

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра машинобудування та технічного сервісу машин**

**ЗУБЧАСТІ КОЛЕСА І ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**Харків – 2021**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри машинобудування та технічного сервісу машин 15 лютого 2021 року, протокол № 2.

Методичні вказівки рекомендовано для студентів механіко-енергетичного факультету всіх спеціальностей.

Укладачі:

доц. А. О. Бабенко,  
асист. О. В. Горяінова

Рецензент

проф. І. Е. Мартинов

## ВСТУП

*Мета методичних вказівок* – ознайомити студентів з елементами конструкції та геометричними параметрами зубчастих коліс, засвоєння правил виконання креслень і позначень зубчастих передач, шпонкових та шліцьових з'єднань, відповідно до державних стандартів.

*Передачею* називають сукупність деталей, за допомогою яких передається рух від одного елемента механізму до іншого.

Зубчасті передачі є найбільш поширеною та важливою групою механічних передач [1, 2], які широко використовують у машинах, верстатах і механізмах для передачі обертального руху від одного вала до іншого або для перетворення обертального руху в поступальний.

Для того, щоб правильно читати й складати креслення зубчастих передач, потрібно знати основні елементи (рисунок 1) [3] та параметри зубчастих коліс (рисунок 2). Терміни, визначення та позначення елементів зубчастих передач установлює ГОСТ 16530-83 [3–5].

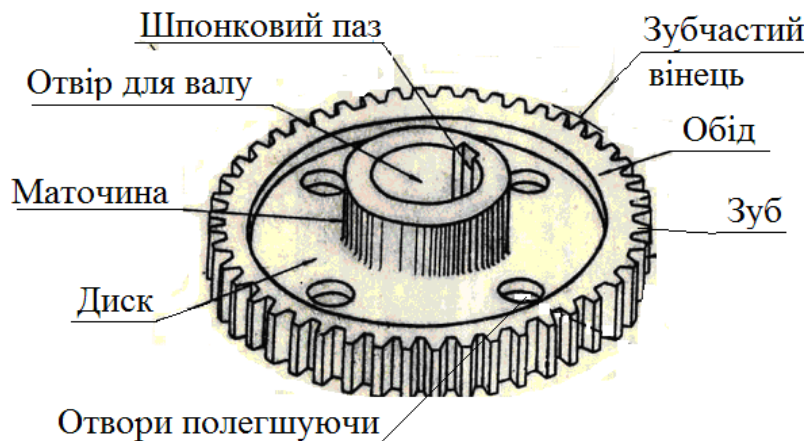


Рисунок 1

Принцип роботи зубчастих передач ґрунтується на зачепленні зубчастих коліс [1–4], коли зуби одного з них входять у западини іншого. Обертальний рух передається за рахунок тиску зуба одного колеса на зуб іншого. Таким чином, основними робочими елементами колеса є зуби, що розташовані на ободі й разом з ним становлять зубчастий вінець, який через диск або спиці з'єднано з маточиною (рисунок 1).

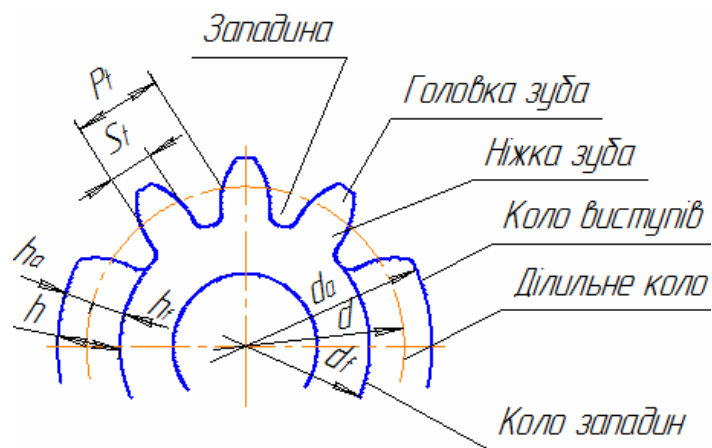


Рисунок 2

Класифікують зубчасті передачі залежно від розташування осей валів зубчастих коліс [2, 4].

При паралельному розташуванні осей валів передачу обертального руху виконують циліндричні зубчасті колеса. Таку передачу називають *циліндричною зубчастою передачею* (рисунок 3) [4, 5]. Вимоги до виконання креслень циліндричних зубчастих передач установлює ГОСТ 16531 – 83.

Якщо осі валів перетинаються, то передачу обертання руху виконують конічні зубчасті колеса (рисунок 4) [1]. Таку передачу називають *конічною зубчастою передачею*. Вимоги до виконання креслень конічних зубчастих передач установлює ГОСТ 19325-72.

Якщо осі валів схрещуються, то передачу обертального руху виконують зубчасте черв'ячне колесо та черв'як [2, 3]. Таку передачу називають *черв'ячною зубчастою передачею* (рисунок 5). Вимоги до виконання креслень черв'ячних зубчастих передач установлює ГОСТ 18498 – 73.

Зубчасте колесо передачі з меншою кількістю зубів називають *шестірнею* [1, 2]. У черв'ячній передачі шестірнею називають *черв'як*, який є гвинтом зі спеціальною різьбою. Зубчасте колесо з більшою кількістю зубів називають *колесом*. Якщо кількість зубів зубчастих коліс передачі однакова, то ведуче колесо називають *шестірнею*, а ведене – *зубчасте колесо*.

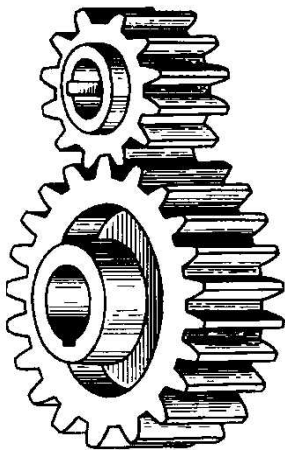


Рисунок 3

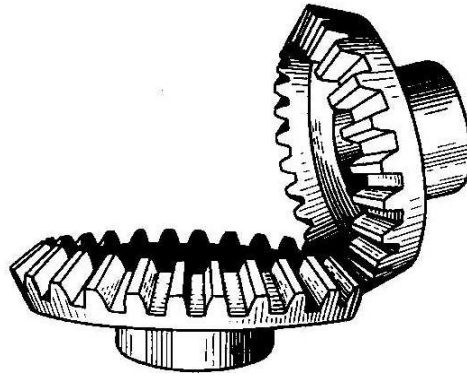


Рисунок 4

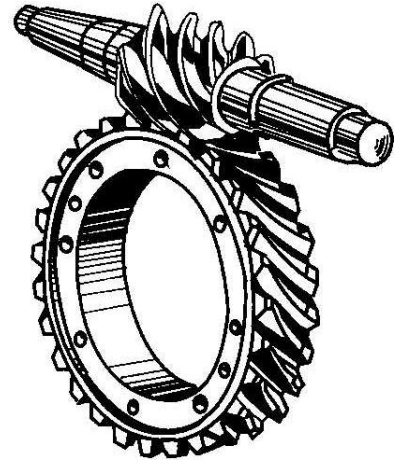


Рисунок 5

## **1 ВИХІДНІ ДАНІ**

Побудувати два види зубчастої передачі за даними, які наведено в таблицях 1 – 3. Номер варіант – це порядковий номер студента в журналі групи.

## **2 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ**

Креслення зубчастих передач виконують на аркуші формату А3. Масштаб зображення вибирають залежно від розмірів зубчастих коліс.

Оформлення креслень має відповідати ГОСТ 2.301-68 та ГОСТ 2.104-68.

Таблиця 1 – Дані для виконання креслення «Циліндрична зубчаста передача»

Ва-ріант	$m$	$z_1$	$z_2$	$d_{в1}$	$d_{в2}$	Шліци ГОСТ 1139-80		
						Центрування	$z \times d \times D$	$b$
1	5	20	40	40	62	$D$	8 x 56 x 62	10
6	4	26	44	35	48	$d$	8 x 42 x 48	8
9	8	12	24	35	52	$b$	10 x 42 x 52	6
11	6	18	30	40	50	$D$	8 x 46 x 50	9
13	7	16	28	40	56	$b$	10 x 46 x 56	7
16	5	22	38	40	58	$D$	8 x 52 x 58	10
19	6	18	32	40	54	$d$	8 x 46 x 54	9
23	8	14	22	35	56	$b$	10 x 46 x 56	7
25	6	16	32	40	54	$d$	8 x 46 x 54	9
29	5	21	40	40	60	$d$	8 x 52 x 60	10

Шпонка ГОСТ 23360-73

Таблиця 2 – Дані для виконання креслення «Конічна зубчаста передача»

Ва-ріант	$m$	$z_1$	$z_2$	$d_{в1}$	$d_{в2}$	Шліци ГОСТ 1139-80		
						Центрування	$z \times d \times D$	$b$
2	8	16	25	42	62	$D$	8 x 56 x 62	10
4	10	14	24	48	72	$b$	16 x 62 x 72	6
8	10	16	22	48	60	$d$	8 x 52 x 60	10
10	12	12	22	52	78	$D$	10 x 72 x 78	12
14	12	14	24	50	72	$d$	8 x 62 x 72	12
18	8	18	22	40	60	$b$	16 x 52 x 60	5
20	8	20	26	60	68	$D$	8 x 62 x 68	12
22	10	16	22	40	60	$b$	16 x 52 x 60	5
27	8	16	32	38	48	$d$	8 x 42 x 48	8
30	8	14	24	40	54	$d$	8 x 46 x 54	9

Шпонка ГОСТ 23360-73

Таблиця 3 – Дані для виконання креслення «Черв'ячна зубчаста передача»

Ва-ріант	$m$	$q$	$z_1$	$z_2$	$d_{в1}$	$d_{в2}$	Шліци ГОСТ 1139-80		
							Центрування	$z \times d \times D$	$b$
3	5,5	9	1	42	$d_{e1} = d_f - m$	52	$b$	10 x 42 x 52	6
5	5	9	1	36		36	$d$	8 x 46 x 54	9
7	7	9	1	30		58	$D$	8 x 52 x 58	10
12	8	9	1	28		60	$d$	8 x 52 x 60	10
15	6	9	1	40		62	$D$	8 x 56 x 62	10
17	4	9	1	50		54	$d$	8 x 46 x 54	9
21	4,5	9	1	46		46	$D$	8 x 46 x 50	9
24	4	9	1	53		56	$b$	10 x 46 x 56	7
26	4	9	1	50		54	$d$	8 x 46 x 54	9
28	5	9	1	38		56	$D$	10 x 46 x 56	7

### Послідовність виконання завдання

1 Необхідно виконати розрахунки параметрів зубчастих коліс (рисунок 2) за формулами та співвідношеннями, які наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Формули та співвідношення для розрахунку параметрів зубчастих коліс

Параметр	Позначення	Формули та співвідношення
Діаметр дільного кола	$d$	$d = mz$
Висота зуба	$h$	$h = 2,25m$
Висота головки зуба	$h_a$	$h_a = m$
Висота ніжки зуба циліндричного зубчастого колеса	$h_f$	$h_f = 1,25m$
Висота ніжки зуба конічного та черв'ячного зубчастих коліс	$h_f$	$h_f = 1,2m$
Діаметр кола вершин зубів	$d_a$	$d_a = d + 2m$
Діаметр кола западин зубів циліндричного зубчастого колеса	$d_f$	$d_f = d - 2,5m$

Продовження таблиці 4

Параметр	Позначення	Формули та співвідношення
Діаметр кола западин зубів конічного та черв'ячного зубчастих коліс	$d_f$	$d_f = d - 2,4m$
Ширина зубчастого вінця для однозахідного черв'яка $z_1=1$	$b$	$b = (6 \div 8)m$ $b = 0,75d_{a1}$
Товщина обода зубчастого вінця	$\delta_1$	$\delta_1 = (2,25 \div 4)m$
Внутрішній діаметр обода	$D_{к2}$	$D_{к2} = d_{f2} - 2\delta_1$
Товщина диска	$\delta_2$	$\delta_2 = (3 \div 3,6)m$
Діаметр маточини колеса	$D_M$	$D_M = (1,5 \div 1,8)d_B$
Довжина маточини	$L_M$	$L_M = (1,2 \div 1,5)d_B$
Діаметр центрального кола	$D_2$	$D_2 = 0,5(D_{к2} + D_{м2})$
Діаметр технологічних отворів	$D_o$	$D_o = \frac{D_{к2} - D_{м2}}{2,5}$

Основною величиною для визначення розмірів параметрів зубчастих коліс є модуль. ГОСТ 9563-60 установлює стандартні величини модулів.

