

Міністерство освіти і науки молоді та спорту України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

*Кафедра технічної механіки
і сільськогосподарського
машинобудування*

Лабораторна робота №1
"Вивчення конструкцій зубчастих і
черв'ячних редукторів і їх деталей"

Тернопіль 2011

**Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри
технічної механіки і сільськогосподарського
машинобудування, протокол №____ від «____» _____ 2011р.**

**Методичні вказівки схвалені та рекомендовані до
друку на засіданні методичної комісії факультету переробних
і харчових виробництв Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя, протокол №____
від «____» _____ 2011р.**

Укладачі:

**к.т.н. проф. Зубченко І.І.
к.т.н. доц. Сташків М.Я.
асист. Ферендюк О.В.**

Рекомендована література

1. Гузенко П.Г. Детали машин. М.: Висшая школа, 1982.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. М.: Машиностроение, 1974.
3. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. М.: Машиностроение, 1984.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов деталей машин. М.: Машиностроение, 1978.

Лабораторна робота № 1

Вивчення конструкції зубчастих і черв'ячних редукторів і їх деталей

Мета роботи: ознайомитися з редукторами і їх деталями. Вивчити основні параметри зачеплення і склади компоновочну схему.

1. Загальні методичні вказівки до вивчення теми

При вивченні матеріалу студент повинен знати, що редуктором називають зубчасті передачі, які розміщені в окремому жорсткому герметичному корпусі, що служить для зниження кутової швидкості в приводах від двигуна до робочої машини. Подібні механізми, які служать для збільшення швидкості веденого вала, називають мультиплікаторами (або прискорювачами). Редуктори широко використовують у різних галузях машинобудування і тому вони дуже різні за своїми кінематичними схемами (рис1.1) і конструктивним виконанням (див. літ. 1,2,3).

Слід звернути увагу на те, що основні параметри редукторів регламентовані стандартами. Це полегшує і здешевлює їх серійне виробництво, і дозволяє спростити конструювання нових шляхом використання стандартних вузлів і деталей.

Студент повинен знати призначення і конструкцію типових деталей редуктора, тобто, що редуктор складається із корпуса 1 (рис1.2), кришки корпуса 2, зубчастих коліс z_1, z_2, z_3, z_4 , валів - швидкохідного 3, проміжного 4 і тихохідного 5, які монтуються на підшипниках 6, 7, 8, які закриті кришками. Кришка і корпус редуктора центруються перед розточуванням отворів під підшипники (гнізда) при складанні штифтами 9 і з'єднуються болтами з гайками 10. Для огляду зачеплень і заливу масла в редуктор є вікно, що закривається кришкою 11. Для транспортування редуктора є приливи 14 з отворами або рим-болти. Корпуси редукторів повинні бути міцними і жорсткими.

їх виливають із сірого чавуну, а для черв'ячних редукторів - також з алюмінієвих сплавів. Іноді корпуси редукторів виготовляють зварними із сталі.

Основні розміри редуктора визначають за розрахунками на міцність і лише деякі з них вибирають із технологічних або конструктивних міркувань. При цьому використовують відношення: товщина стінки корпуса редуктора приймається $\delta = 0.025 \cdot a_{\omega_2} + (3 \div 5) \text{мм}$, але не менше 7-8мм; товщина кришки редуктора $\delta_1 = (0.8 \div 0.9) \cdot \delta$; зазор між деталями, що обертаються $c \geq 0.4 \cdot \delta$; товщина фланців $\delta_2 = 2 \cdot \delta$; відстань від торця підшипника кочення до внутрішньої стінки корпуса редуктора приймається 10-15мм; діаметр фундаментних болтів d - не менше 12мм, а мінімальний зазор між дном корпуса і колеса $h \geq 3 \cdot \delta$.

Змащування зубчастих і черв'ячних передач редукторів у більшості випадків здійснюється зануренням, а підшипників - розбризкуванням або консистентною змазкою. У корпус редуктора заливають масло із розрахунку 0,4-0,7л на 1 кВт потужності, що передається, при цьому колесо або черв'як повинні повністю занурюватися в масло на глибину не менше, ніж висота зуба або виток. Допускається занурювати в масляну ванну тихохідні колеса багатоступеневих редукторів на глибину до 1/3 радіуса колеса.

