальна) (рис. 22).

2. Від точки перетину  $C$  цих ліній відкладають по осях: угору і униз відрізки  $CK = \frac{d_2}{2}$ , а вправо відрізок  $CP = \frac{d_1}{2}$ .

3. Через точки  $K$  проводять горизонтальні лінії зв'язку, а через точку  $P$  вертикальну лінію до взаємного перетину в точках  $D$ . Точки  $D$  сполучають із точкою  $C$  лініями, які утворюють початкові конуси шестірні й колеса.

4. У точках  $D$  до крайніх твірних початкових конусів проводять перпендикуляри (вони утворюють додаткові конуси), на яких відкладають висоту головки зуба  $h_a = m_e$  і висоту ніжки  $h_f = 1,2 m_e$ .

5. Кінці відкладених відрізків сполучають з точкою  $C$  лініями, які являють собою крайні твірні конусів вершин зубців і западин.

6. Уздовж крайніх твірних початкових конусів від точок  $D$  у напрямку до точки  $C$  відкладають ширину зубчастого вінця й проводять границю зуба.

7. Наносять контури конструктивних елементів коліс (маточини, отвору в них тощо)

8. На вигляді зліва проводять тільки початкове коло штрихпунктирною лінією та коло вершин зубців основною лінією.

9. Перед обведенням креслення видаляють зайві лінії побудов (зв'язку), обводять зображення і штрихують фігури перерізів у розрізі. При цьому слід враховувати:

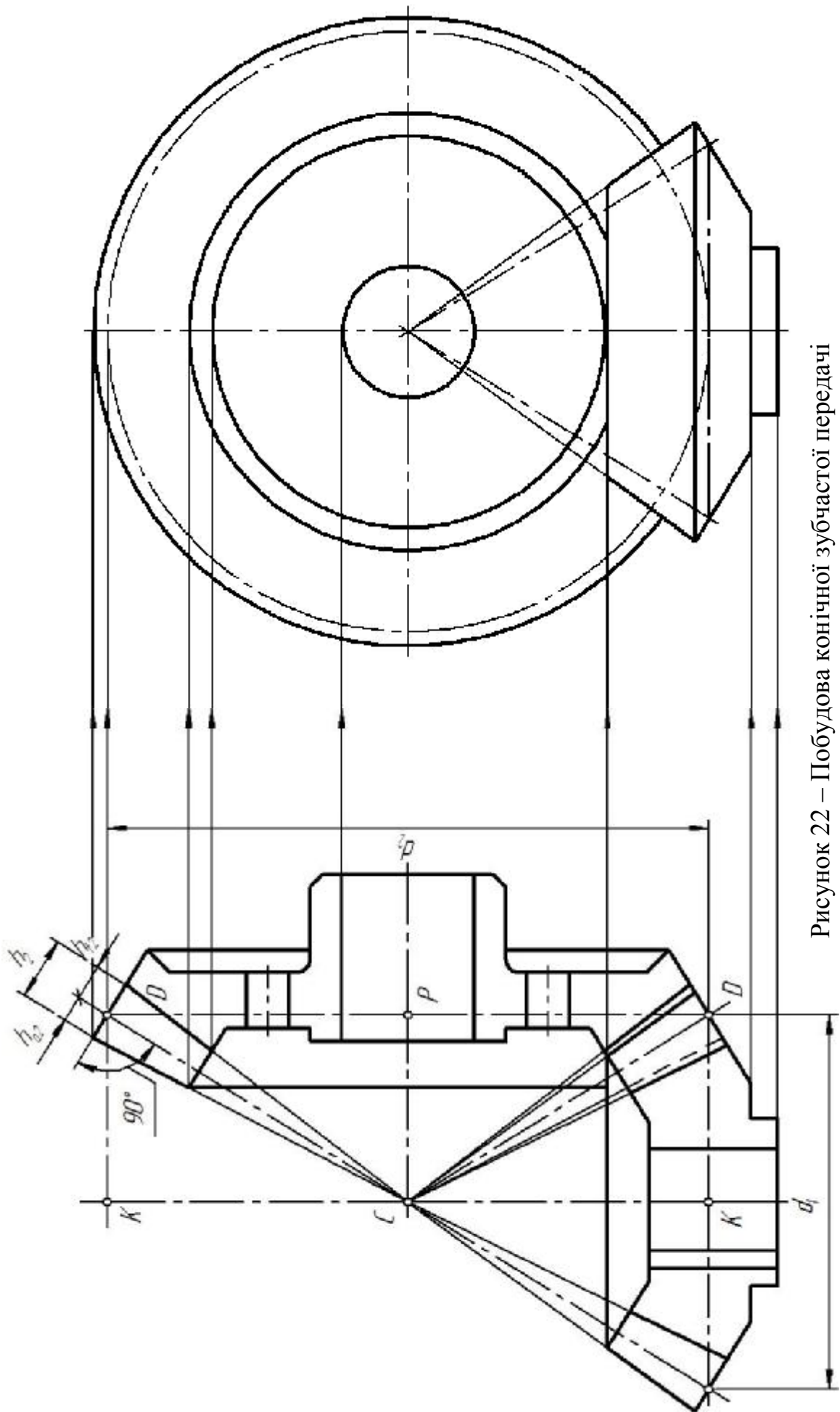


Рисунок 22 – Побудова конічної зубчастої передачі



а) на розрізі не розсічений зуб ведучого колеса (у даному прикладі шестірні) зображується перед зубом веденого колеса (рис. 23);

б) на виді зліва наносять штрихпунктирні лінії, що відповідають початковому колу одного зубчастого колеса й початковому конусу іншого зубчастого колеса (рис. 22, 23).

## 9 ШПОНКОВІ З'ЄДНАННЯ

Для передачі крутного моменту з колеса на вал або навпаки їх з'єднують між собою за допомогою шпонок (призматичних, клинових або сегментних).

З'єднання деталей призматичною шпонкою показано на наочному зображенні (рис. 24, а), а складальне креслення подано на рис. 24, б.

На складальному кресленні при виконанні поздовжнього розрізу шпонка показана нерозрізаною.

На кресленні з'єднання призматичною шпонкою поз. 3 показують невеликий проміжок (зазор) між верхньою площиною шпонки і верхом канавки у маточині поз. 1. Умовності при зображенні шпонкових з'єднань полягають у тому, що зазор між верхніми неробочими поверхнями трохи збільшують у порівнянні з його дійсними розмірами.

З'єднання клинвою й сегментною шпонками мало відрізняються від розглянутого. При клиновій шпонці (застосовується в тих випадках, коли крім крутного моменту потрібно передати осьове зусилля) зазори розташовуються з боків, при сегментній змінюється форма канавок на валу.

Умовні позначення призматичних шпонок показані на прикладах:

*Шпонка 18×11×100* ГОСТ 23390-80 – це шпонка призматична виконання 1 (з округленими краями) з розмірами: ширина  $b = 18$  мм, висота  $h = 11$  мм, довжина  $l = 100$  мм (перше виконання в позначенні не вказують). Позначення тієї ж шпонки виконання 2 (із плоскими торцями) - *Шпонка 2-18×11×100* ГОСТ 23390-80.

Стандартизовані форма й розміри шпонкових канавок (пазів) на валу і у маточині або у отворі колеса. Вибирають ці розміри залежно від діаметра вала.

У таблицях стандартів (табл. 3) для шпонок зазначено: діаметр вала  $D$  та розміри шпонок і пазів, що відповідають цьому діаметру розміри шпонок (ширина  $b$ , висота  $h$  і глибина шпонкових пазів:  $t$  – для вала,  $t_1$  – для втулки). Довжину шпонки  $l$  визначають із розрахунків на міцність і вибирають найближчу за значенням із стандартного ряду.

Таблиця 3 - Розміри призматичних шпонок (ГОСТ 23390-80) (фрагмент).

Діаметр вала $d_e$	Переріз шпонки		Глибина паза		Довжина шпонки $l$
	$b$	$h$	вал $t$	втулка $t_1$	
Від 17 до 22	6	6	3,5	2,8	14, 16, 18, 20, 22, 25...70...70
Від 22 до 30	8	7	4,0	3,3	18, 20, 22, 25, 28, 30...90...90