Модулем називають лінійну величину, яка в  $\pi$  раз менша від кроку зачеплення  $P_t$ , тобто

$$m_t = \frac{P_t}{\pi}.$$

Крок зачеплення  $P_t$  – це відстань між однойменними профілями сусідніх зубів по дузі ділительного кола (рисунок 2).

Модуль має й більш зручне та просте визначення, яким користуються на виробництві:

$$m_t = \frac{d}{z},$$

де  $z$  – кількість зубів колеса.



Таким чином, модуль указує, яка довжина діаметра ділильного кола припадає на один зуб колеса.

**2** Побудувати головний вид, на якому показати фронтальний розріз, і вид зліва зубчастої передачі. На головному виді зубчасте колесо розташувати так, щоб його вісь була паралельною основному напису.

На кресленнях зубчастих передач елементи коліс показують умовно згідно з ГОСТ 2.402-68. Це полегшує побудову та читання креслення.

*Умовності та спрощення зображення зубчастих коліс на кресленні:*

1) на фронтальному розрізі зуби показують незаштрихованими;

2) ділильні кола колеса та шестірні на всіх видах показують штрихпунктирною лінією. Вони повинні торкатися одне одного в точці, яка називається полюсом зачеплення і розташована на осі, яка з'єднує центри зубчастих коліс;

3) кола та твірні поверхонь вершин зубів показують на всіх видах суцільною товстою основною лінією;

4) кола та твірні поверхонь западин зубів у розрізах і перерізах показують суцільною товстою основною лінією, на виді зліва циліндричної зубчастої передачі показують суцільною тонкою лінією;

5) кола поверхонь вершин і западин зубчастих коліс у зоні зачеплення не повинні торкатися. Між ними повинен бути радіальний зазор. Пояснюється це тим, що висота головки зуба менша, ніж висота ніжки зуба;

б) у передачах на головному виді, у розрізі, зуб шестірні (черв'яка) зображують розташованим перед зубом колеса. Поверхні вершин шестірні (черв'яка) зображують суцільною товстою основною лінією, а поверхні вершин колеса – штриховою лінією;

7) на кресленні зубчастої передачі не зображують фасок, округлень на зубах та маточині.

**3** Показати шпонкове з'єднання шестірні з валом для циліндричної та конічної передачі.

*Шпонки* застосовують для рознімного з'єднання деталей (зубчастих коліс, шківів, маховиків тощо) з валом. За

конструкцією шпонки розділяють на призматичні, клинові та сегментні з прямокутним поперечним перерізом. Перевагу віддають призматичним шпонкам.

Розміри шпонки та паза стандартизовані й залежать від діаметра вала (таблиця 5).

Таблиця 5 – Розміри перерізів призматичних шпонок і пазів (виписка з ГОСТ 23360-73)

Діаметр вала $d_e$	Розміри перерізу шпонки		Глибина паза		Довжина шпонки $l$
	$b$	$h$	$t$	$t_1$	
Від 30 до 38	10	8	5	3,3	22 – 110
» 38 » 44	12	8	5	3,3	28 – 140
» 44 » 50	14	9	5,5	3,8	36 – 160
» 50 » 58	16	10	6	4,3	45 – 180
» 58 » 65	18	11	7	4,4	50 – 200
Ряд довжин шпонок: 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200					

*При зображенні шпонкових з'єднань потрібно враховувати такі вимоги:*

1) на кресленні показують два види з'єднання шпонкою. На головному виді показують місцевий розріз, на якому шпонку показують нерозсіченою (рисунок 6);

2) на вільному місці показують переріз з'єднання шпонкою (рисунок 6);

3) довжина паза на валу дорівнює довжині самої шпонки;

4) між верхньою неробочою гранню шпонки та основою паза в маточині шестірні повинен бути зазор, що дорівнює  $0,2 \div 0,3$  мм. На кресленні цей зазор показують збільшеним до  $1 \div 1,5$ .

Довжину шпонки вибирають на  $5 \div 6$  мм меншою, ніж довжина маточини шестірні, або такою, що дорівнює довжині маточини. Довжину шпонки, яку вибрали, порівнюють зі стандартним значенням довжин шпонок за ГОСТ 2236-69, і вибирають найближче стандартне значення.

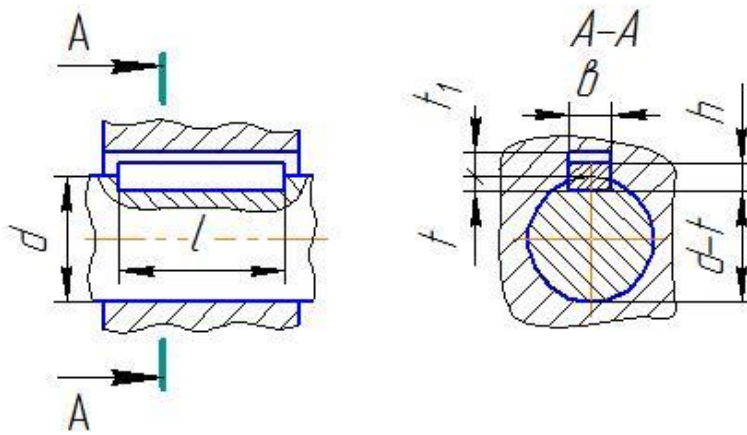


Рисунок 6

4 Показати шліцьове з'єднання зубчастого колеса з валом.

*Шліцьові (зубчасті) з'єднання* – це багатошпонкові з'єднання, у яких шліци (шпонки) виконані як одне ціле з валом.

Ці з'єднання мають ряд переваг порівняно зі шпонковими: здійснюють краще центрування деталей, забезпечують більшу міцність при динамічних і змінних навантаженнях, а також направленість і рівномірність руху колеса вздовж вала. Завдяки значній кількості виступів шліцьові з'єднання здатні передавати більші кручені моменти.

Найпоширенішими є шліцьові з'єднання з прямобічним профілем зуба. Прямобічні шліцьові з'єднання центрують трьома способами:

- 1) за зовнішнім діаметром  $D$  (найбільш поширене центрування, тому що його легко виготовляти (рисунок 7);
- 2) за внутрішнім діаметром  $d$  (рисунок 8);
- 3) за бічними гранями зубів  $b$  (рисунок 9).

Центрування маточини колеса на валу визначається щільністю контакту поверхні шліців з поверхнею западин.

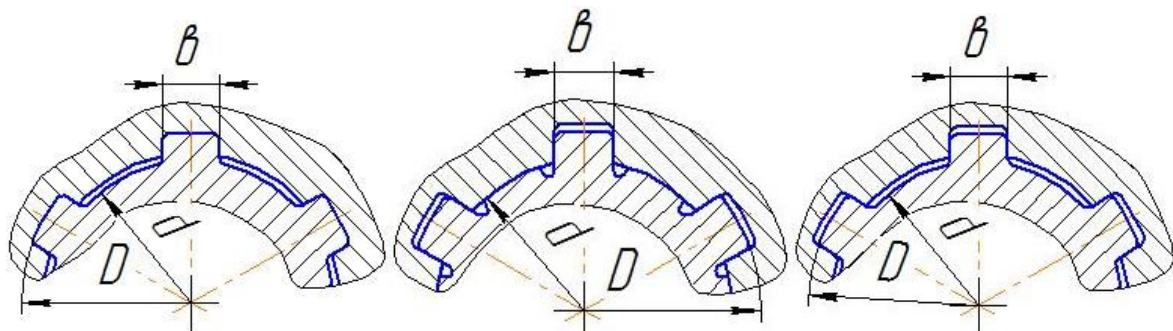


Рисунок 7

Рисунок 8

Рисунок 9

ГОСТ 1139-80 установлює параметри шліцьового з'єднання залежно від діаметра вала колеса та навантаження, яке сприймає з'єднання.

На кресленні шліцьові з'єднання показують умовно, ураховуючи вимоги, установленні ГОСТ 2.409-74:

1) кола та твірні поверхонь виступів (зубів) вала й отворів показують суцільною товстою основною лінією (рисунок 10);

2) кола та твірні поверхонь виступів (зубів) вала й отворів показують суцільною лінією, яка повинна перетинати межу фаски (рисунок 10);

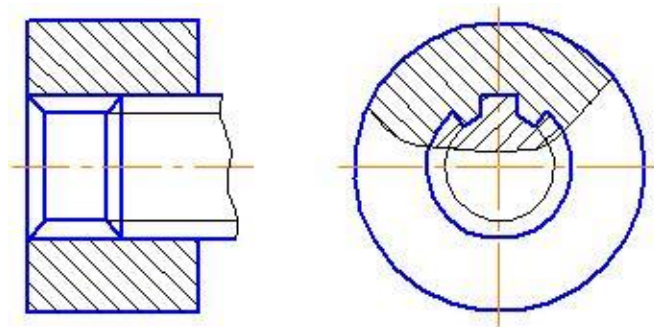


Рисунок 10

3) на поздовжньому розрізі твірні поверхонь виступів і западин показують суцільною товстою основною лінією. У поперечних розрізах і перерізах коло западин показують суцільною тонкою лінією;

4) на видах, які розташовані в площинах, перпендикулярних осі шліцьового вала, або отворах, зображують профіль одного виступу (зуба) і двох западин без фасок, канавок і округлень. Не показують фаски на кінці шліцьового вала та отвору;

5) якщо січна площина проходить через вісь шліцьового вала або отвору, то на розрізах і перерізах зуби показують нерозсіченими;

6) на розрізах шліцьового з'єднання показують тільки ту частину поверхні виступів отвору, яка не закрита валом. Радіальний зазор між виступами та западинами не показують. Лінію штрихування доводять до лінії западин або виступів (рисунок 10);

7) на вільному місці креслення показують переріз шліцьового з'єднання. Показують радіальні зазори між виступами та западинами, які приблизно дорівнюють  $1$  (рисунок 10).

**5** На кресленні зубчастих передач нанести:

1) міжосьову відстань – відстань між осями валів зубчастих коліс;

2) діаметр вала шестірні (черв'яка) і зубчастого колеса.

**6** Нанести позначення:

1) на полицях ліній-виносок, які проводять від шестірні (черв'яка) та зубчастого колеса, позначають модуль та кількість зубів (кількість заходів черв'яка);

2) на полиці лінії-виноски, яку проводять від шпонки, вказують її умовне позначення;

3) на полиці лінії-виноски, яку проводять від вала колеса, вказують умовне позначення шліцьового з'єднання.

*В умовному позначенні призматичних шпонок вказують:*

1) найменування;

2) виконання (виконання 1 не вказують);

3) розміри перерізу шпонки ( $b \times h$ );

4) довжину шпонки ( $l$ );

5) номер стандарту.

Наприклад: Шпонка 18 x 11 x 100 ГОСТ 23360-78

*В умовному позначенні шліцьових з'єднань з прямобічним профілем зубів вказують:*

1) позначення поверхні центрування  $D$ ,  $d$  і  $\phi$ ;

2) параметри з'єднання  $z$ ,  $D$ ,  $d$ .

Наприклад:  $D$  6x23x26.

**7** Заповнити основний напис.

### **3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕДАЧІ**

Побудувати зображення зубчастої циліндричної передачі за такими даними:

1) модуль зубчастого зачеплення  $m = 5$  мм;

2) кількість зубів шестірні  $z_1 = 25$ ;

3) кількість зубів колеса  $z_2 = 40$ ;

- 4) діаметр вала шестірні  $d_{в1} = 40$  мм;
- 5) діаметр вала зубчастого колеса  $d_{в2} = 60$  мм.

Шестірня кріпиться на валу за допомогою призматичної шпонки (ГОСТ 23360-78), а зубчасте колесо – за допомогою шліцьового з'єднання (ГОСТ 1139-80). Залежно від діаметра вала зубчастого колеса  $d_{в2} = 60$  мм задано розміри шліцьового з'єднання:

- 1) центрування за бічними гранями зубів « $\vartheta$ »;
- 2) кількість зубів  $z_2 = 16$ ;
- 3) зовнішній діаметр  $D = 60$  мм;
- 4) внутрішній діаметр  $d = 52$  мм;
- 5) ширина зуба  $\vartheta = 5$  мм.