3. Визначення основних параметрів зачеплення редукторів

3.1. Двоступеневий горизонтальний редуктор з циліндричними косозубими колесами:

а) порахувати число зубів коліс z_1, z_2, z_3, z_4 і обчислити передаточні числа:

$$U_1 = \frac{z_2}{z_1}, U_2 = \frac{z_4}{z_3}, U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2;$$

б) поміряти міжосьові відстані a_{ω_1} і a_{ω_2} , і ширини b_1 і b_2 коліс;

в) обчислити коефіцієнти ширини зубчастих коліс:

$$\psi_{ba1} = \frac{b_1}{a_{\omega_1}}, \psi_{ba2} = \frac{b_2}{a_{\omega_2}};$$

г) обчислити торцеві модулі коліс:

$$m_{\omega_1} = \frac{2 \cdot a_{\omega_1}}{z_1 + z_2}, m_{\omega_2} = \frac{2 \cdot a_{\omega_2}}{z_3 + z_4};$$

д) обчислити діаметри діляльних кіл коліс:

$$d_1 = m_{\omega_1} \cdot z_1, d_2 = m_{\omega_1} \cdot z_2, d_3 = m_{\omega_2} \cdot z_3, d_4 = m_{\omega_2} \cdot z_4;$$

е) обчислити торцеві діляльні кроки:

$$P_{\omega_1} = \pi \cdot m_{\omega_1}, P_{\omega_2} = \pi \cdot m_{\omega_2}.$$

Основні параметри зачеплення і габаритні розміри редуктора звести в табл. 1.1.

3.2. Двоступеневий конічно-циліндричний редуктор:

а) порахувати число зубів коліс z_1, z_2, z_3, z_4 і обчислити передаточні числа:

$$U_1 = \frac{z_2}{z_1}, U_2 = \frac{z_4}{z_3}, U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2;$$

б) поміряти ширину зубчастого вінця b_1 , найбільшу висоту зубів h_e біля торця конічної шестерні, ширину b_2 циліндричного колеса і міжосьова відстань a_{ω_2} ;

Контрольні запитання

1. Що називають механічною передачею?
2. Що таке передаточне число зубчастої передачі?
3. За якими ознаками класифікують зубчастої передачі?
4. Які основні переваги і недоліки зубчастих передач?
5. Чому евольвентне зачеплення є найбільш поширеним у загальному машинобудуванні?
6. Що таке крок і модуль зубчастого зачеплення?
7. Що називають дільничним і початковим колами зубчастих коліс?
8. Як визначити дільничний діаметр зубчастих коліс з допомогою модуля і числа зубів?
9. Як визначити діаметри кіл вершин і впадин зубів?
10. Що таке ступінь перекриття зубів і яким повинно бути його мінімальне значення?
11. Що таке корегування зубчастого зачеплення і з якою метою його здійснюють?
12. Які види корекції евольвентного зачеплення розрізняють і як вони здійснюються?
13. Якою метою використовують висотну і кутову корекції?
14. Назвіть найбільш поширені матеріали для виготовлення зубчастих коліс?
15. Назвіть основні причини виходу з ладу зубчастих коліс (види руйнування зубів)?
16. Яким модулем користуються при розрахунку основних геометричних параметрів зубчастих коліс в конічній передачі?
17. Який зв'язок між максимальним і середнім модулями в конічній прямозубій передачі?
18. Як встановлені планетарні зубчасті передачі, які їх недоліки і де вони використовуються?
19. Що являє собою хвильова зубчаста передача і які переваги цих передач?
20. Які вимоги ставлять до корпусів редукторів?

2. Порядок виконання роботи

2.1. Прочитати методичні вказівки до лабораторної роботи, підготувати таблиці (див. табл. 1.1-1.3) для внесення в них величин.

2.2. Визначити габаритні розміри редуктора.

