

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та
фундаментальних дисциплін**

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

**навчальної дисципліни «Матеріали та деталі»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272 Авіаційний транспорт
Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

Кременчук 2024

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 №2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 №6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з гуманітарних та соціально-
економічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 № 14

Розробник:

Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, спеціаліст вищої категорії, Сіора А.С.

Рецензенти:

- 1. Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*
- 2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А.*

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр №3							
Тема №1 Матеріали повітряного судна залізомісткі.	5	1	-	-	-	4	
Тема №2 Матеріали повітряного судна незалізомісткі.	4	1	-	-	-	3	
Тема №3 Загальні положення конструювання деталей машин.	4	1	-	-	-	3	
Тема №4 Передачі обертового руху та його основні параметри.	5	1	-	-	-	4	
Тема №5 Зубчасті передачі.	7	1	-	2	-	4	
Тема №6 Пасові та ланцюгові передачі.	4	-	-	-	-	4	
Тема №7 Осі та вали.	3	1	-	-	-	2	
Тема №8 Підшипники.	3	-	-	-	-	3	
Тема №9 Нарізні з'єднання.	4	-	-	-	-	4	
Тема №10 Шпонкові, шліцьові, штифтові та профільні з'єднання.	2	-	-	-	-	2	
Тема №11 Муфти.	4	-	-	-	-	4	
							Залік
Всього за семестр:	45	6		2		37	

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема № 5. Зубчасті передачі.

Практичне заняття №2: Зубчасті передачі.

Навчальна мета заняття: Вивчення конструкції та визначення основних параметрів циліндричного зубчастого редуктора.

Кількість годин - 2 (денна форма).

Місце проведення: навчальний кабінет.

Навчальні питання:

1. Вивчення конструкції та визначення основних параметрів циліндричного зубчастого редуктора.

Література: 1-3 (с. 5 - 62)

План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Проведення попереднього контролю теоретичних знань здобувачів освіти.

II. Порядок проведення основної частини заняття: постановка задачі та обговорення методики її розв'язання за участю здобувачів освіти

Теоретичні відомості. Редуктор - це передаточний механізм з постійним передаточним числом, який виконано на основі передач зачепленням в окремому закритому корпусі і призначено для зменшення кутової швидкості та збільшення обертового моменту при передачі обертового руху між валами.

Пара зубчастих коліс, що знаходяться в зачепленні, складають ступінь. Якщо редуктор у своєму складі містить один, два і більше ступенів, то він називається відповідно одноступінчастим, двоступінчастим і т.д. Якщо до складу редуктора входять тільки циліндричні зубчасті передачі, то редуктор називається циліндричним зубчастим. Редуктори класифікують:

- 1) за особливостями роботи (прості або рядові і планетарні);
- 2) за типом передач (зубчасті циліндричні, зубчасті конічні, черв'ячні та комбіновані);
- 3) за кількістю ступенів (одно-, дво-, триступінчасті). Найбільш розповсюджені схеми редукторів наведено в табл. 1.1.

Основні параметри евольвентних циліндричних передач Найбільшого розповсюдження набули циліндричні зубчасті передачі з евольвентним зачепленням. Евольвентні зачеплення пари зубчастих коліс (рис. 1.1) характеризуються наступними параметрами.

Початкові кола (їх діаметри $d_{w1} = 2 \cdot r_{w1}$ і $d_{w2} = 2 \cdot r_{w2}$) – такі кола, які в процесі роботи передачі перекочуються одне по другому без ковзання.