### **Послідовність виконання креслення**

**1** Розраховують параметри циліндричної зубчастої передачі за формулами та співвідношеннями, які наведено в таблиці 4.

**1.1** Визначають діаметри ділільних кіл шестірні та зубчастого колеса:

$$\begin{aligned}d_1 &= m z_1 = 5 \cdot 25 = 125 \text{ мм}; \\d_2 &= m z_2 = 5 \cdot 40 = 200 \text{ мм}.\end{aligned}$$

**1.2** Розраховують міжосьову відстань (відстань від центра шестірні до центра зубчастого колеса):

$$a = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5(125 + 200) = 162,5 \text{ мм}.$$

**1.3** Визначають діаметр кола вершин:

$$\begin{aligned}d_{a1} &= d_1 + 2m = 125 + 2 \cdot 5 = 135 \text{ мм}; \\d_{a2} &= d_2 + 2m = 200 + 2 \cdot 5 = 210 \text{ мм}.\end{aligned}$$

**1.4** Визначають діаметр кола западин:

$$\begin{aligned}d_{f1} &= d_1 - 2,5m = 125 - 2,5 \cdot 5 = 112,5 \text{ мм}; \\d_{f2} &= d_2 - 2,5m = 200 - 2,5 \cdot 5 = 187,5 \text{ мм}.\end{aligned}$$

**1.5** Визначають ширину зубчастого вінця:

$$b = 8m = 8 \cdot 5 = 40 \text{ мм.}$$

**1.6** Визначають довжину маточини шестірні та зубчастого колеса:

$$L_{M1} = 1,5d_{B1} = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ мм;}$$

$$L_{M2} = 1,5d_{B2} = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ мм.}$$

**1.7** Визначають товщину обода зубчастого вінця:

$$\delta_1 = 3m = 3 \cdot 5 = 15 \text{ мм.}$$

**1.8** Визначають товщину диска зубчастого колеса:

$$\delta_2 = 3m = 3 \cdot 5 = 15 \text{ мм.}$$

**1.9** Визначають діаметри маточини шестірні та зубчастого колеса:

$$D_{M1} = 1,6d_{B1} = 1,6 \cdot 40 = 64 \text{ мм;}$$

$$D_{M2} = 1,6d_{B2} = 1,6 \cdot 60 = 96 \text{ мм.}$$

**1.10** Визначають внутрішній діаметр обода:

$$D_{K2} = d_{f2} - 2\delta_1 = 187,5 - 2 \cdot 15 = 157,5 \text{ мм.}$$

**1.11** Визначають діаметр центрального кола, на якому розташовуються технологічні отвори, які полегшують вагу зубчастого колеса:

$$D_2 = 0,5(D_{K2} + D_{M2}) = 0,5(157,5 + 96) = 126,75 \text{ мм.}$$

**1.12** Визначають діаметр технологічних (полегшуючих) отворів у диску зубчастого колеса:

$$D_o = \frac{D_{K2} - D_{M2}}{2,5} = \frac{157,5 - 96}{2,5} = 25 \text{ мм.}$$

Кількість отворів у диску колеса становить  $4 \div 6$ .

**2** Будують два види циліндричної зубчастої передачі.

**2.1** Спочатку на виді зліва проводять вертикальну вісь, на якій відкладають міжосьову відстань  $a = 162,5$  мм і проводять горизонтальні осі (рисунок 11). Таким чином отримують центри шестірні  $O_1$  та зубчастого колеса  $O_2$ .

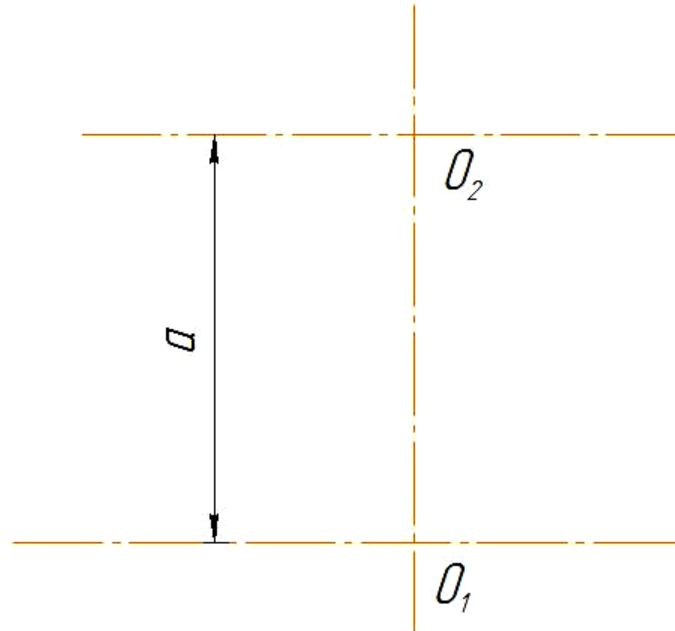


Рисунок 11

**2.2** З центрів  $O_1$  і  $O_2$  проводять ділительні кола  $d_1 = 125$  мм і  $d_2 = 200$  мм штрихпунктирною лінією, які повинні торкатися одне одного в полюсі зачеплення – точка 6 (рисунок 12).

**2.3** Потім з центрів  $O_1$  і  $O_2$  проводять кола вершин ( $d_{a1} = 135$  мм;  $d_{a2} = 210$  мм) і кола западин ( $d_{f1} = 112,5$  мм;  $d_{f2} = 187,5$  мм) зубів шестірні та зубчастого колеса (рисунок 12).

**2.4** Для того, щоб побудувати вид спереду зубчастої передачі, з точок 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 проводять горизонтальні лінії зв'язку (рисунок 12).



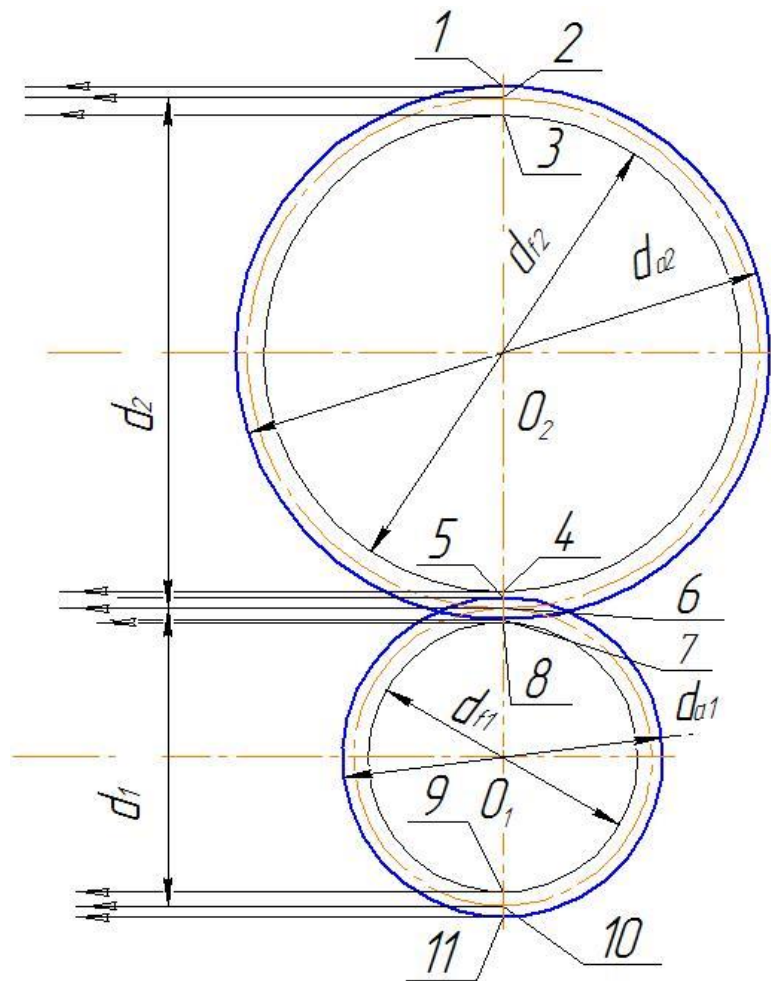


Рисунок 12

**2.5** На виді спереду проводять дві вертикальні лінії. Відстань між ними дорівнює ширині зубчастого вінця  $b = 40$  мм (рисунок 13).

**2.6** На виді зліва будують проєкції отворів під вал та проєкції маточин шестірні та зубчастого колеса. Це кола, які проводять з центрів  $O_1$  і  $O_2$  діаметрами  $d_{в1} = 40$  мм,  $d_{в2} = 60$  мм,  $D_{м1} = 64$  мм,  $D_{м2} = 96$  мм (рисунок 13). Потім проводять горизонтальні лінії зв'язку, щоб побудувати їхні проєкції на виді спереду (рисунок 13).

**2.7** Шестірня виконується у вигляді суцільного диска, за який виступає маточина. На виді спереду відкладають довжину маточини шестірні  $L_{м1} = 60$  мм і проводять вертикальні лінії (рисунок 13).

**2.8** На виді спереду відкладають довжину маточини колеса  $L_{м2} = 90$  мм і проводять вертикальні лінії (рисунок 13).

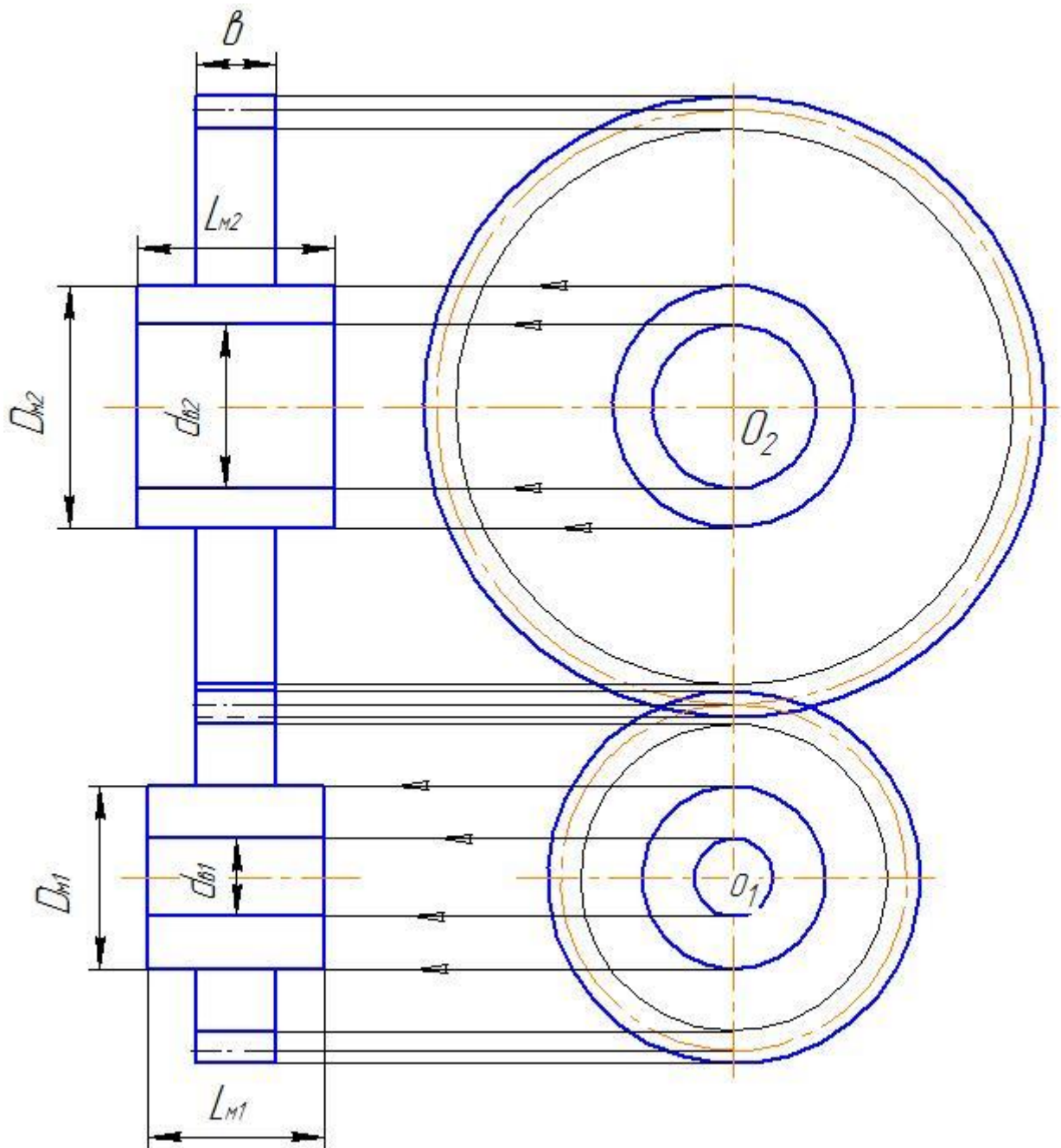


Рисунок 13

**2.9** Зубчасте колесо має конструкцію дискову полегшену (з отворами). На виді спереду відкладають товщину обода зубчастого вінця колеса  $\delta_1 = 15$  мм і товщину диска  $\delta_2 = 15$  мм (рисунок 14). Потім на виді зліва будують проекцію диска зубчастого колеса – коло діаметром  $D_{k2} = 157,5$  мм (рисунок 14).