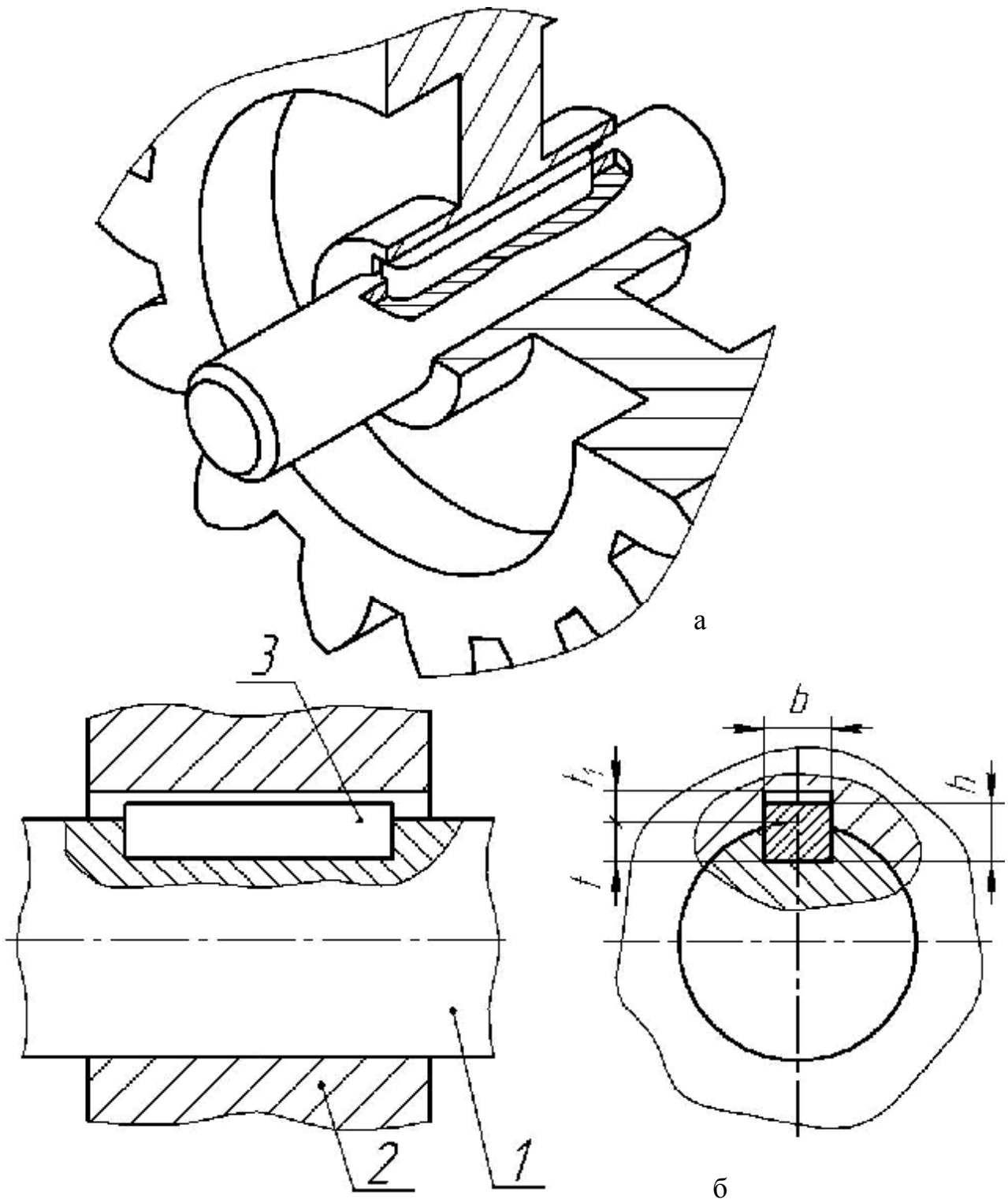


Рисунок 24 – Шпонкове з'єднання



## 10 ШЛІЦЬОВІ З'ЄДНАННЯ

Зубчастий вал - деталь циліндричної форми, на зовнішній поверхні якого рівномірно розташовані западини (шліці), які рівномірно чергуються з зубцями. Зубці входять у западини в створі деталі, створюючи зубчасте (шліцьове) з'єднання. Таким чином, шліцьове з'єднання являє собою багатошпонкове з'єднання, у якому шпонки з валом становлять одне ціле. Цей вид з'єднань застосовується в тому випадку, коли крутний момент, що передається від колеса на вал (чи навпаки) значний за величиною. Крім того, вони забезпечують точне центрування вала й колеса, що має велике значення для швидкохідних передач.

Профілі зубців і западин бувають прямоточними, евольвентними (бічні сторони профілю зуба обмежені евольвентой) і трикутними.

Шліцьове з'єднання деталей показане на наочному зображенні (рис. 25, а), відповідно до ГОСТ 2.409-74 зубчасті поверхні валів й отвору креслять спрощено.