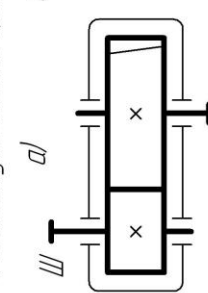
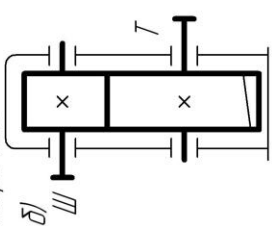
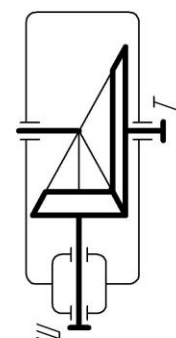
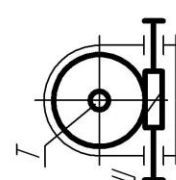
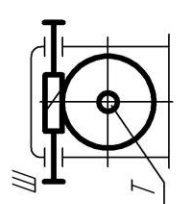
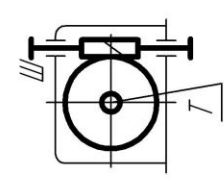
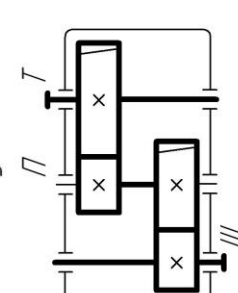
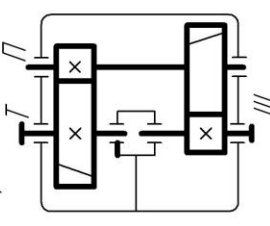
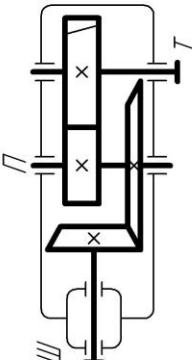
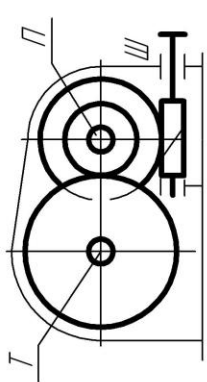
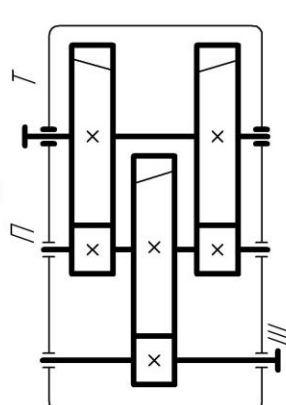
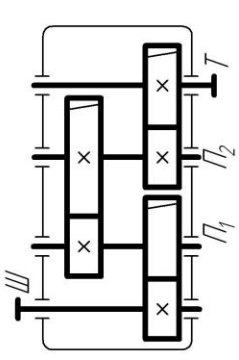
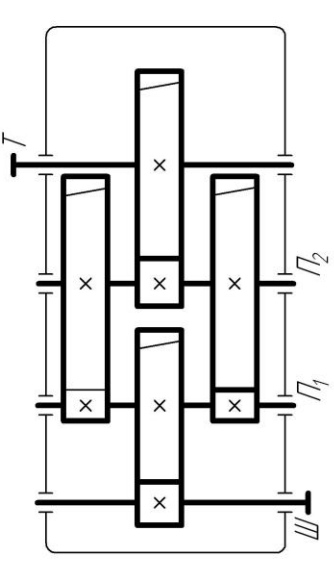
Поліус зачеплення - точка дотику початкових кіл.

Лінія зачеплення N-N - лінія, якою переміщується точка контакту зубців пари коліс і яка проходить через поліус зачеплення.

Кут зачеплення α_{tw} – кут між лінією зачеплення і дотичною до початкових кіл у поліусі зачеплення.

Основні кола (їх діаметри $d_{b1} = 2 \cdot r_{b1}$ і $d_{b2} = 2 \cdot r_{b2}$) – кола при обкочуванні яких без ковзання відтворюючою прямою одержують евольвенти, якими окреслюються бічні поверхні зубців.

Таблиця 1.1. Схеми деяких основних редукторів

Редуктори з циліндричними передачами		Редуктори з конічними і циліндричними передачами	Редуктори з черв'ячними і циліндричними передачами
<p>1. Одноступінчастий циліндричний</p>  <p>а)</p>  <p>б)</p>		<p>4. Одноступінчастий конічний</p> 	<p>7. Одноступінчастий черв'ячний</p>   
<p>2. Двоступінчастий циліндричний</p>  		<p>5. Двоступінчастий конічно-циліндричний</p> 	<p>8. Двоступінчастий черв'ячно-циліндричний</p> 
<p>3. Двоступінчастий з роздвоєним тихохідним ступенем</p> 		<p>6. Триступінчастий циліндричний</p> 	<p>9. Триступінчастий із роздвоєним проміжним ступенем</p> 

Ділильні кола (їх діаметри $d_1 = 2 \cdot r_1$ і $d_2 = 2 \cdot r_2$) - кола, якими обкочується інструмент при нарізанні зубців. Ділильним називається тому, що це коло поділяється на теоретичний крок зачеплення $P = \pi \cdot m$.