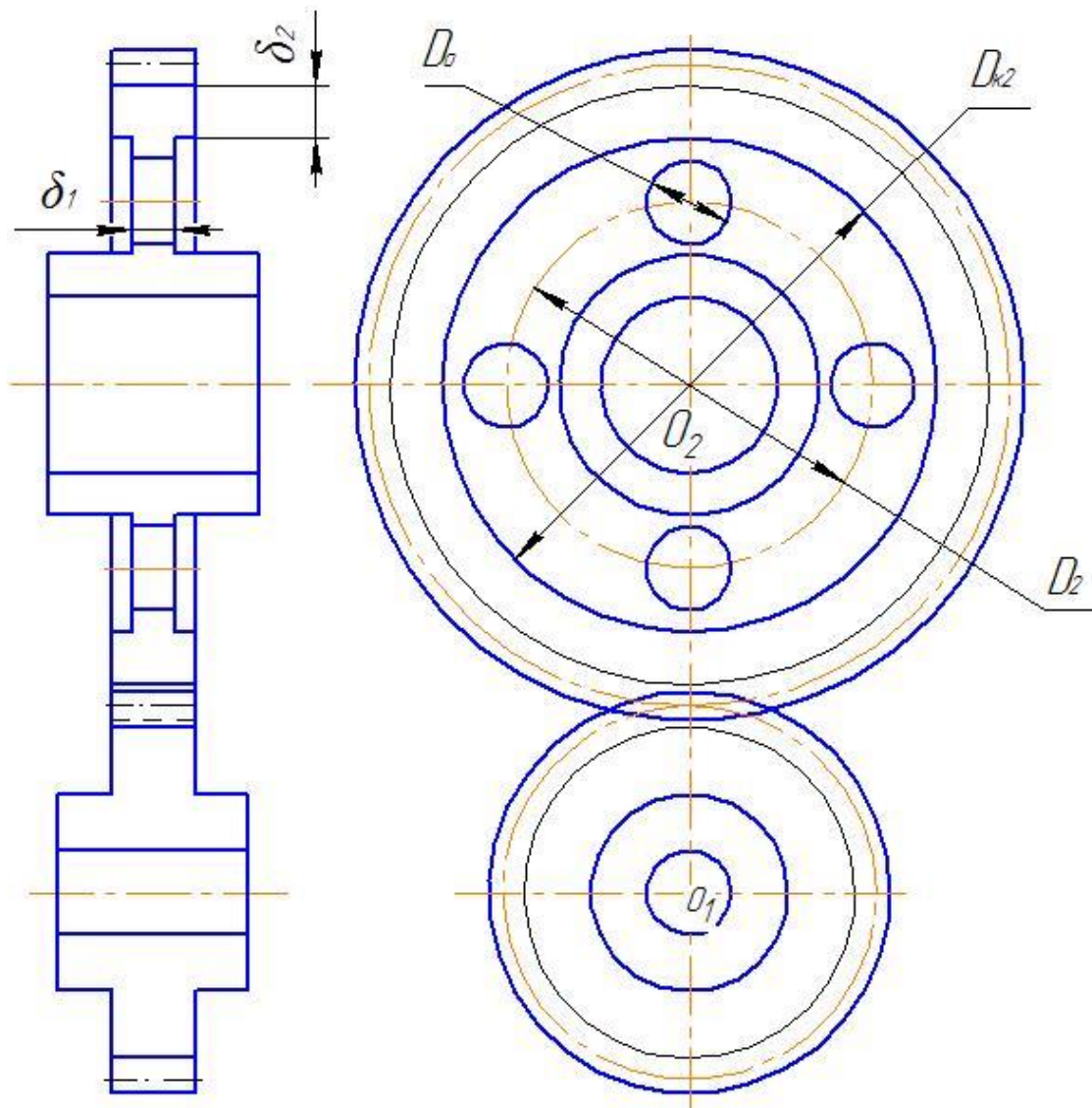


Рисунок 14

**2.10** На виді зліва проводять центрове коло діаметром  $D_2 = 126,75$  мм і будують проєкції чотирьох технологічних отворів діаметром  $D_o = 25$  мм (рисунок 14). Потім будують їхні проєкції на виді спереду (рисунок 14).

**3** Залежно від діаметра вала шестірні  $d_{в1} = 40$  мм за ГОСТ 23360-78 (таблиця 5) визначаємо розміри призматичної шпонки та глибину паза:

- ширина  $b = 12$  мм;
- висота  $h = 8$  мм;
- у маточині  $t_1 = 3,3$  мм;
- на валу  $t = 5$  мм.

Довжину шпонки приймають на 5 мм меншою, ніж довжина маточини шестірні. Якщо довжина маточини  $L_{м1} = 60$  мм, то

довжина шпонки  $l = 55$  мм. За ГОСТ 2236-69 (таблиця 5) приймають стандартне значення довжини шпонки  $l = 56$  мм.

Шпонкове з'єднання креслять урахувавши вимоги, вказані в розділі 2, пункт 3 цих методичних вказівок (рисунок 15).

**4** Залежно від діаметра вала зубчастого колеса згідно з варіантом (таблиця 1),  $d_{в2} = 60$  мм задано розміри шліцьового з'єднання:

- центрування за бічними граннями зубів « $\vartheta$ »;
- кількість зубів  $z_2 = 8$ ;
- зовнішній діаметр  $D = 60$  мм;
- внутрішній діаметр  $d = 52$  мм;
- ширина зуба  $\vartheta = 5$  мм.

Креслять шліцьове з'єднання згідно з умовами, які встановлено в ГОСТ 2.409-74 (розділ 2, пункт 4 цих методичних вказівок і рисунок 15).

**5** Видаляють зайві лінії побудови й обводять контури креслення урахувавши вимоги, які встановлює ГОСТ 2.402-68 (розділ 2 цих методичних вказівок і рисунок 15). Виконують штрихування зубчастого з'єднання на фронтальному розрізі. Наносять розміри, які вказано в розділі 2 (рисунок 15).

**6** Наносять позначення, які вказано в розділі 2 (рисунок 15).

**7** Заповнюють основний напис.

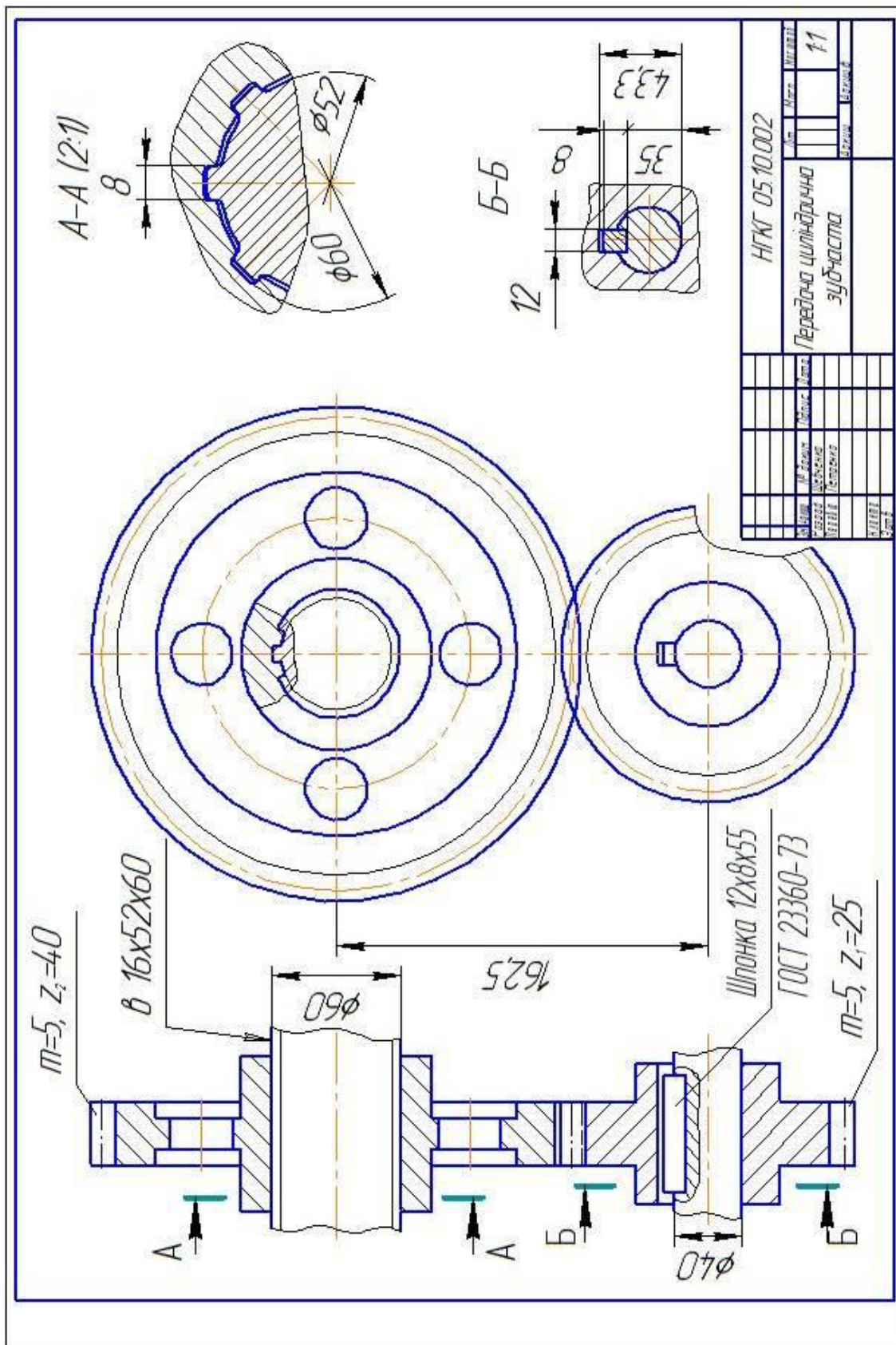


Рисунок 15

## 4 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КОНІЧНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕАЧІ

Побудувати зображення зубчастої конічної передачі за такими даними:

- 1) модуль зубчастого зачеплення  $m = 8$  мм;
- 2) кількість зубів шестірні  $z_1 = 14$ ;
- 3) кількість зубів колеса  $z_2 = 24$ ;
- 4) діаметр вала шестірні  $d_{в1} = 40$  мм;
- 5) діаметр вала колеса  $d_{в2} = 54$  мм.

Шестірня кріпиться на валу за допомогою призматичної шпонки (ГОСТ 23360-78), а колесо – за допомогою шліцьового з'єднання (ГОСТ 1139-80). Залежно від діаметра вала колеса  $d_{в2} = 54$  мм задано розміри шліцьового з'єднання:

- 1) центрування за внутрішнім діаметром « $d$ »;
- 2) кількість зубів  $z_2 = 8$ ;
- 3) зовнішній діаметр  $D = 54$  мм;
- 4) внутрішній діаметр  $d = 46$  мм;
- 5) ширина зуба  $b = 9$  мм.