На рис. 25, б показано спрощене зображення вала із зубчастою частиною. Твірні циліндра западин повинні перетинати лінію границі фаски й проходити по її зображенню. При зображенні вала в поздовжньому розрізі твірні циліндра западин показують **суцільною тонкою лінією**. Цим же типом ліній показують границю між шліцями повного профілю й збігом.

На зображенні торця зубчастої частини вала показують профіль тільки одного зуба й двох западин; коло, що обмежує виступи, зображують **суцільною основною лінією**. Дугу кола, що обмежує западини, зображують **суцільною тонкою лінією**, фаску на цьому зображенні не показують.

Приклад умовного позначення шліцьового з'єднання: число зубців  $z = 8$ , внутрішній діаметр  $d = 36$  мм, зовнішній діаметр  $D = 40$  мм, ширина зуба  $b = 7$  мм;  $D - 8 \times 36 \times 40 \times 7$  (буква в позначенні характеризує спосіб центрування шліцьового з'єднання:  $d$  – по внутрішньому діаметру,  $D$  – по зовнішньому діаметру,  $b$  – по ширині зуба).

Параметри шліцьових з'єднань наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Шліцьові прямоточні з'єднання (ГОСТ 1139-80) (фрагмент).

Номінальний розмір $z \times d \times D$	Число зубців, $z$	Внутрішній діаметр, $d$	Зовнішній діаметр, $D$	Ширина зуба, $b$
6×13×16	6	13	16	3,5
6×13×20	6	16	20	4
6×13×22	6	18	22	5
6×13×25	6	21	25	5