Коловий крок P_t - відстань між однойменними профілями сусідніх зубців дугою концентричного кола. Розрізняють ділильні, початкові та інші колові кроки зубців.

Головка зуба (висоту ділильної головки зуба позначають h_a) - частина зуба між ділильним колом зубчастого колеса і колом вершин зубців.

Ніжка зуба (висоту ділильної ніжки зуба позначають h_f) – частина зуба, розташована між ділильним колом зубчастого колеса і колом впадин.

Висота зуба:

$$h = h_a + h_f. \quad (1.1)$$

Коло вершин зубців (його діаметр $d_a = 2 \cdot r_a$) - коло, що обмежує головки зубців.

Коло впадин (його діаметр $d_f = 2 \cdot r_f$) - коло, що проходить через основи впадин зубців.

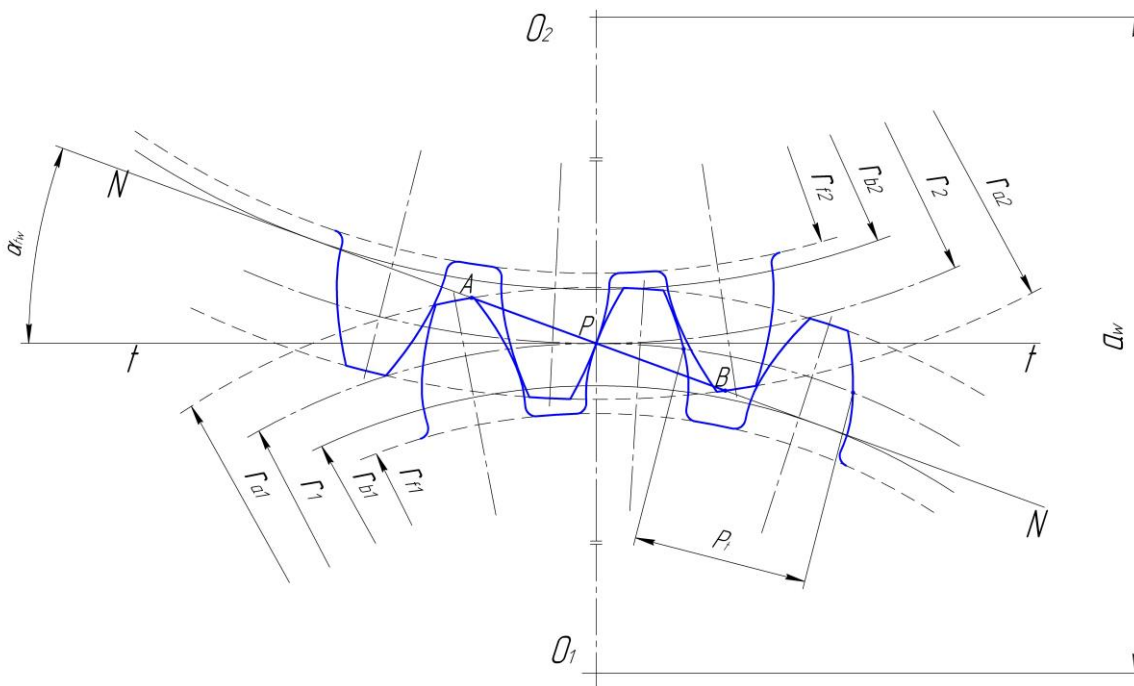


Рис. 1.1. Основні геометричні параметри
циліндричної зубчастої передачі з евольвентними

Міжосьова відстань a_w - відстань між осями коліс одного ступеня, яка дорівнює сумі радіусів пари початкових коліс шестерні та колеса

$$a_w = 0,5(d_{w1} + d_{w2}). \quad (1.2)$$

Згідно з ГОСТ 2185-66 міжосьові відстані циліндричних передач редукторів a_w , мм вибираються з рядів:

1-й ряд: 40,50,63,80,100,125,160,200,250,315,400,500;

2-й ряд: 140,180,225,280,355,450,560.