### Послідовність виконання креслення

**1** Розраховують параметри конічної зубчастої передачі за формулами та співвідношеннями, які наведено в таблиці 4.

**1.1** Визначають діаметри ділільних кіл шестірні та колеса:

$$d_1 = mz_1 = 8 \cdot 14 = 112 \text{ мм};$$
$$d_2 = mz_2 = 8 \cdot 24 = 192 \text{ мм}.$$

**1.2** Визначають висоту головки зуба шестірні та колеса:

$$h_a = m = 8 \text{ мм}.$$

**1.3** Визначають висоту ніжки зуба:

$$h_f = 1,2m = 1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ мм}.$$

**1.4** Визначають ширину зубчастого вінця:

$$b = 6m = 6 \cdot 8 = 48 \text{ мм}.$$

**1.5** Визначають зовнішній діаметр маточини:

$$D_{M1} = 1,6d_{B1} = 1,6 \cdot 40 = 64 \text{ мм};$$
$$D_{M2} = 1,6d_{B2} = 1,6 \cdot 54 = 86,4 \text{ мм}.$$

**1.6** Визначають довжину маточини колеса:

$$L_{M1} = 1,5d_{B1} = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ мм};$$
$$L_{M2} = 1,5d_{B2} = 1,5 \cdot 54 = 81 \text{ мм}.$$

**1.7** Визначають товщину обода зубчастого вінця:

$$\delta_1 = 3m = 3 \cdot 8 = 24 \text{ мм}.$$

**1.8** Визначають товщину диска зубчастого колеса:

$$\delta_2 = 3m = 3 \cdot 8 = 24 \text{ мм}.$$

**2** Будують два види конічної зубчастої передачі.

**2.1** На виді спереду проводять вертикально вісь шестірні та горизонтально вісь зубчастого колеса (рисунок 16, а).

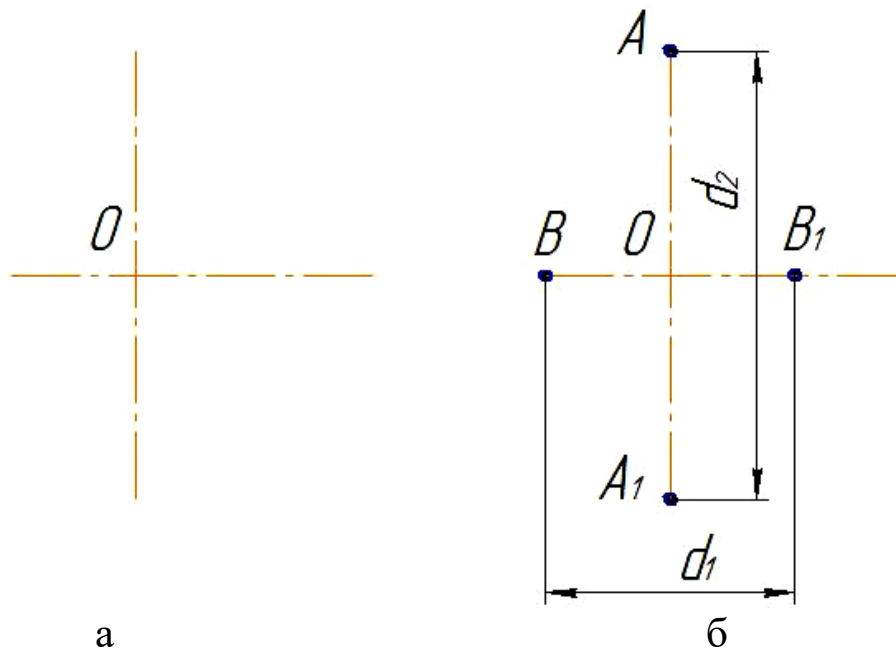


Рисунок 16

**2.2** Від точки  $O$  на вертикальній осі відкладають діаметр ділильного кола зубчастого колеса  $d_2 = 192$  мм (рисунок 16, б). На горизонтальній осі від точки  $O$  відкладають діаметр ділильного кола шестірні  $d_1 = 112$  мм (рисунок 16, б).

**2.3** Через точки  $A$  та  $A_1$  проводять горизонтальні лінії, а через точки  $B$  і  $B_1$  – вертикальні лінії до перетину в точках  $C$ ,  $C_1$ , і  $C_2$  (рисунок 17).

**2.4** Точки  $C$ ,  $C_1$ , і  $C_2$  з'єднують з точкою  $O$  штрихпунктирними лініями, які є твірними ділильних конусів шестірні та зубчастого колеса (рисунок 17).

**2.5** На виді зліва проводять осьові лінії і будують штрихпунктирною лінією проєкцію зовнішнього ділильного кола зубчастого колеса  $d_2 = 192$  мм (рисунок 17).

**2.6** Необхідно на виді зліва побудувати проєкції твірних ділильного конуса шестірні. Для цього від точок  $C$  і  $C_1$  проводять лінію зв'язку і відкладають діаметр ділильного колеса шестірні. Точки  $C'$  і  $C'_1$  з'єднують з центром  $O'$  штрихпунктирними лініями (рисунок 17).

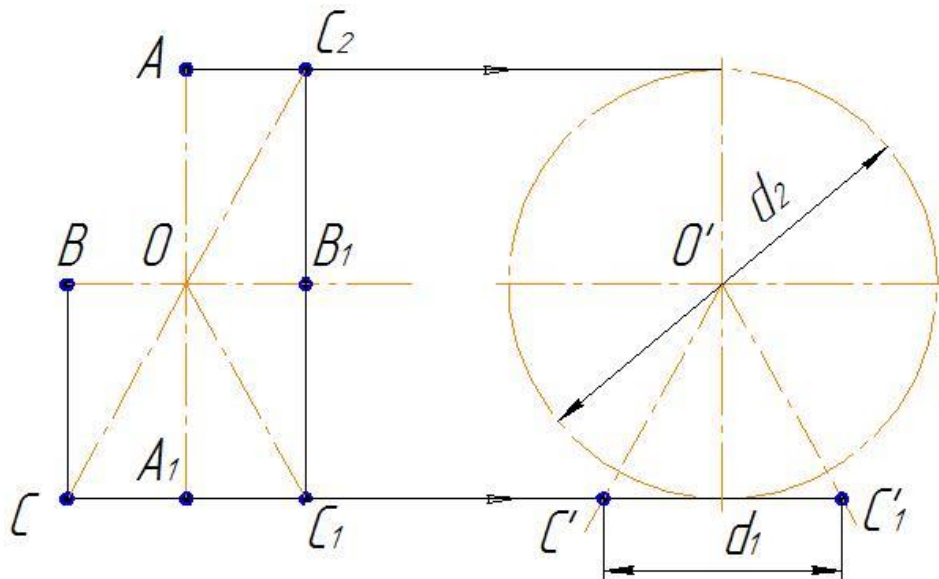


Рисунок 17

**2.7** Через точки  $C$ ,  $C_1$  і  $C_2$  проводять перпендикуляри до прямих  $OC$ ,  $OC_1$  та  $OC_2$ , що є твірними додаткового конуса, на яких відкладають висоту головки зуба  $h_a = 8$  мм і висоту ніжки зуба  $h_f = 9,6$  мм шестірні та зубчастого колеса (рисунок 18). Кінці відрізків з'єднують з точкою  $O$  лініями, які є твірними конуса



вершин зубів і конуса вершин западин шестірні та зубчастого колеса.

**2.8** На виді зліва будують проєкції твірних конуса вершин зубів шестірні. Від точок 1 і 2 проводять горизонтальну лінію зв'язку і на виді зліва відкладають зовнішній діаметр вершин зубів шестірні (відстань між точками 1 і 2). Точки 3 і 4 з'єднують з точкою  $O'$  лініями (рисунок 18).

**2.9** Ширину зубчастого вінця  $b = 48$  мм відкладають уздовж твірних ділительних конусів від точок  $C$ ,  $C_1$  і  $C_2$  у напрямку до точки  $O$  та проводять межу зуба (рисунок 18).

**2.10** Від точок 5 і 6 проводять горизонтальні лінії зв'язку. З центра  $O'$  проводять зовнішнє коло вершин зубів суцільною товстою лінією радіусом  $O'7$  і радіусом  $O'8$  – внутрішнє коло вершин зубів (рисунок 18).

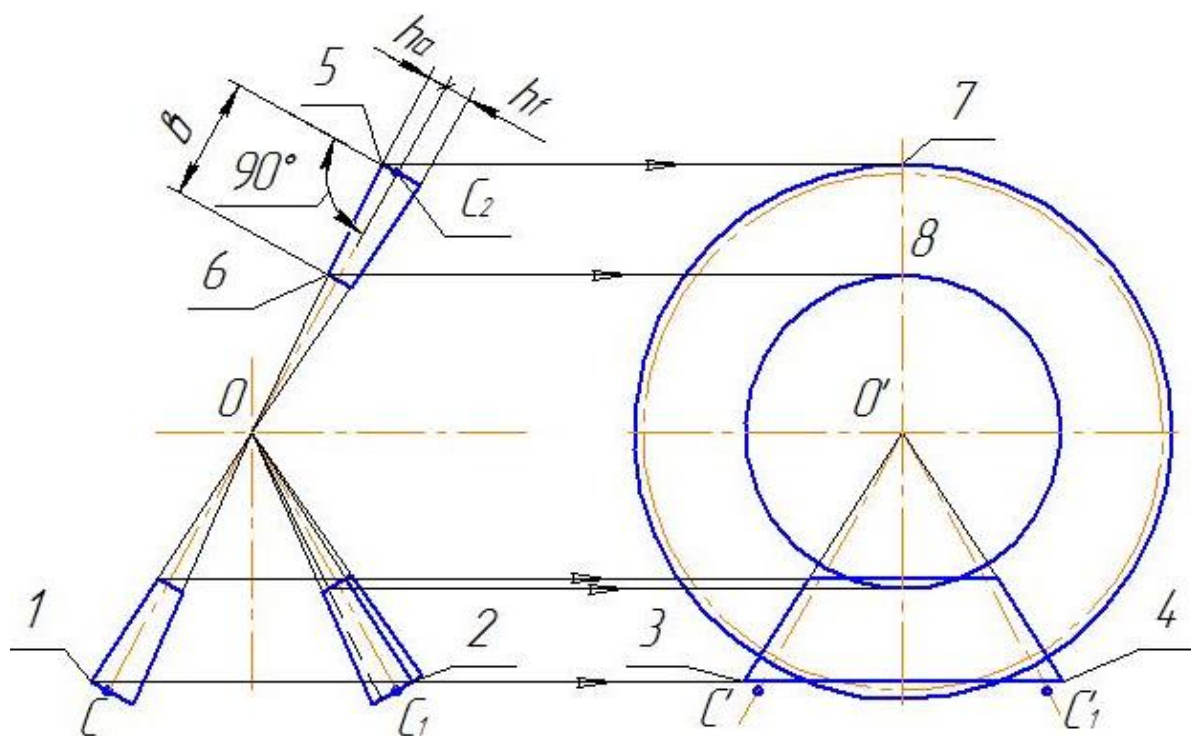


Рисунок 18

**2.11** Відкладають товщину обода зубчастого вінця  $\delta_1 = 24$  мм на твірних додаткового конуса. Точки  $N$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  і  $N_3$  з'єднують прямими лініями з точкою  $O$  (рисунок 19).

**2.12** Відстань від внутрішнього торця зубів шестірні та колеса до диска  $K$  визначають у навчальному процесі

конструктивно (рисунок 19). З'єднують прямими лініями точки перетину межі зубчастого вінця з лініями  $ON$ ,  $ON_1$ ,  $ON_2$  і  $ON_3$ .