2.3. Провести розбирання вказаного викладачем редуктора:

- відкрутити болти кріплення кришок підшипників до корпуса;
- відкрутити гайки болтів, які з'єднують кришку редуктора з корпусом і зняти її;
- витягнути з корпуса вали з насадженими на них підшипниками, зубчастими колесами і т.п.

2.4. Ознайомитися з редуктором і конструкцією його деталей:

- визначити тип підшипників і їх розміри;
- встановити тип змащування зубчастих (черв'ячних) коліс і підшипників;
- вивчити деталі, які обслуговують систему змащування (масловказівник, маслозахисні кільця, маслозаливна горловина, зливна пробка та ін.);
- визначити тип ущільнення валів і кришок;
- вивчити конструкцію корпуса і кришки, визначити розмір їх елементів.

2.5. Визначити основні параметри зачеплень згідно складеної нижче методики.

2.6. Визначити розміри вихідних кінців валів d_{III} , l_{III} , d_r , l_r .

2.7. За даними вимірювань скласти компоновочну схему редуктора (див. літ. 4).

2.8. Зробити ескіз зубчастого (черв'ячного) колеса і ведучого вала.

2.9. Згідно формули $P = n \cdot \left(\frac{d}{13}\right)^3$ визначити орієнтовну потужність, яку може передати редуктор за умовами міцності валів на кручення,

де Р - потужність, яку передає редуктор, кВт;

n - частота обертання вала, об/хв;

d - діаметр вала, см.

2.10. Виконати схему навантаження проміжного вала.

2.11. Визначити к.к.д. редуктора

$$\eta = \eta_1^k \cdot \eta_2^p \cdot \eta_3,$$

де η_1 - к.к.д., опор валів для кожної пари підшипників кочення, $\eta_1 = 0.99$;

k - число пар опор;

η_2 - к.к.д. зубчастого зачеплення:

для конічних передач - $\eta_2 = 0.90$;

для циліндрических передач - $\eta_2 = 0.98$;

p - число зубчастих зачеплень;

$$\eta_3 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma \pm \phi)} - \text{к.к.д. черв'ячного зачеплення};$$

$$\phi = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \text{зведений кут тертя};$$

γ - кут підйому витків черв'яка, $\gamma = z_1 \cdot (5^\circ \div 7^\circ)$;

z_1 - число заходів черв'яка;

α - кут профілю витка черв'яка, $\alpha = 40^\circ$;

f - коефіцієнт тертя, f = 0.03.

2.12. Провести збирання редуктора.

2.13. Оформити звіт.