Числа зубів шестерні та колеса відповідно позначають z_1 і z_2 .

Модуль зачеплення - відношення кроку до числа π

$$m = P_t / \pi. \quad (1.3)$$

У колесах з косими та криволінійними зубцями крім *колового кроку* P_t , який визначається в паралельному торцю колеса перерізі, розрізняють *нормальний крок* зубців P_n , який вимірюється дугою лінії перетину ділильного циліндра з нормальною до напрямку зубців площиною, та *осьовий крок*, який вимірюється в осьовому перерізі колеса.

Лінія перетину бічної поверхні зубця з ділильною, початковою або з іншими співвісними поверхнями зубчастого колеса називається *лінією зубця*.

Гострий кут між лінією зубця та лінією перетину співвісної поверхні, якій належить ця лінія зубця з площиною, що проходить через вісь зубчастого колеса, називається кутом нахилу зубця і позначається β . Зв'язок між нормальним та коловим кроками

$$P_n = P_t \cdot \cos \beta. \quad (1.4)$$

Відповідно до колового та нормального кроків зубців у косозубих передачах розрізняють *коловий* m_t та *нормальний* m_n модулі зубців $m_t = P_t / \pi$, $m_n = P_n / \pi$, які зв'язані між собою співвідношенням:

$$m_n = m_t \cdot \cos \beta. \quad (1.5)$$

У прямозубих колесах $m_n = m_t = m$.

Модулі зубців стандартизовані (у прямозубих колесах m , а в косозубих m_n) згідно з ГОСТ 9563-60. Стандартні модулі від 1 до 18 мм наступні:

1-й ряд: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16.

2-й ряд: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18.

Основні співвідношення для діаметрів кіл стандартних передач без зміщення:

$$d_w = d = m_t \cdot z = \frac{m_n \cdot z}{\cos \beta}; \quad (1.6)$$

$$d_a = d_w + 2m_n; \quad (1.7)$$

$$d_f = d_w - 2,5m_n. \quad (1.8)$$

Міжосьова відстань:

$$a_w = \frac{m_t(z_1 + z_2)}{2} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cdot \cos \beta}. \quad (1.9)$$

Передаточне відношення зубчастої передачі дорівнює:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (1.10)$$

де ω_1 , ω_2 , n_1 , n_2 – кутові швидкості та частоти обертання відповідно шестерні та колеса.

Передаточне число зубчастої передачі

$$u = \frac{z_2}{z_1}. \quad (1.11)$$

Передаточне число послідовно розташованих n зубчастих передач

$$u = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n. \quad (1.12)$$

Згідно з ГОСТ 2185-66 номінальні передаточні числа циліндричних зубчастих передач приймають рівними:

1-й ряд: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12.

2-й ряд: 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11.

Конструктивні особливості зубчастих коліс. Основні конструктивні особливості зубчастих коліс - обід, диск або спиці та маточина (рис. 1.2). Обід сприймає навантаження від зубців і повинен бути достатньо міцним і в той же час податливим, щоб навантаження рівномірно розподілялось довжиною зубця. Маточина слугує для з'єднання колеса з валом і може бути розташована симетрично або несиметрично відносно обода, а також рівною ширині обода. Диск або спиці з'єднують обід і маточину.

Зубчасті колеса невеликих розмірів ($d < 200$ мм) виготовляють з круглого прокату кованих або штампованих заготовок (рис. 1.3, в). Колеса середніх розмірів ($d < 600$ мм) виготовляють із заготовок, одержаних куванням, штампуванням або литтям (рис. 1.3, д). Для великогабаритних передач заготовки для зубчастих коліс виготовляють литтям (рис. 6.3, д) або зварюванням (рис. 1.3, е). При використанні для зубчастих вінців високоякісних сталей інколи застосовують бандажовані зубчасті колеса (рис. 1.3, е). Циліндричні та конічні шестерні, коли відстань від впадини до шпонкового паза не перевищує $2m$ для циліндричних і $1,8 m_{te}$ для конічних коліс, виконують як одне ціле з валом (вал-шестерні).