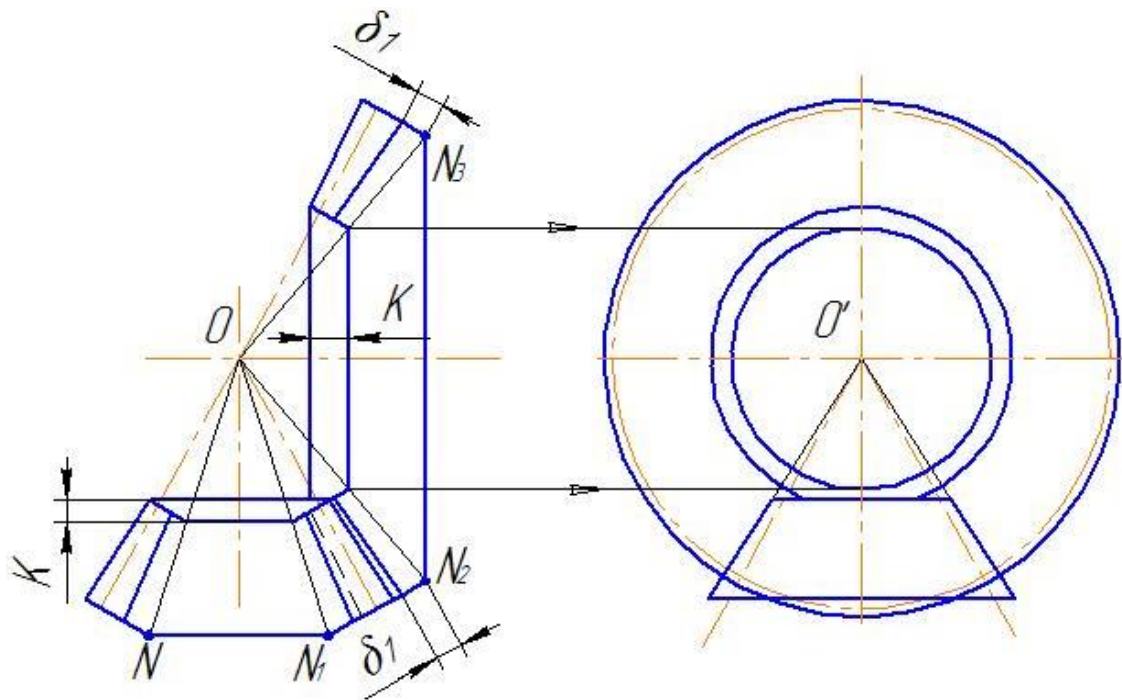


Рисунок 19

**2.13** На виді спереду відкладають товщину диска зубчастого колеса  $\delta_2 = 24$  мм (рисунок 20).

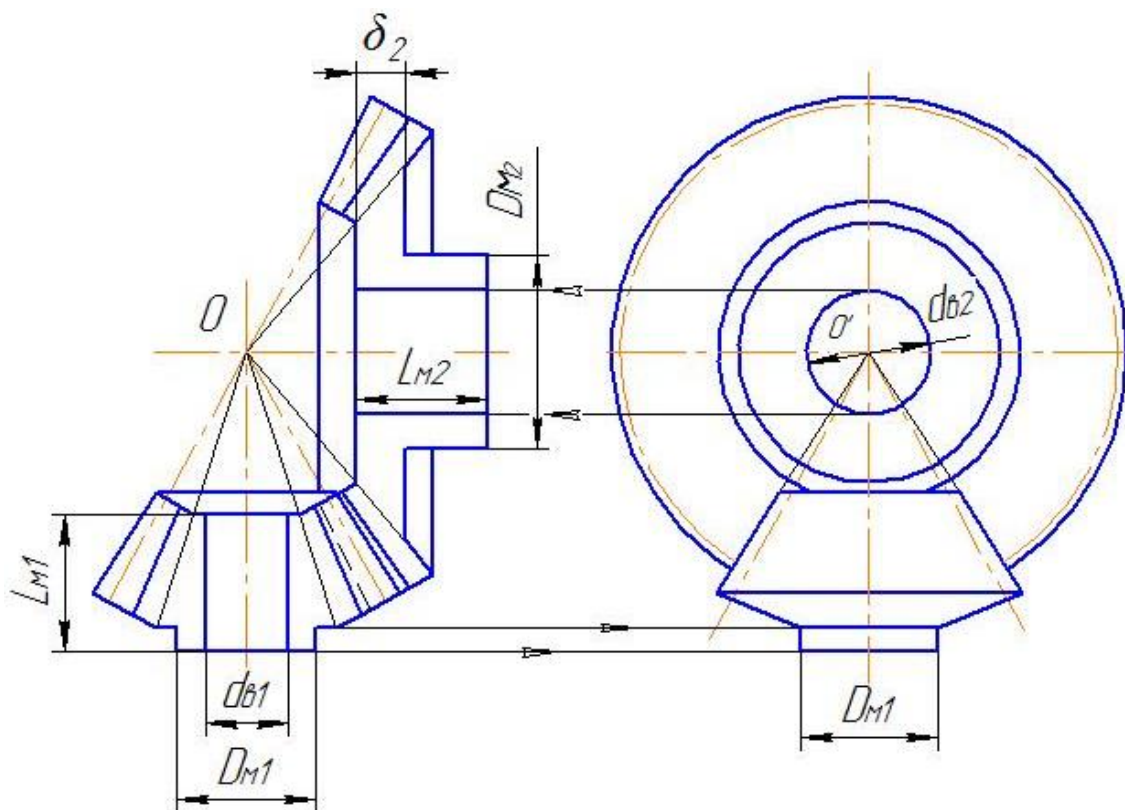


Рисунок 20

**2.14** На виді зліва будують проекції отвору під вал та маточини зубчастого колеса. Це кола, які проводять з центра  $O'$  діаметрами  $d_{в2} = 54$  мм і  $D_{м2} = 86,4$  мм (рисунок 20). Потім проводять горизонтальні лінії зв'язку і будують їхні проекції на виді спереду (рисунок 20).

**2.15** На виді спереду відкладають діаметр отвору під вал  $d_{в1} = 40$  мм та зовнішній діаметр маточини шестірні  $D_{м1} = 64$  мм (рисунок 20).

**2.16** Шестірню та зубчасте колесо виготовляють у вигляді суцільного диска з маточиною, яка виступає з однієї сторони. На виді спереду відкладають довжини маточин ( $L_{м1} = 60$  мм;  $L_{м2} = 81$  мм) шестірні та зубчастого колеса (рисунок 20).

**2.17** Від проекції маточини шестірні на виді спереду проводять горизонтальні лінії зв'язку й будують її проекцію на виді зліва (рисунок 20).

**3** Залежно від діаметра вала шестірні  $d_{в1} = 40$  мм ГОСТ 23360-78 (таблиця 5), визначають розміри призматичної шпонки та глибину паза:

- ширина  $b = 12$  мм;
- висота  $h = 8$  мм;
- у маточині  $t_1 = 3,3$  мм;
- на валу  $t = 5$  мм.

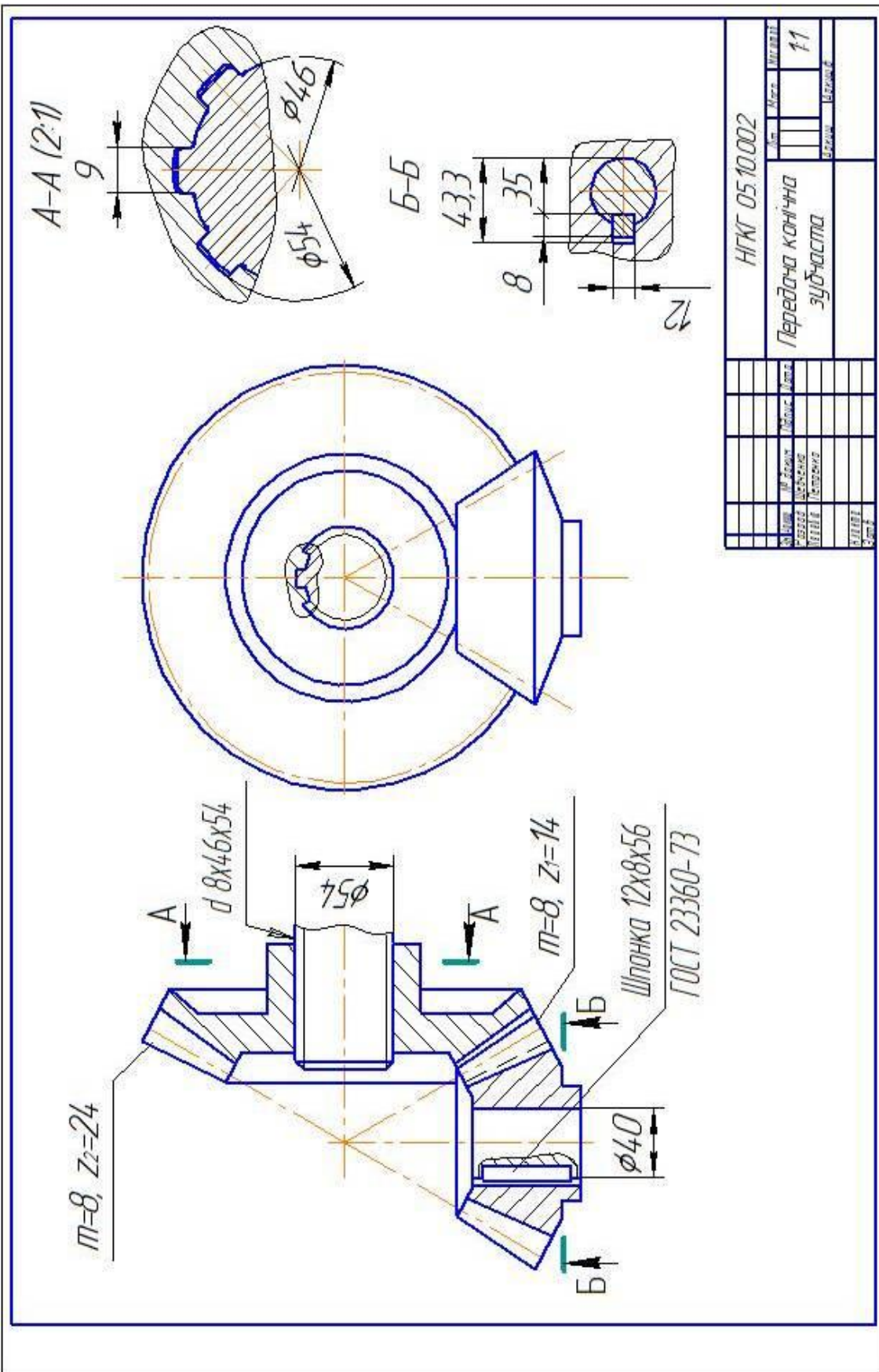
Довжину шпонки приймають на 5 мм меншою, ніж довжина маточини шестірні. Якщо довжина маточини  $L_{м1} = 64$  мм, то довжина шпонки  $l = 59$  мм. За ГОСТ 2236-69 (таблиця 5) приймають стандартне значення довжини шпонки  $l = 56$  мм.

Шпонкове з'єднання виконують урахувавши вимоги, вказані в розділі 2, пункт 3 цих методичних вказівок (рисунок 21).

**4** Згідно з варіантом (таблиця 2) залежно від діаметра вала колеса  $d_{в2} = 54$  мм задано розміри шліцьового з'єднання:

- центрування за внутрішнім діаметром « $d$ »;
- кількість зубів  $z_2 = 8$ ;
- зовнішній діаметр  $D = 54$  мм;
- внутрішній діаметр  $d = 46$  мм;
- ширина зуба  $b = 9$  мм.

Креслять шліцьове з'єднання згідно з умовами, які встановлені в ГОСТ 2.409-74 (розділ 2, пункт 4 цих методичних вказівок і рисунок 21).



ИПКГ 05.10.002	
Исполн.	М.И.И.
Провер.	М.И.И.
Утверд.	М.И.И.
Лист	11
Кол-во	
Передача канічна	
зубчаста	

Рисунок 21

**5** Видаляють зайві лінії побудови й обводять контури креслення урахувавши вимоги, які встановлює ГОСТ 2.402-68 (розділ 2 цих методичних вказівок і рисунок 21). Виконують штрихування зубчастого з'єднання на фронтальному розрізі. Наносять розміри, які вказано в розділі 2 (рисунок 21).

**6** Наносять позначення, які вказано в розділі 2 (рисунок 21).

**7** Заповнюють основний напис.

## **5 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ЗУБЧАСТОЇ ПЕРЕАЧІ**

Побудувати зображення черв'ячної зубчастої передачі за такими даними:

- 1) модуль зубчастого зачеплення  $m = 5$  мм;
- 2) кількість заходів черв'яка  $z_1 = 1$ ;
- 3) кількість зубів колеса  $z_2 = 38$ ;
- 4) діаметр вала черв'яка визначають за формулою

$$d_{e1} = d_f - m;$$

- 5) діаметр вала черв'ячного колеса  $d_{в2} = 56$  мм.

*Черв'як* – гвинт зі спеціальною різьбою, який виготовляють разом з валом. Колесо черв'ячне кріпиться на валу за допомогою шліцьового з'єднання (ГОСТ 1139-80) з центруванням за зовнішнім діаметром «D».

### **Послідовність виконання креслення**

**1** Розраховують параметри конічної зубчастої передачі за формулами та співвідношеннями, які наведено в таблиці 4.

**1.1** Визначають діаметр ділильного кола черв'яка за формулою

$$d_1 = mq,$$

де  $q$  – коефіцієнт діаметра черв'яка, що вказує, яка кількість модулів припадає на діаметр ділильного циліндра.

Залежно від умов роботи черв'ячної передачі ГОСТ 2144-76 устанавлює декілька значень  $q$  для одного й того ж значення

модуля  $m$ . Під час виконання цього креслення потрібно вибирати мінімальне значення коефіцієнта  $q$ .

$$d_1 = 5 \cdot 9 = 45 \text{ мм.}$$

**1.2** Визначають діаметр ділильного кола черв'ячного колеса:

$$d_2 = mz_2 = 5 \cdot 38 = 190 \text{ мм.}$$

**1.3** Визначають міжосьову відстань:

$$a = 0,5(d_1 + d_2) = 0,5(45 + 190) = 117,5 \text{ мм.}$$

**1.4** Визначають діаметр кола вершин витків черв'яка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 45 + 2 \cdot 5 = 55 \text{ мм.}$$

**1.5** Визначають діаметр кола западин витків черв'яка:

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 45 - 2,4 \cdot 5 = 33 \text{ мм.}$$

**1.6** Визначають діаметр кола вершин зубів черв'ячного колеса в середньому перерізі:

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 190 + 2 \cdot 5 = 200 \text{ мм.}$$

**1.7** Визначають діаметр кола западин зубів черв'ячного колеса в середньому перерізі:

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 190 - 2,4 \cdot 5 = 178 \text{ мм.}$$

**1.8** Визначають радіус виїмки поверхні западин зубів черв'ячного колеса:

$$R_{f2} = \frac{d_1}{2} + 1,2m = \frac{45}{2} + 1,2 \cdot 5 = 28,5 \text{ мм.}$$

**1.9** Визначають радіус виїмки поверхні вершин зубів черв'ячного колеса:

$$R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m = \frac{45}{2} - 5 = 17,5 \text{ мм.}$$

**1.10** Визначають довжину нарізаної частини черв'яка, якщо  $z_1 = 1$ , за формулою

$$L = (11 + 0,06z_2)m = (11 + 0,06 \cdot 38) \cdot 5 = 66,4 \text{ мм.}$$

Отримане значення довжини округляють і підбирають значення згідно зі стандартом лінійних розмірів ГОСТ 6636-69.