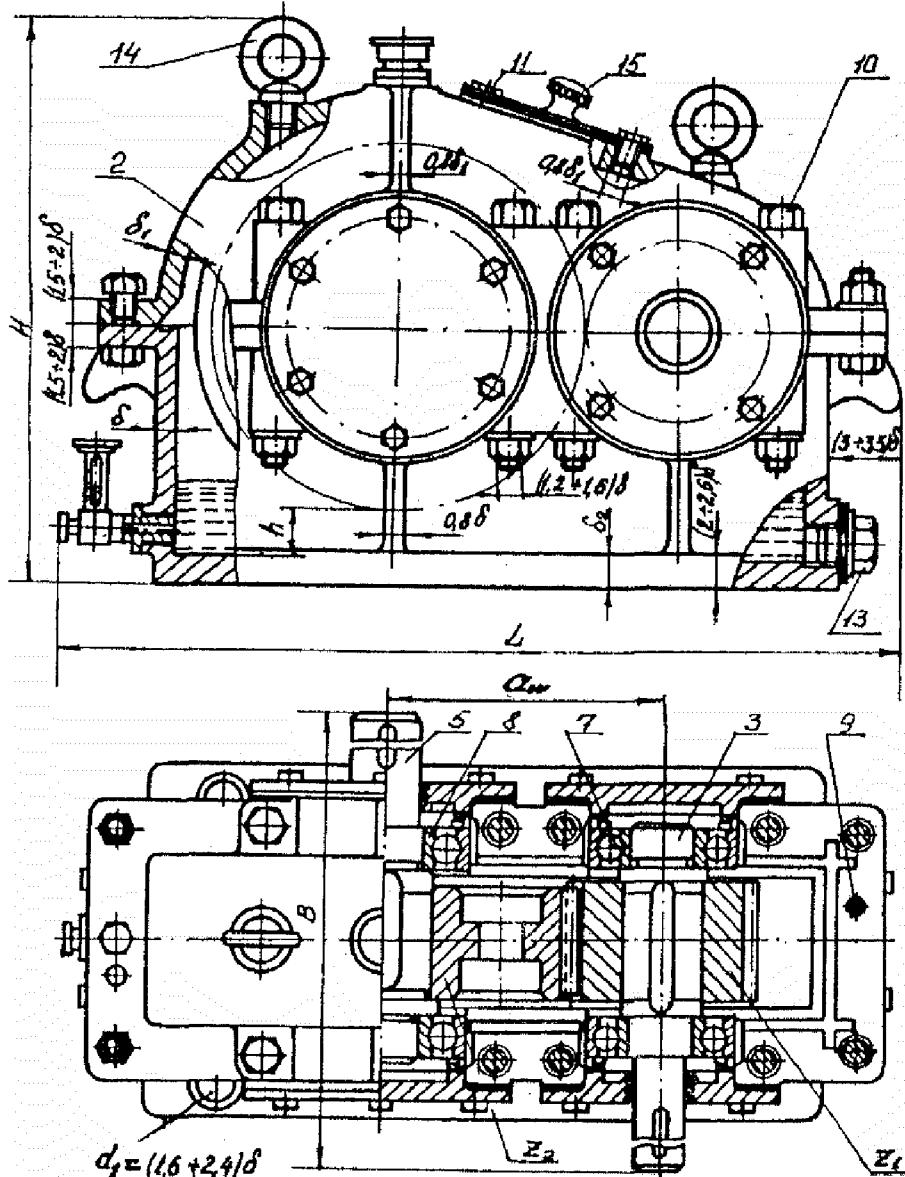


Рис. 1.2 Одноступінчастий редуктор з циліндрическими колесами

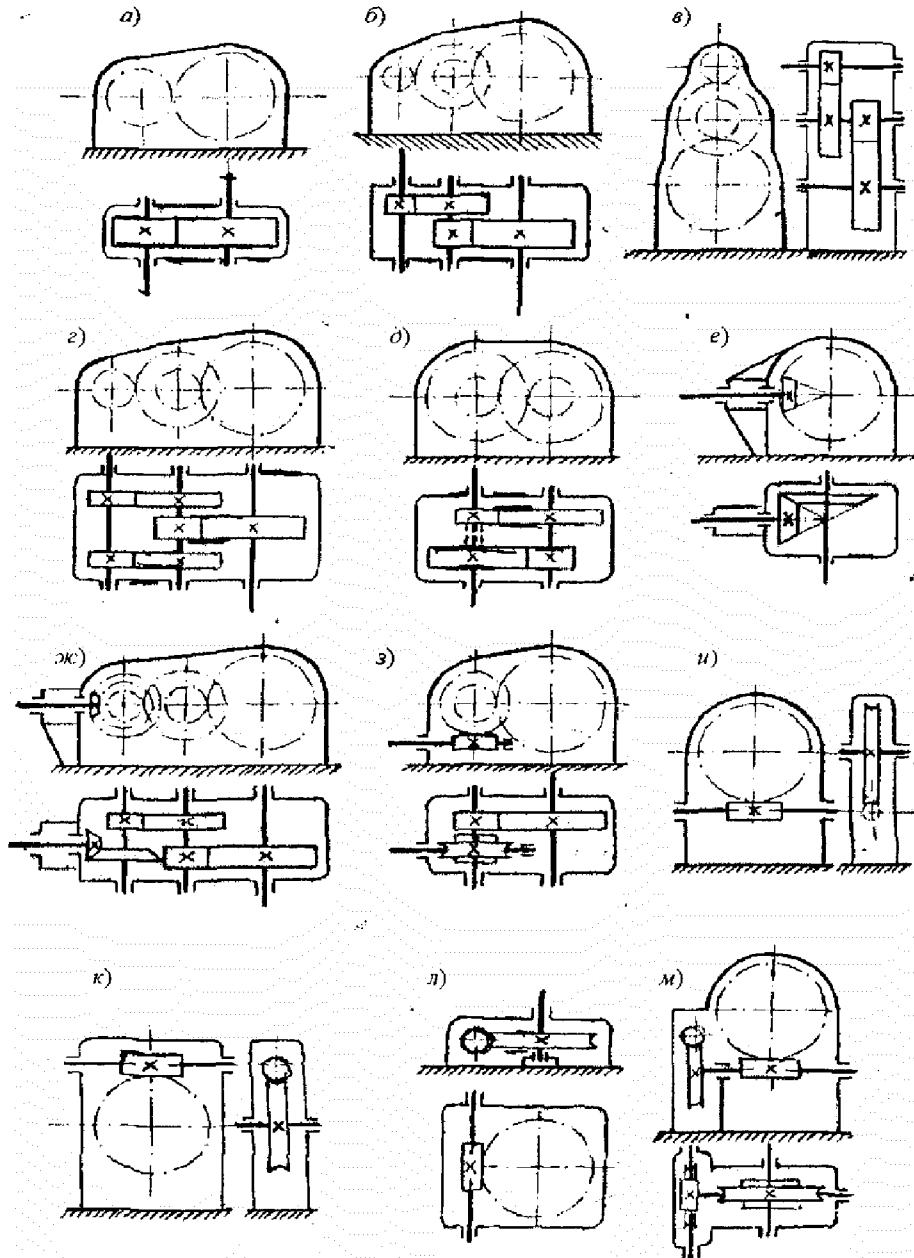


Рис. 1.1. Кінематичні схеми редукторів

3. Визначення основних параметрів зачеплення редукторів

3.1. Двоступеневий горизонтальний редуктор з циліндричними косозубими колесами:

- а) порахувати число зубів коліс z_1, z_2, z_3, z_4 і обчислити передаточні числа:

$$U_1 = \frac{z_2}{z_1}, U_2 = \frac{z_4}{z_3}, U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2;$$

- б) поміряти міжосьові відстані $a_{\omega 1}$ і $a_{\omega 2}$, і ширини b_1 і b_2 коліс;

- в) обчислити коефіцієнти ширини зубчастих коліс:

$$\psi_{ba1} = \frac{b_1}{a_{\omega 1}}, \psi_{ba2} = \frac{b_2}{a_{\omega 2}};$$

- г) обчислити торцеві модулі коліс:

$$m_{t1} = \frac{2 \cdot a_{\omega 1}}{z_1 + z_2}, m_{t2} = \frac{2 \cdot a_{\omega 2}}{z_3 + z_4};$$

- д) обчислити діаметри ділильних кіл коліс:

$$d_1 = m_{t1} \cdot z_1, d_2 = m_{t2} \cdot z_2, d_3 = m_{t2} \cdot z_3, d_4 = m_{t2} \cdot z_4;$$

- е) обчислити торцеві ділильні кроки:

$$P_{t1} = \pi \cdot m_{t1}, P_{t2} = \pi \cdot m_{t2}.$$

Основні параметри зачеплення і габаритні розміри редуктора звести в табл. 1.1.

3.2. Двоступеневий конічно-циліндричний редуктор:

- а) порахувати число зубів коліс z_1, z_2, z_3, z_4 і обчислити передаточні числа:

$$U_1 = \frac{z_2}{z_1}, U_2 = \frac{z_4}{z_3}, U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2;$$

- б) поміряти ширину зубчастого вінця b_1 , найбільшу висоту зубів h_e біля торця конічної шестерні, ширину b_2 циліндричного колеса і міжосьова відстань $a_{\omega 2}$;

в) обчислити кути ділильних конусів:

- колеса швидкохідної ступені $\delta_2 = \arctg U_1$;
- шестерні швидкохідної ступені $\delta_1 = 90^\circ - \delta_2$;