Конструктивні особливості валів та їх з'єднань з деталями, які на них установлені. Вали - деталі, які передають у редукторі обертальний момент та підтримують в обертальному русі деталі, що на них закріплені, за формою геометричної осі є прямолінійними (рис. 1.4). За конструкцією такі вали можуть бути циліндричними постійного діаметра, ступінчастими і з нарізаними на них зубчастими вінцями або шліцями. Перехідні ділянки вала між двома суміжними ступенями різних діаметрів виконують галтеллю певного радіуса або проточеним рівцем для виходу шліфувального круга. Консольні ділянки вхідних та вихідних валів виконуються циліндричними і конічними. Для з'єднань валів з деталями, що передають обертальний момент застосовують шпонкові і шліцеві (зубчасті) з'єднання та з'єднання з натягом (рис 1.5, 1.6, 1.7).

Посадки деталей на валах: зубчасті колеса саджають на вал на посадці $\frac{H7}{p6}$ (при \varnothing до 120 мм) і $\frac{H7}{r6}$ (при \varnothing більше 80 до 500 мм) або по $\frac{H8}{s7}$; при важких ударних навантаженнях застосовують посадки $\frac{H7}{r6}$ (при \varnothing до 120 мм), $\frac{H7}{p6}$ (при \varnothing більше 80 до 500 мм), $\frac{H8}{u8}$, а при частому демонтажі перехідні посадки $\frac{H7}{n6}$, $\frac{H7}{m6}$, $\frac{H7}{k6}$; муфти монтують на перехідних посадках $\frac{H7}{n6}$, $\frac{H7}{m6}$, $\frac{H7}{k6}$, а при важких ударних навантаженнях - $\frac{H7}{p6}$ або $\frac{H7}{r6}$; розпірні втулки ставлять на рухомих посадках $\frac{H7}{h6}$, $\frac{H8}{h7}$, $\frac{H8}{h8}$.

Осьова фіксація коліс здійснюється упором одного з торців маточини колеса в буртик вала і установкою розпірної втулки між іншим торцем маточини колеса і торцем внутрішнього кільця підшипника або установкою двох розпірних втулок (за відсутності буртика) між обома торцями маточини колеса і торцями внутрішніх кілець підшипників або мастило-утримуючих кілець.

Для компенсації неточності положення коліс ширину одного з них (шестерні) роблять більше ширини другого колеса.

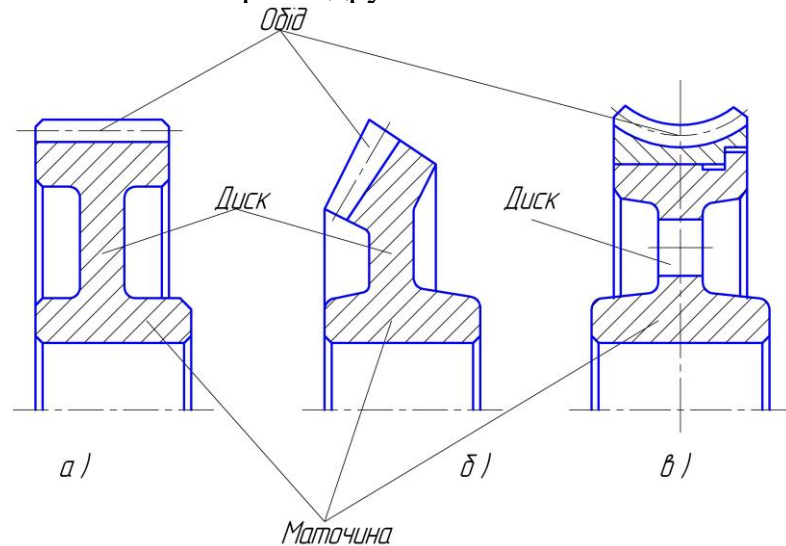


Рис. 1.2. Конструктивні особливості коліс: а – циліндричного; б – конічного; в – черв'ячного