**1.11** Визначають діаметр вала черв'яка:

$$d_{e1} = d_f - m = 33 - 5 = 28 \text{ мм.}$$

**1.12** Визначають ширину зубчастого вінця черв'ячного колеса:

$$b = 0,75d_{a1} = 0,75 \cdot 55 = 41,25 \text{ мм.}$$

**1.13** Визначають товщину обода вінця черв'ячного колеса:

$$\delta_1 = 2,5m = 2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ мм.}$$

**1.14** Визначають товщину диска черв'ячного колеса:

$$\delta_2 = 3m = 3 \cdot 5 = 15 \text{ мм.}$$

**1.15** Визначають довжину маточини черв'ячного колеса:

$$L_{M2} = 1,5d_{B2} = 1,5 \cdot 56 = 84 \text{ мм.}$$

**1.16** Визначають діаметр маточини черв'ячного колеса:

$$D_{M2} = 1,6d_{B2} = 1,6 \cdot 56 = 90 \text{ мм.}$$

**1.17** Визначають внутрішній діаметр обода черв'ячного колеса:

$$D_{к2} = d_{f2} - 2\delta_1 = 178 - 25 = 153 \text{ мм.}$$

**1.18** Визначають діаметр центрального кола черв'ячного колеса:

$$D_2 = 0,5(D_{к2} + D_{м2}) = 0,5(153 + 90) = 121,5 \text{ мм.}$$

**1.19** Визначають діаметр технологічних отворів черв'ячного колеса:

$$D_o = \frac{D_{к2} - D_{м2}}{2,5} = \frac{153 - 90}{2,5} = 21 \text{ мм.}$$

**2** Будують два види черв'ячної зубчастої передачі.

**2.1** На виді зліва проводять вертикальну вісь, на якій відкладають міжосьову відстань  $a = 117,5$  мм. Потім проводять горизонтальні осі черв'яка та колеса (рисунок 22).

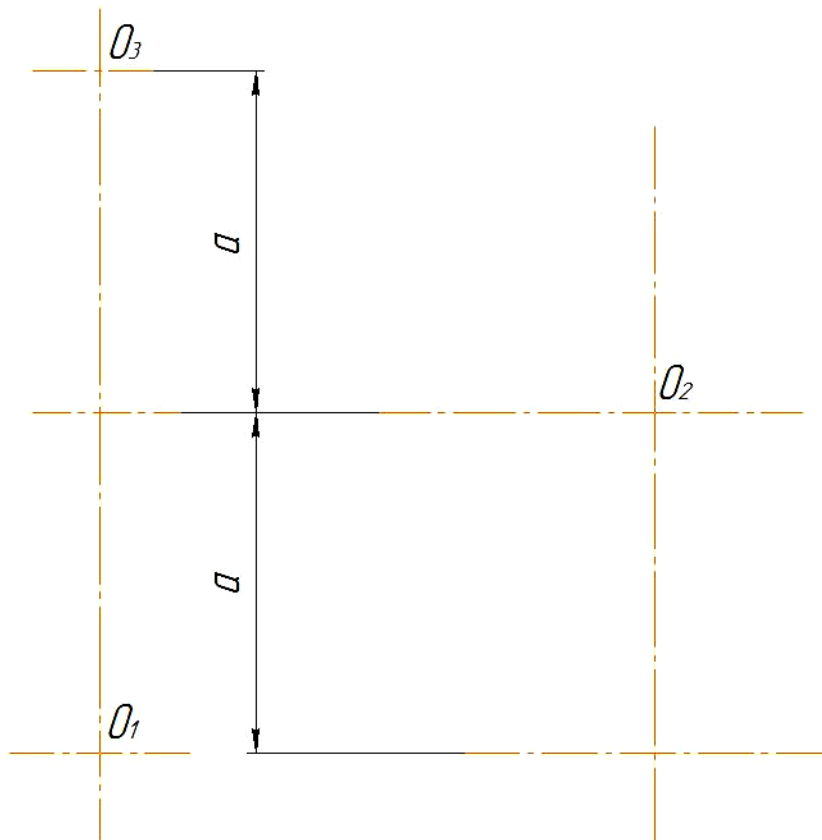


Рисунок 22



2.2 На виді спереду проводять вертикальну вісь і відмічають центр  $O_3$ , який розташовано на відстані  $a = 117,5$  мм від осі черв'ячного колеса (рисунок 22).

2.3 З центра  $O_2$  штрихпунктирною лінією проводять ділильне коло черв'ячного колеса  $d_2 = 190$  мм (рисунок 23).

2.4 На виді спереду з центра  $O_1$  проводять штрихпунктирною лінією ділильне коло черв'яка  $d_1 = 45$  мм. Потім проводять горизонтальні лінії зв'язку і на виді зліва будують проєкції твірних ділильного циліндра черв'яка. Ділильне коло черв'ячного колеса та твірні ділильного циліндра черв'яка повинні торкатися в точці  $1$  (рисунок 23).

2.5 На виді спереду проводять кола вершин  $d_{a1} = 55$  мм і западин  $d_{f1} = 33$  мм витків черв'яка (рисунок 23). Потім проводять горизонтальні лінії зв'язку і на виді зліва будують проєкції твірних циліндра вершин і твірних циліндра западин черв'яка.

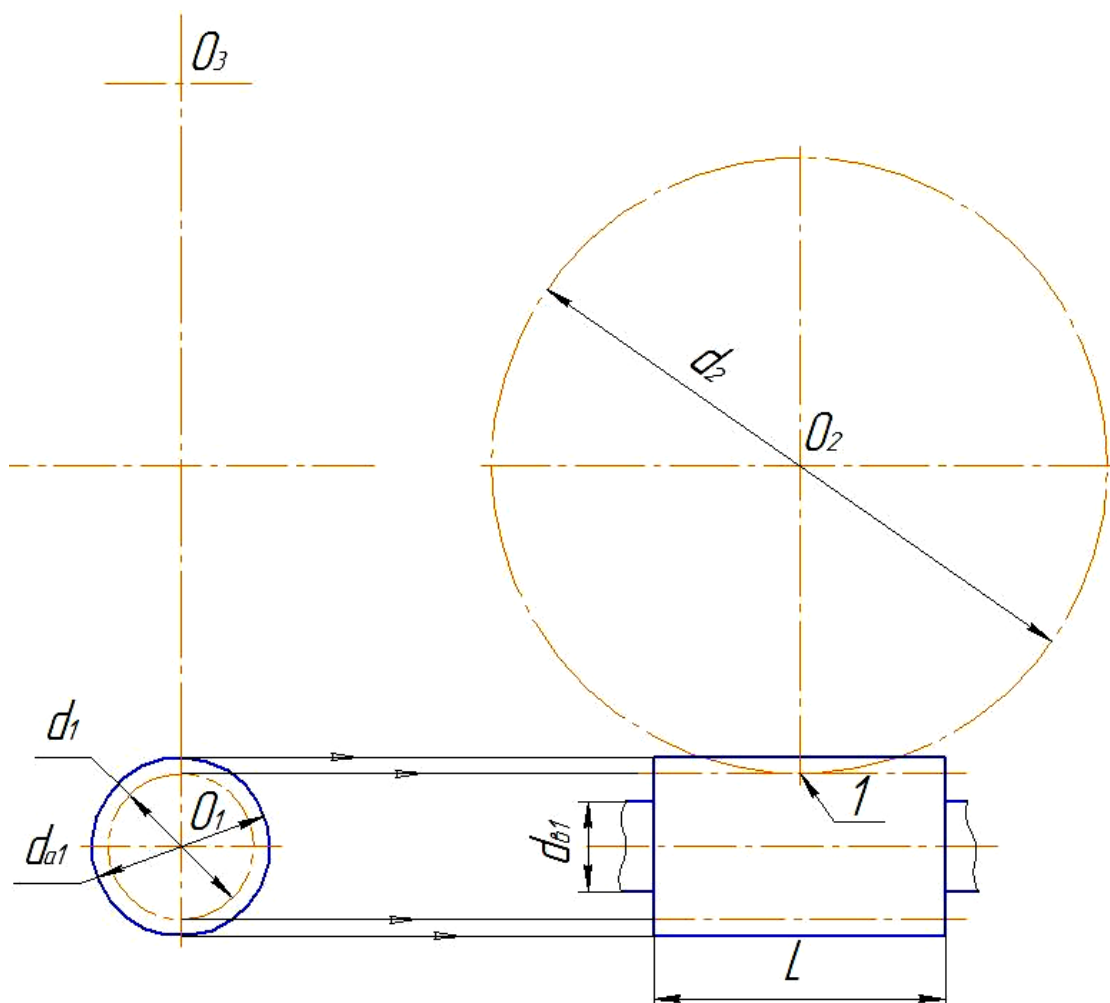


Рисунок 23

**2.6** На виді зліва відкладають довжину нарізаної частини черв'яка  $L = 66,4$  мм та діаметр вала черв'яка  $d_{e1} = 28$  мм (рисунок 23).

**2.7** З центра  $O_3$  проводять штрихпунктирною лінією коло, діаметр якого дорівнює діаметру ділильного кола черв'яка (рисунок 24).

**2.8** З центрів  $O_1$  і  $O_3$  на виді спереду проводять дуги радіусом виїмки поверхні западин зубів колеса  $R_{f2} = 28,5$  мм, які повинні проходити через кінці відрізка  $d_{f2} = 178$  мм (проекція кола западин зубів колеса). Ці дуги обмежують западини зубів колеса (рисунок 24).

**2.9** З центрів  $O_1$  і  $O_3$  проводять дуги радіусом виїмки поверхні вершин зубів колеса  $R_{a2} = 17,5$  мм, які повинні проходити через кінці відрізка  $d_{a2} = 200$  мм. Ці дуги обмежують вершини зубів колеса.

**2.10** На виді спереду відкладають ширину зубчастого вінця колеса  $b = 41,25$  мм (рисунок 24).

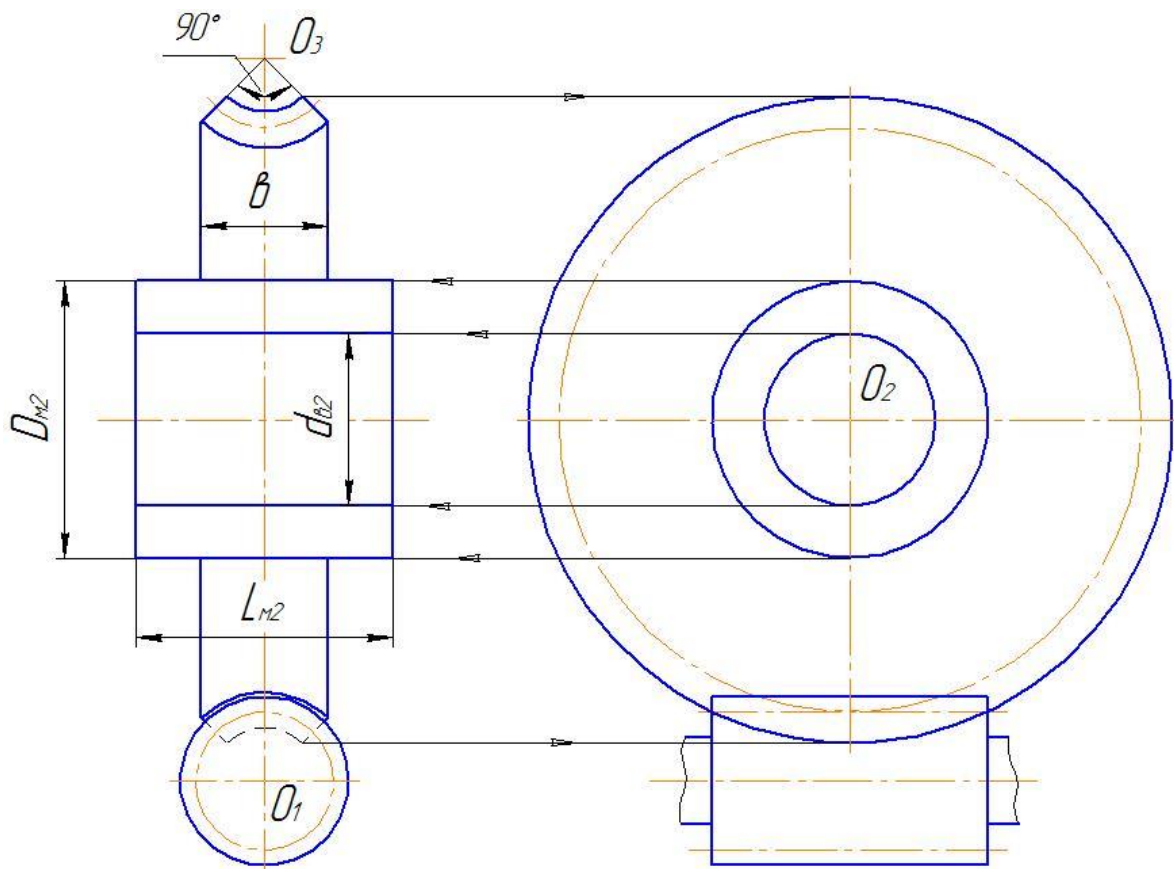


Рисунок 24

**2.11** Черв'ячне колесо виконують з фасками, які характеризуються кутом охоплення  $2\gamma = 90^\circ$  (рисунок 24).

**2.12** На виді зліва будують проекцію кола вершин зубів колеса (рисунок 24).

**2.13** На виді зліва будують проекцію отвору під вал та проекцію маточини зубчастого колеса. Це кола, які проводять з центра  $O_2$  діаметрами  $d_{в2} = 56$  мм,  $D_{м2} = 90$  мм (рисунок 24). Потім проводять горизонтальні лінії зв'язку, щоб побудувати їхні проекції на виді спереду (рисунок 24).