г) обчислити зовнішні колові модулі:

$$\text{швидкохідної ступені } m_{t1} = \frac{h_e}{2.25};$$

$$\text{тихохідної ступені } m_{t2} = \frac{2 \cdot a_{\omega 2}}{z_3 + z_4};$$

отримані значення заокруглити до найближчих стандартних:

1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
---	------	-----	---	-----	---	---	---	---	---	----

д) обчислити зовнішні діаметри ділильних конусів конічних коліс:

$$d_{e1} = m_{t1} \cdot z_1, \quad d_{e2} = m_{t1} \cdot z_2;$$

е) обчислити діаметри ділильних кіл циліндричних коліс:

$$d_3 = m_{t2} \cdot z_3, \quad d_4 = m_{t2} \cdot z_4;$$

е) обчислити зовнішню ділильну конусну відстань:

$$R_e = \frac{m_{t1} \cdot z_1}{2 \cdot \sin \delta_1}$$

ж) обчислити коефіцієнти ширини:

$$\text{конічного зубчастого вінця } \psi_{bR} = \frac{b_1}{R_e};$$

$$\text{циліндричного зубчастого колеса } \psi_{ba2} = \frac{b_2}{a_{\omega 2}}$$

з) обчислити зовнішні колові ділильні кроки:

$$\text{швидкохідної ступені } P_{t1} = \pi \cdot m_{t1};$$

$$\text{тихохідної ступені } P_{t2} = \pi \cdot m_{t2}$$

Основні параметри зачеплення і габаритні розміри редуктора занести в таб. 1.2.

Таблиця 1.3. Технічна характеристика редуктора

		Позначення	Значення
Параметри зачеплення	Число зубів шестерні	z_1	
	Число зубів колеса	z_2	
	Передаточне число	U_1	
	Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 1}$	
	Розрахунковий модуль, мм	m_{t1}	
	Коловий ділильний крок, мм	P_{t1}	
	Коефіцієнт ширини вінця зубчастого колеса по міжосьовій відстані	ψ_{ba1}	
	Діаметр ділильного кола шестерні, мм	d_1	
	Діаметр ділильного кола колеса, мм	d_2	
	Число заходів черв'яка	z_3	
тихохідна ступінь	Число зубів колеса	z_4	
	Передаточне число	U_2	
	Крок черв'яка в осьовому напрямку, мм	p	
	Модуль черв'ячного зачеплення, мм	m	
	Діаметр вершин витків черв'яка, мм	d_{a3}	
	Ділильний діаметр черв'яка, мм	d_3	
	Коефіцієнт діаметра черв'яка	g	
	Кут підйому витків черв'яка	γ	
	Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 2}$	
	Орієнтовна потужність, кВт	P	
Габаритні розміри редуктора		η	
Габаритні розміри редуктора	Висота, мм	H	
	Довжина, мм	L	
	Ширина, мм	B	

Таблиця 1.2. Технічна характеристика редуктора

		Позна-чення	Значення
Параметри зачеплення	швидкохідна ступінь	Число зубів шестерні	z_1
		Число зубів колеса	z_2
		Передаточне число	U_1
		Кут ділильного конуса шестерні	δ_1
		Кут ділильного конуса колеса	δ_2
		Зовнішній коловий модуль, мм	m_{n1}
		Зовнішній діаметр ділильного конуса шестерні, мм	d_{e1}
		Зовнішній діаметр ділильного конуса колеса, мм	d_{e2}
		Зовнішня конусна відстань, мм	R_e
		Коефіцієнт ширини конічного зубчастого вінця	ψ_{br}
Параметри зачеплення	тихохідна ступінь	Зовнішній ділильний крок, мм	P_{n1}
		Число зубів шестерні	z_3
		Число зубів колеса	z_4
		Передаточне число	U_2
		Розрахунковий модуль, мм	m_{n2}
		Діаметр ділильного кола шестерні, мм	d_3
		Діаметр ділильного кола колеса, мм	d_4
		Коефіцієнт ширини циліндричного зубчастого колеса	ψ_{ba2}
Габаритні розміри редуктора	Висота, мм	H	
	Довжина, мм	L	
	Ширина, мм	B	
Орієнтовна потужність, кВт		P	
К.к.д. редуктора		η	