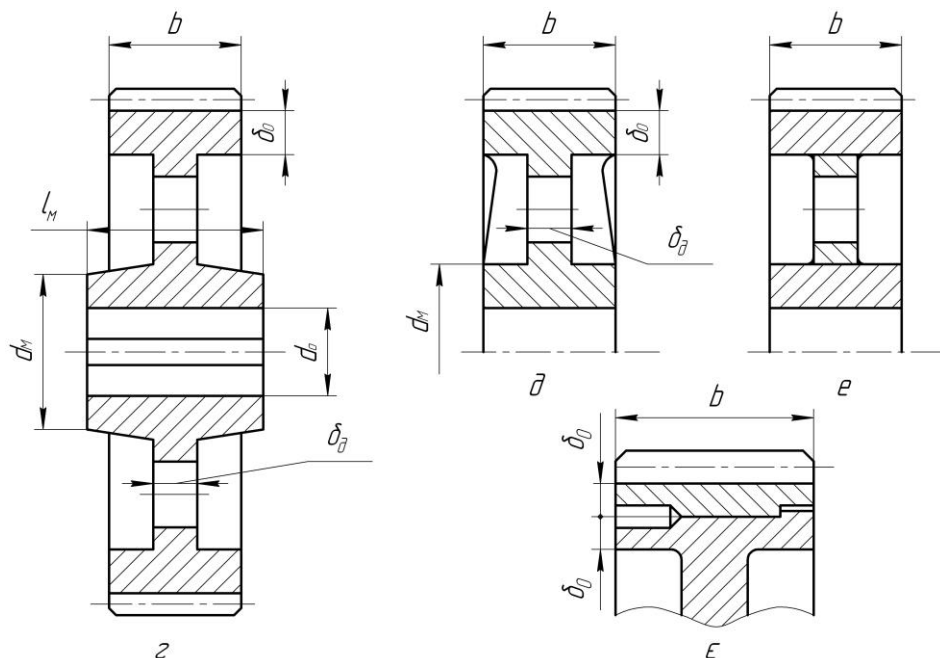


Рис. 1.3. Конструкції зубчастих коліс

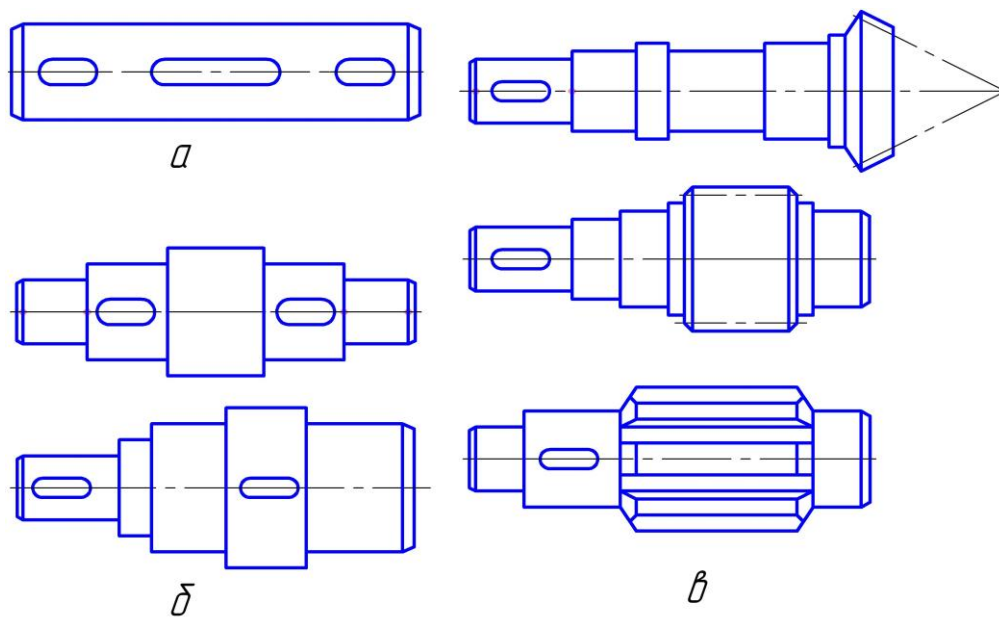


Рис. 1.4. Конструкція валів

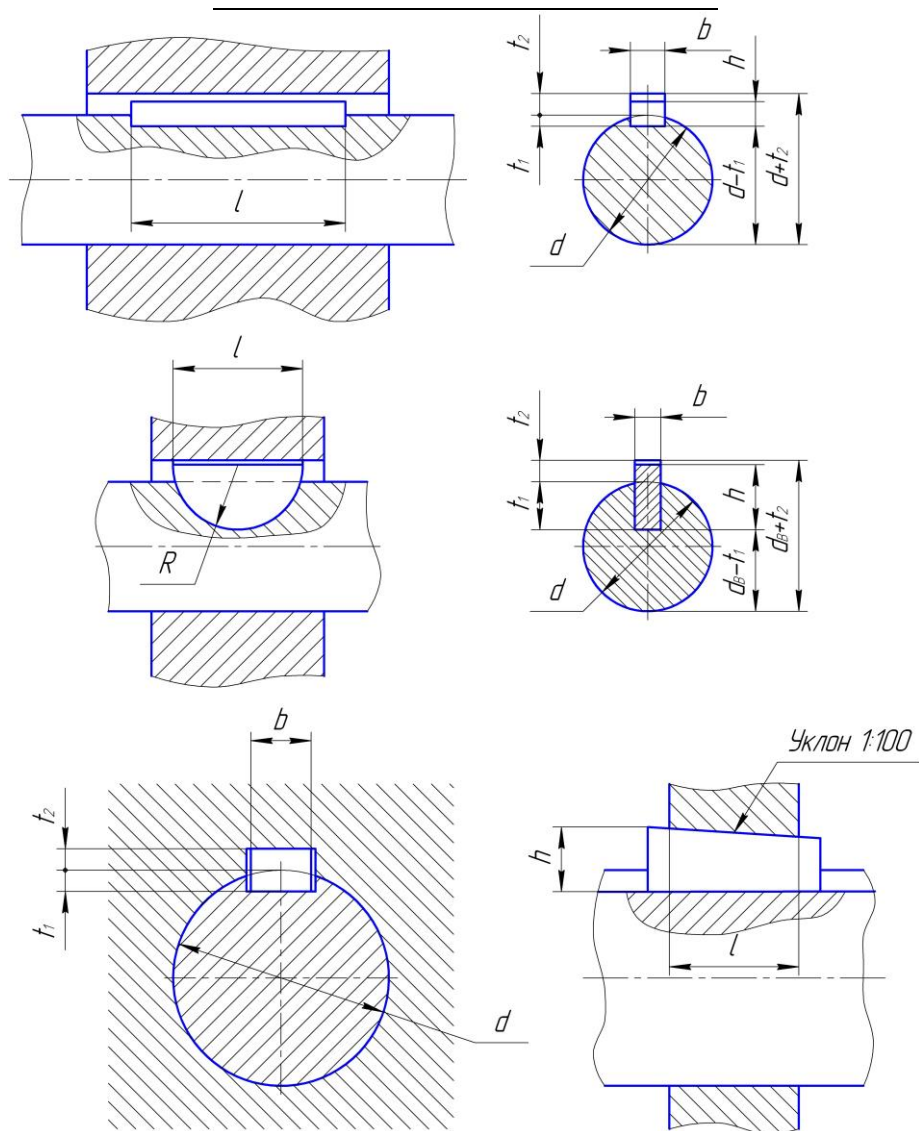


Рис. 1.5. Шпонкове з'єднання маточин коліс з валами

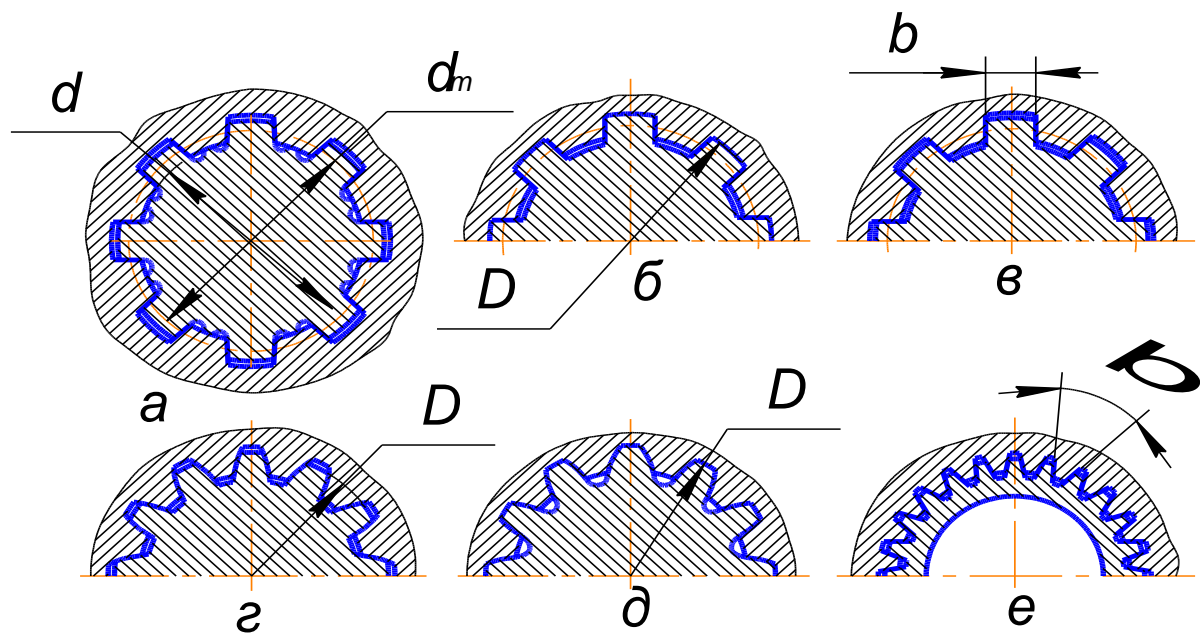


Рис. 1.6. Конструкція зубчастих з'єднань

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Здійснити перевірку і оцінювання виконаних завдань. Підвести підсумок практичного заняття звернувши увагу на основні помилки при його виконанні.

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна

1. Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. Матеріалознавство. Навчальний посібник, Київ, К.Кондор, 2009 – 152 с.
2. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є, Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів, Навчальний посібник, Київ, «Либідь», 2002 – 327 с.
