

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

ЛІТЕРАТУРА



*Кафедра технічної механіки
і сільськогосподарського
машинобудування*

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Лабораторна робота №1
"Вивчення конструкції 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.: Высшая 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 скласти 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 заливки 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 $\delta = 0.025 \cdot a_{\omega 2} + (3 \div 5)$ 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:

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

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:

$$m_{r1} = \frac{2 \cdot a_{\omega 1}}{z_1 + z_2}, m_{r2} = \frac{2 \cdot a_{\omega 2}}{z_3 + z_4};$$

д) обчислити діаметри ділільних кіл коліс:

$$d_1 = m_{r1} \cdot z_1, d_2 = m_{r1} \cdot z_2, d_3 = m_{r2} \cdot z_3, d_4 = m_{r2} \cdot z_4;$$

е) обчислити торцеві ділільні кроки:

$$P_{r1} = \pi \cdot m_{r1}, P_{r2} = \pi \cdot m_{r2}.$$

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:

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

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

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 ділильним і початковим колами зубчастих коліс?
8. Як визначити ділильний діаметр зубчастих коліс з допомогою модуля і числа зубів?
9. Як визначити діаметри кіл вершин і впадин зубів?
10. Що таке степінь 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?
- 13.3 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 влаштовані 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:
 - відкрити болти кріплення кришок підшипників до корпуса;
 - відкрити 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 $d_{ш}$, $l_{ш}$, d_T , l_T .
- 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 циліндричних передач - $\eta_2 = 0.98$;

p - число зубчастих зачеплень;

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

$\varphi' = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}}$ - 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.