**2.14** На виді спереду відкладають довжину маточини колеса  $L_{м2} = 84$  мм і проводять вертикальні лінії (рисунок 24).

**2.15** Зубчасте колесо має конструкцію дискову полегшену (з отворами). На виді спереду відкладають товщину обода зубчастого вінця колеса  $\delta_1 = 12,5$  мм і товщину диска  $\delta_2 = 15$  мм (рисунок 25).

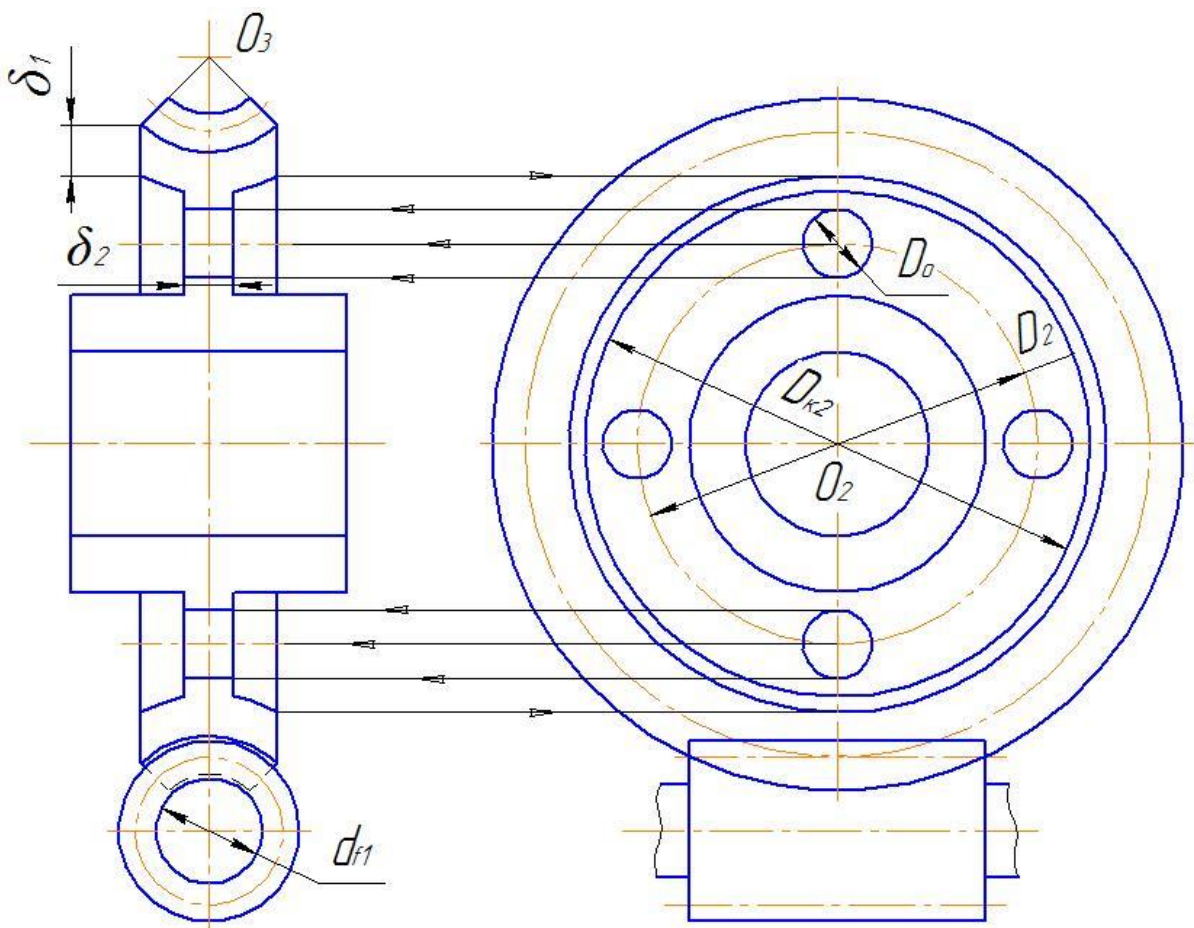


Рисунок 25

**2.16** На виді зліва будують проекцію диска зубчастого колеса – коло діаметром  $D_{к2} = 153$  мм (рисунок 14).

**2.17** На виді зліва проводять центрове коло діаметром  $D_2 = 121,5$  мм і будують проекції чотирьох технологічних отворів діаметром  $D_o = 21$  мм (рисунок 25). Потім будують їхні проекції на виді спереду (рисунок 25).

**3** Згідно з варіантом (таблиця 2) залежно від діаметра вала колеса  $d_{в2} = 56$  мм задано розміри шліцьового з'єднання:

- центрування за зовнішнім діаметром « $D$ »;
- кількість зубів  $z_2 = 10$ ;
- зовнішній діаметр  $D = 56$  мм;
- внутрішній діаметр  $d = 46$  мм;
- ширина зуба  $b = 7$  мм.

Креслять шліцьове з'єднання згідно з умовами, які встановлено в ГОСТ 2.409-74 (розділ 2, пункт 4 цих методичних вказівок і рисунок 26).

**4** Видаляють зайві лінії побудови й обводять контури креслення урахувавши вимоги, які встановлює ГОСТ 2.402-68 (розділ 2 цих методичних вказівок і рисунок 26). Виконують штрихування зубчастого з'єднання на фронтальному розрізі. Наносять розміри, які вказано в розділі 2 (рисунок 26).

**5** Наносять позначення, які вказано в розділі 2 (рисунок 26).

**6** Заповнюють основний напис.

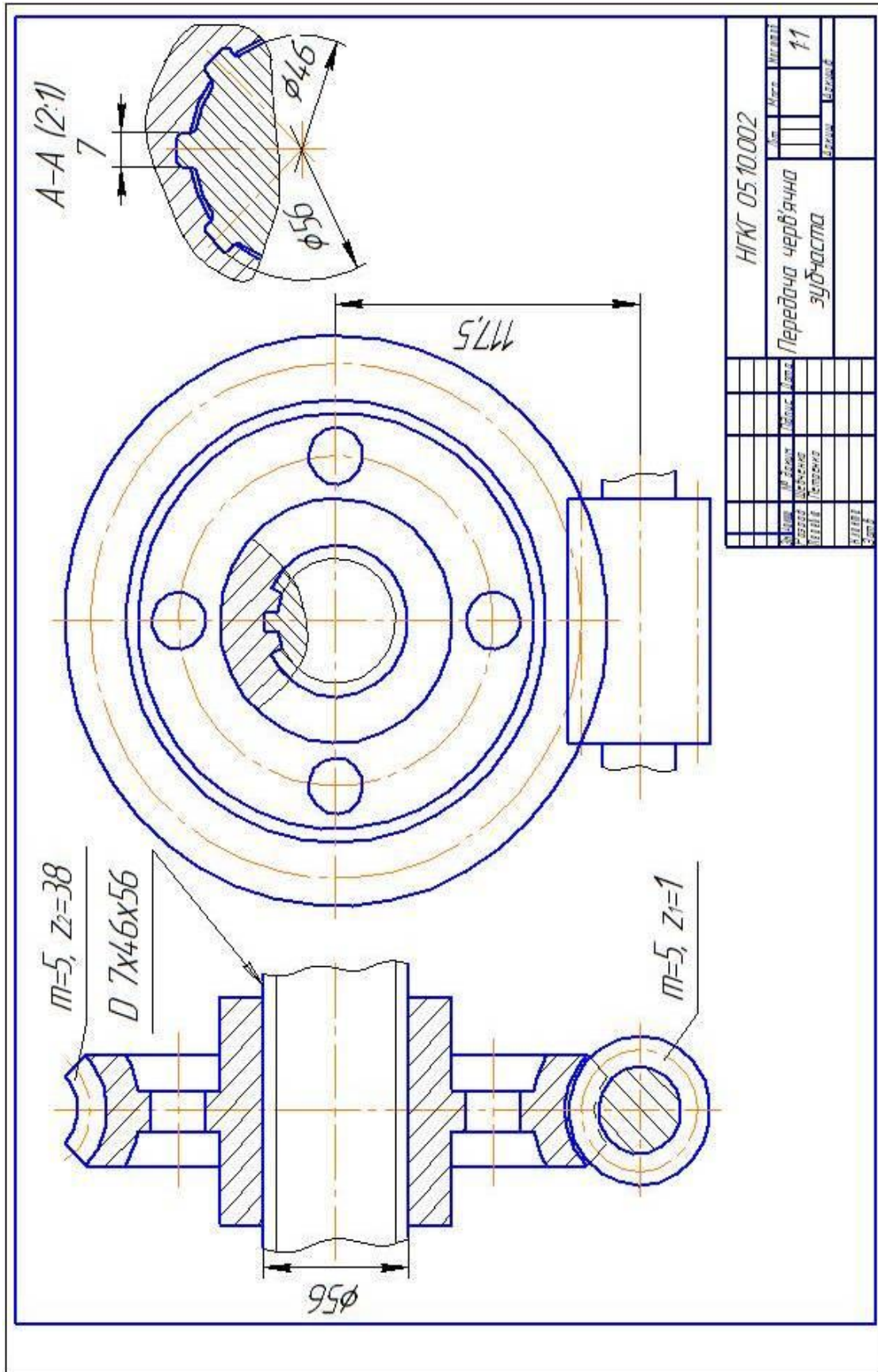


Рисунок 26

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Інженерна та комп'ютерна графіка: навч. посіб. / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан. Вид. 3-тє, переробл. і допов. Київ : Слово, 2011. 352 с.

2 Ванін В. В., А. В. Бліск, Г. О. Гнітецька. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб. Вид. 2-ге, випр. Київ : Каравела, 2003. 160 с.

3 Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна графіка : підруч. для студ. вищ. навч. закладів / за ред. В. Є. Михайленка. Львів : Новий Світ, 2002. 336 с.

4 Інженерна та комп'ютерна графіка / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Подкоритов, І. А. Скидан. URL : [vstup.sumdu.edu.ua/images/docs/prog\\_vstup\\_vuprob/itp.doc](http://vstup.sumdu.edu.ua/images/docs/prog_vstup_vuprob/itp.doc).

5 Електронний навчальний посібник з інженерної графіки для розширеного вивчення матеріалу і методики розв'язання найбільш актуальних задач підвищеної складності / О. М. Воробйов, А. Є. Ізволенська, Г. С. Подима, В. Г. Уставщиков. URL : <http://ng-kg.kpi.ua/files/etextbook-eng-graphics.pdf>.

ЗУБЧАСТІ КОЛЕСА І ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Відповідальний за випуск Бабенко А. О.

Редактор Еткало О. О.

---

Підписано до друку 29.03.21 р.  
Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.  
Умовн.-друк.арк. 2,5. Тираж 5. Замовлення №  
Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.