3. Животовська К.О, Мамлюк О.В. Авіаційні матеріали та їх обробка. Навчальний посібник, Київ, "Вища освіта", 2003 – 303 с.
4. Гарнець В.М. Матеріалознавство Підручник. Київ, К.Кондор, 2009
5. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство Навчальний посібник, Львів, 2002. – 264 с.
6. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М., Байдула В.О., Товстушко М.М. Деталі машин. Практикум. Навч. посіб. К.: Кондор, 2009. – 278 с.
7. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. — Львів: Афіша, 2003. — 557 с.
8. Коновалюк Д. М. Деталі машин: підручник / Д. М. Коновалюк, Р. М. Ковальчук. - К.: Кондор, 2004. - 584 с

Допоміжна

9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навч. посіб. – 3-тє вид., стереотипне. – Львів: “Новий Світ – 2000”, 2007. 252с.
10. Малащенко В.О., Павлине В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. Львів: Видавництво Новий Світ – 2000, 2009. – 136 с.
11. Мархель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник. — Видавництво Алерта, 2016. — 368 с.
12. Дмитро Коновалюк, Рю Ковальчук, В. Байбула, М. Товстушко. Деталі машин. Практикум. – Видавництво Кондор, 2009 – 278с.
13. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. - В 3 т. - М.: Машинобудування, 2001. – 859 с.
14. Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. Деталі машин: Підручник. – К.: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
15. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.
16. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. Навч. посіб. — Львів: НУ «Львівська політехніка», 2006. — 196 с., 2009. — 208 с.
17. Павлище В.Т., Данило Я.Я. Різьби, різьбові з'єднання та кріпильні деталі: Довідник. — Львів: Інтелект-Захід, 2001. – 239 с.