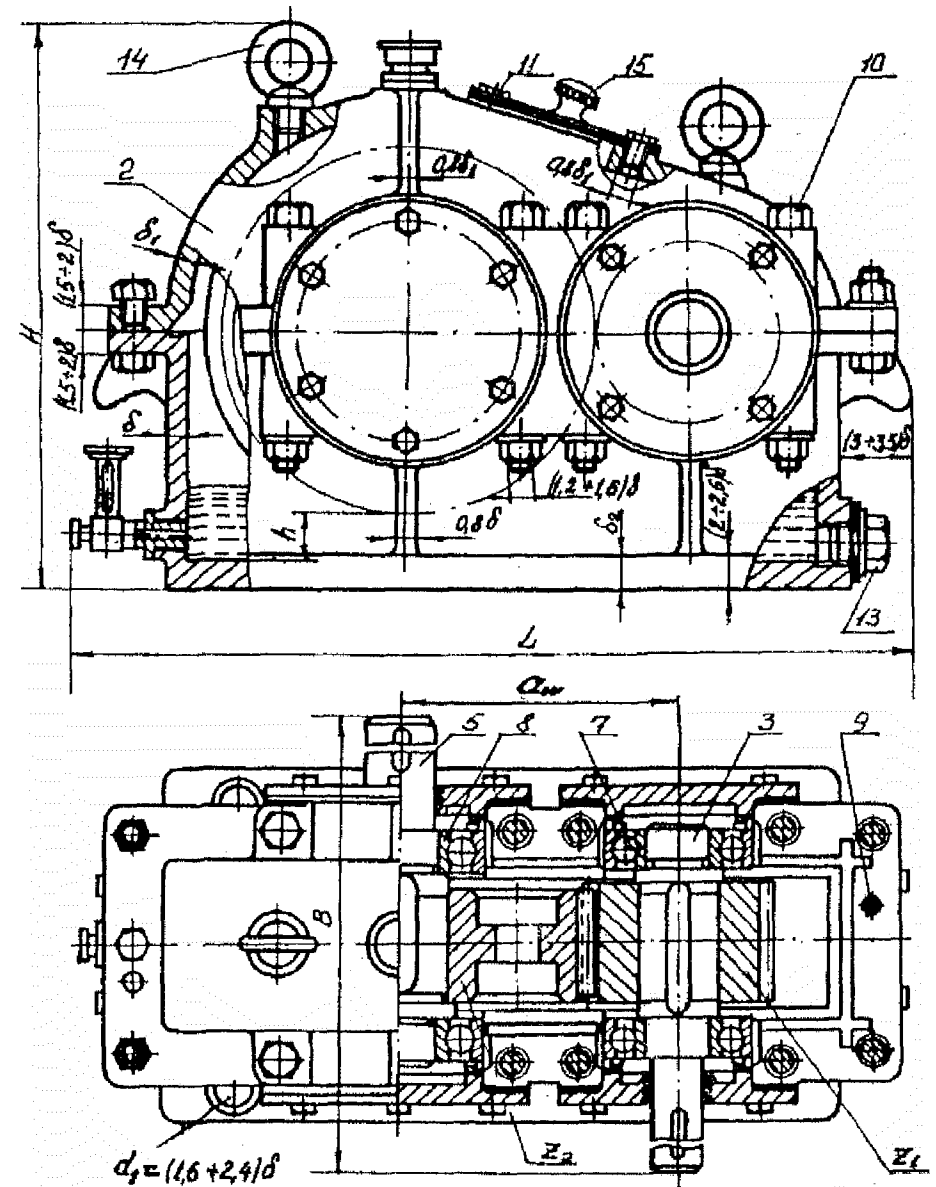


Рис. 1.2 Одноступінчастий редуктор з циліндричними колесами

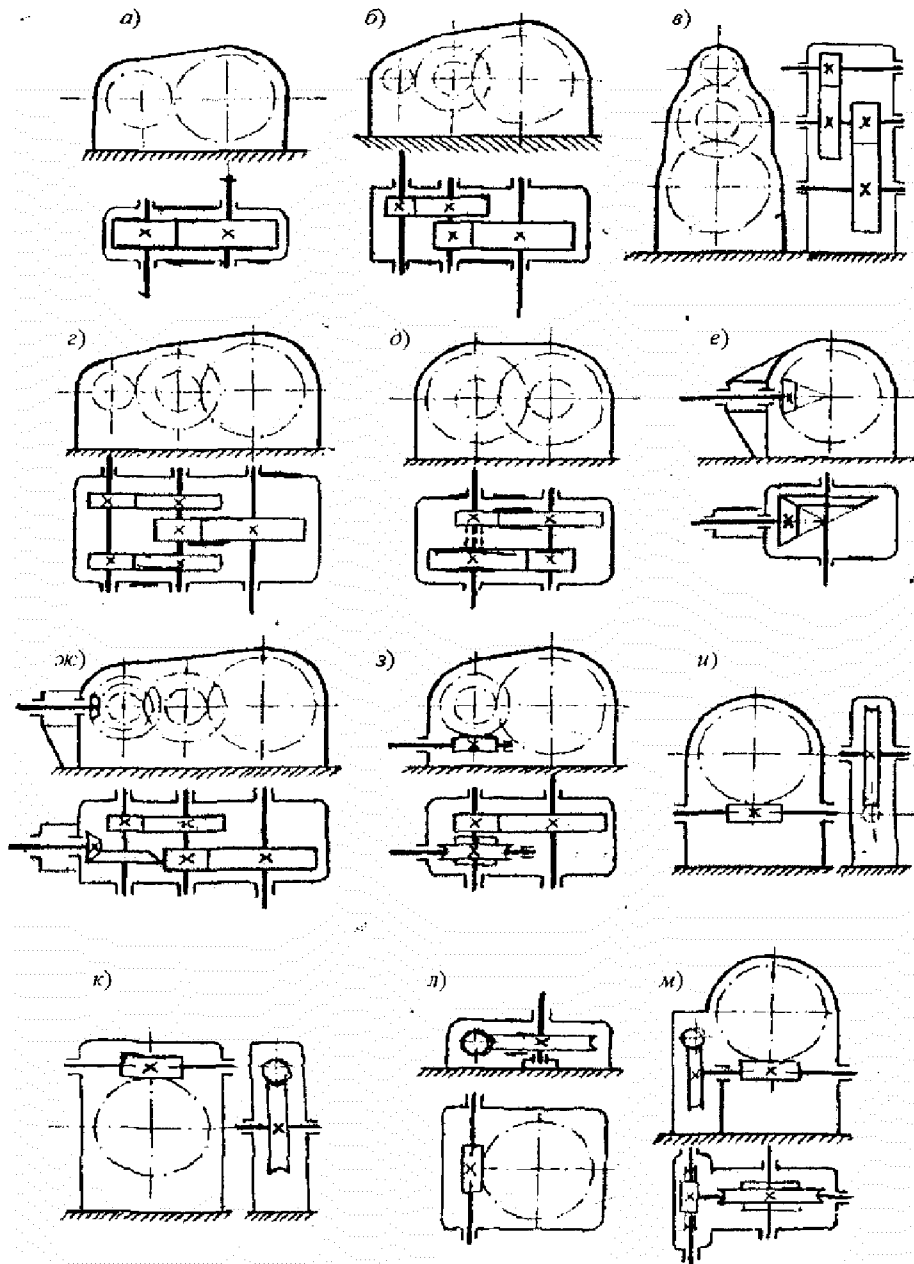


Рис. 1.1. Кінематичні схеми редукторів

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:

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

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 ділільних кіл коліс:

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

е) обчислити торцеві ділільні 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:

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

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 ділительних конусів:
- колеса швидкохідної ступені $\delta_2 = \arctg U_1$;
 - шестерні швидкохідної ступені $\delta_1 = 90^\circ - \delta_2$;
- г) обчислити зовнішні колові модулі:
- швидкохідної ступені $m_{t1} = \frac{h_e}{2.25}$;
 - 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 ділительних конусів конічних коліс:

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

- е) обчислити діаметри ділительних кіл циліндричних коліс:

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

- є) обчислити зовнішню ділительну конусну відстань:

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

- ж) обчислити коефіцієнти ширини:

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

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

- з) обчислити зовнішні колові ділительні кроки:

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

- 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	швидкохідна ступінь	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 ділительний крок, мм	P_{t1}
		Коефіцієнт ширини вінця зубчастого колеса по міжосьовій відстані	ψ_{ba1}
	тихохідна ступінь	Діаметр ділительного кола шестерні, мм	d_1
		Діаметр ділительного кола колеса, мм	d_2
		Число заходів черв'яка	z_3
		Число зубів колеса	z_4
		Передаточне число	U_2
		Крок черв'яка в осьовому напрямку, мм	p
		Модуль черв'ячного зачеплення, мм	m
Параметри редуктора	Діаметр вершин витків черв'яка, мм	d_{a3}	
	Ділительний 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	
К.к.д. 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_{r1}	
		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}	
		Зовнішній ділильний крок, мм	P_{r1}	
	тихохідна ступінь	Число зубів шестерні	z_3	
		Число зубів колеса	z_4	
		Передаточне число	U_2	
		Розрахунковий модуль, мм	m_{r2}	
		Діаметр ділильного кола шестерні, мм	d_3	
		Діаметр ділильного кола колеса, мм	d_4	
		Коефіцієнт ширини циліндричного зубчастого колеса	ψ_{ba2}	
		Коловий крок, мм	P_{r2}	
	Орієнтовна потужність, кВт		P	
	К.к.д. редуктора		η	
Габаритні розміри редуктора	Висота, мм	H		
	Довжина, мм	L		
	Ширина, мм	B		

3.3. Двоступеневий зубчато-черв'ячний редуктор:

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

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

б) поміряти ширину циліндричного колеса b_1 і міжосьову відстань a_{o1} ;

в) обчислити розрахунковий модуль

$$m_{r1} = \frac{2 \cdot a_{o1}}{z_1 + z_2}$$

округлити його до найближчого стандартного:

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

г) обчислити коловий ділильний крок

$$P_{r1} = \pi \cdot m_{r1}$$

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

$$\psi_{ba1} = \frac{b_1}{a_{o1}};$$

е) визначити тип черв'яка,

є) 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 $d_1 = m_{r1} \cdot z_1$;

- зубчастого колеса $d_2 = m_{r1} \cdot z_2$;

- черв'ячного колеса $d_4 = m \cdot z_4$;

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

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

і) 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
---	----	------	----	----	----

і) 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

		Позначення	Значення	
Параметри зачеплення	швидкохідна ступінь	Передаточне число	U_1	
		Число зубів шестерні	z_1	
		Число зубів колеса	z_2	
		Модуль торцевий, мм	m_{r1}	
		Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 1}$	
		Ширина колеса, мм	b_1	
		Коефіцієнт ширини колеса	ψ_{ba1}	
		Діаметр ділительного кола шестерні, мм	d_1	
		Діаметр ділительного кола колеса, мм	d_2	
	Торцевий ділительний крок, мм	P_{r1}		
	тихохідна ступінь	Передаточне число	U_2	
		Число зубів шестерні	z_3	
		Число зубів колеса	z_4	
		Модуль торцевий, мм	m_{r2}	
		Міжосьова відстань, мм	$a_{\omega 2}$	
		Ширина колеса, мм	b_2	
		Коефіцієнт ширини колеса	ψ_{ba2}	
		Діаметр ділительного кола шестерні, мм	d_3	
		Діаметр ділительного кола колеса, мм	d_4	
Торцевий ділительний крок, мм	P_{r2}			
Орієнтовна потужність, кВт		P		
К.к.д. редуктора		η		
Габаритні розміри редуктора	Висота, мм	H		
	Довжина, мм	L		
	Ширина, мм	B		