3.3. Двоступеневий зубчасто-черв'ячний редуктор:

- а) порахувати число зубів коліс z_1, z_2, z_4 , число заходів черв'яка z_3 і обчислити передаточні числа:

$$U_1 = \frac{z_2}{z_1}, \quad U_2 = \frac{z_4}{z_3}, \quad U_{\text{заг}} = U_1 \cdot U_2;$$

б) поміряти ширину циліндричного колеса b_1 і міжосьову відстань $a_{\omega 1}$;

в) обчислити розрахунковий модуль

$$m_{n1} = \frac{2 \cdot a_{\omega 1}}{z_1 + z_2}$$

округлити його до найближчого стандартного:

1	1.25	1.5	2	2.5	3	5	6	8	10
---	------	-----	---	-----	---	---	---	---	----

г) обчислити коловий ділильний крок

$$P_n = \pi \cdot m_{n1}$$

д) обчислити коефіцієнт ширини вінця зубчастого колеса по міжосьовій відстані:

$$\psi_{ba1} = \frac{b_1}{a_{\omega 1}};$$

е) визначити тип черв'яка,

е) обчислити крок черв'яка в осьовому напрямку:

$$p = \frac{L}{z_3},$$

де L - відстань між однаковими точками на вершинах чотирьох суміжних витків черв'яка;

ж) обчислити модуль черв'ячного зачеплення:

$$m = \frac{p}{\pi}$$

отримане значення модуля округлити до найближчого із стандартного ряду модулів:

2	2.5	3	3.15	4	5	6	8	10	12.5	16
---	-----	---	------	---	---	---	---	----	------	----

з) обчислити діаметри ділильних кіл:

- шестерні $d_1 = m_{t1} \cdot z_1$;
- зубчастого колеса $d_2 = m_{t1} \cdot z_2$;
- черв'ячного колеса $d_4 = m \cdot z_4$;

и) виміряти діаметр вершин витків черв'яка d_{a3} і обчислити його ділильний діаметр:

$$d_3 = d_{a3} - 2 \cdot m;$$

ї) обчислити коефіцієнт діаметра черв'яка:

$$g = \frac{d_3}{m};$$

отримане значення округлити до найближчого із стандартного ряду значень g :

8	10	12.5	16	20	25
---	----	------	----	----	----

ї) обчислити міжосьову відстань черв'ячної передачі:

$$a_{\omega 2} = \frac{d_3 + d_4}{2},$$

й) обчислити кут підйому витків черв'яка:

$$\gamma = \arctg \left(\frac{z_3}{g} \right)$$

Основні параметри зачеплення і габаритні розміри редуктора занести в табл. 1.3.

Таблиця 1.1. Технічна характеристика редуктора

Параметри	швидкохідна ступінь		Позначення	Значення
	зачеплення	тихохідна ступінь		
швидкохідна ступінь	Передаточне число	U_1		
	Число зубів шестерні	z_1		
	Число зубів колеса	z_2		
	Модуль торцевий, мм	m_{t1}		
	Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 1}$		
	Ширина колеса, мм	b_1		
	Коефіцієнт ширини колеса	ψ_{ba1}		
	Діаметр ділильного кола шестерні, мм	d_1		
	Діаметр ділильного кола колеса, мм	d_2		
	Торцевий ділильний крок, мм	P_{t1}		
тихохідна ступінь	Передаточне число	U_2		
	Число зубів шестерні	z_3		
	Число зубів колеса	z_4		
	Модуль торцевий, мм	m_{t2}		
	Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 2}$		
	Ширина колеса, мм	b_2		
	Коефіцієнт ширини колеса	ψ_{ba2}		
	Діаметр ділильного кола шестерні, мм	d_3		
	Діаметр ділильного кола колеса, мм	d_4		
	Торцевий ділильний крок, мм	P_{t2}		
Габаритні розміри редуктора	Орієнтовна потужність, кВт	P		
	К.к.д. редуктора	η		
	Висота, мм	H		
	Довжина, мм	L		
	Ширина, мм	B		