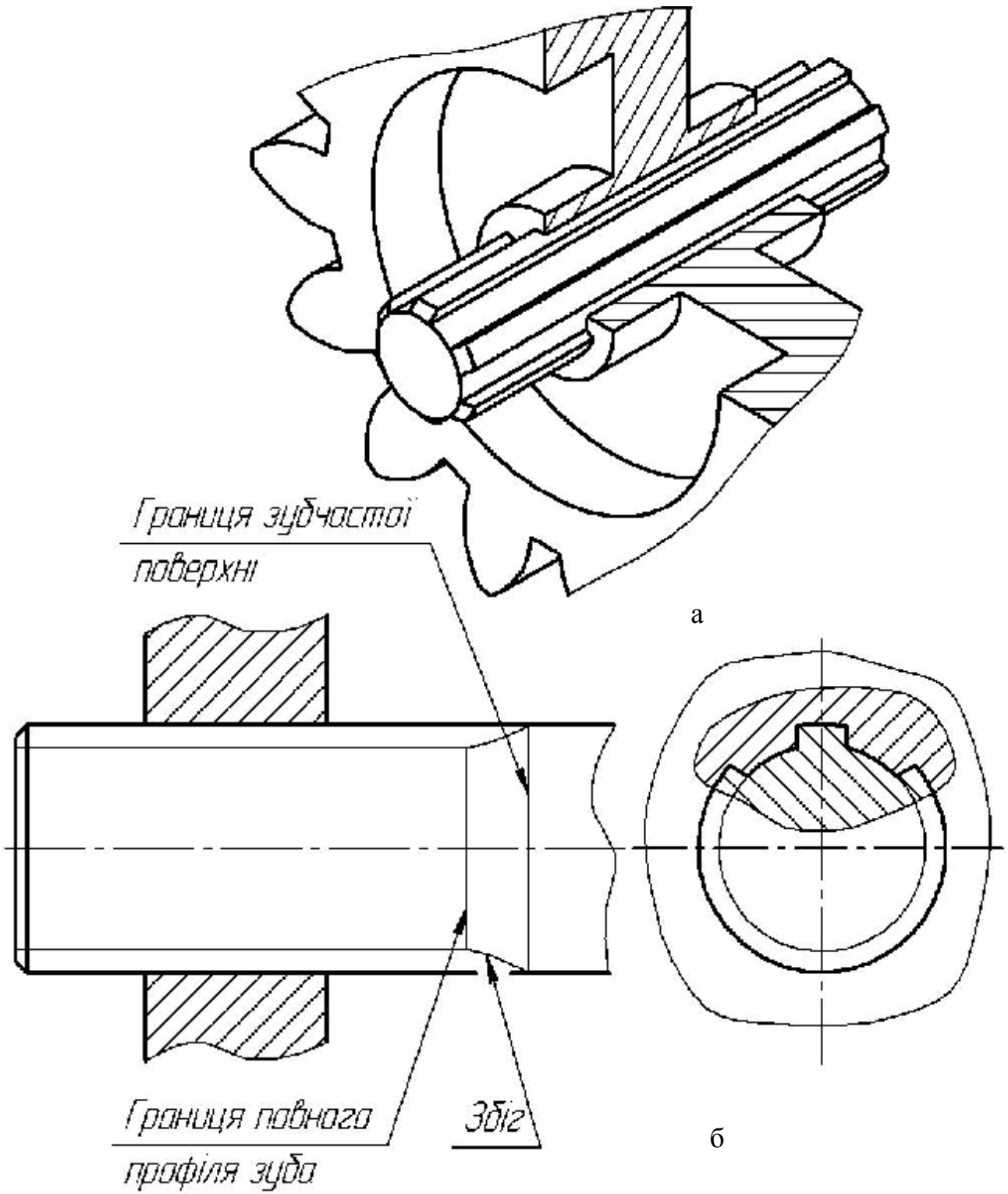


Рисунок 25 – Шліцьове з'єднання

## 11 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО ТЕМИ "ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ"

В таблиці 5 наведено варіанти завдань до виконання роботи "Зубчасті передачі". Методика виконання завдання та порядок побудови креслення викладено в пункті 6.1.

Таблиця 5 – Варіанти завдань до теми " Зубчасті передачі "

№ вар.	Модуль $m$ , мм	Число зубців		Діаметри валів, мм	
		$z_1$	$z_2$	$d_{e1}$	$d_{e2}$
1	3	15	30	16	24
2	3	16	32	20	24
3	3,5	18	27	22	26
4	2,5	20	30	20	20
5	3	14	28	16	22
6	3,5	15	30	20	26
7	2,5	18	36	20	24
8	3	20	32	22	24
9	3,5	14	28	20	26
10	2,5	17	34	20	22
11	3	18	27	22	22
12	3	17	34	20	26
13	2,5	20	40	20	26
14	3	16	30	16	24
15	3,5	18	30	22	26
16	2,5	20	32	20	22
17	3	14	30	16	22
18	3,5	16	30	20	26
19	2,5	21	42	20	26
20	3	20	30	22	24
21	3,5	14	30	20	26
22	2,5	22	44	22	26
23	3	18	30	20	24
24	2,5	15	35	16	24
25	2,5	14	32	16	22
26	3	16	28	20	24
27	3,5	15	25	20	24
28	2,5	19	38	22	24
29	3	14	26	16	20
30	3,5	16	28	20	24

## 12 ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Циліндричні зубчасті передачі. За якими формулами визначаються:
  - нормальний і коловий модулі зубців;
  - числа зубців шестірні та колеса;
  - висоти головки, ніжки зубця та повну висоту зубця, радіальний зазор і товщину зубця;
  - діаметри кіл ділильного (початкового), вершин і западин для шестірні та колеса;
  - ширини зубчастих вінців колеса і шестірні;
  - міжосьову відстань за модулем і числами зубців;
  - кути нахилу зубців?
2. Конічні зубчасті передачі. За якими формулами визначаються:
  - зовнішній і середній колові модулі зубців та зв'язок між ними;
  - числа зубців шестірні та колеса;
  - висоти головки, ніжки зубця та повні висоти зубців;
  - середні ділильні діаметри шестірні та колеса;
  - ширини зубчастого вінця;
  - кути (ділильних конусів і ніжок зубців, конусів вершин і западин)?

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стандарти ЄСКД ГОСТ: 2.40-68, 2.403-68, 2.405-75, 2.409-74, 1139-80, 1643-81, 9563-80, 13755-81, 16202-81, 16530-83, 16531-83, 23389-80, 23390-80.
2. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник /В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скідан; За ред.. В. Є. Михайленка – К.: Вища шк., 2001.-350с.: іл.
3. Деталі машин: Навчальний посібник /В. О. Малащенко, В. В. Янків; - Львів: "Новий світ-2000", 2006.-252с.
4. Иванов М. Н., Финогенов В. А. Детали машин.-М.: Издательство высшая школа, 2006.-408с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3т.-М.: Машиностроение, 1979. Т.1.-728с.; Т.2.-559с.; Т.3.-557с.
6. Боголюбов С. К., Воинов А. К. Черчение. – 2-е изд. – М: "Машиностроение", 1981. – 303с.

Навчальне видання

## **ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ**

Навчальний посібник

Укладачі: Неснов Дмитро Валерійович, к.т.н., доц.  
Фролов Олег Васильович, к.т.н., доц.,  
Корецька Ірина Миколаївна, ст. викладач.