

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

1 Кінематичний розрахунок приводу, що складається з електродвигуна потужністю $P_{ДВ}$, кВт, з частотою обертання $n_{ДВ}$, об/хв., ланцюгової передачі і редуктора з передаточним числом u_p . Визначити: передаточні числа приводу і ступенів; кутові швидкості валів; коефіцієнти корисної дії приводу і ступенів; обертаючі моменти на валах.

Прийняти значення коефіцієнтів корисної дії:

підшипників кочення $\eta_{п.к.} = 0,99$;

ланцюгової передачі $\eta_{л.п.} = 0,95$;

зубчастої передачі $\eta_{з.п.} = 0,97$.

Варіант	Схема	Потужність двигуна $P_{ДВ}$, кВт	Частота оберту вала двигуна $n_{ДВ}$, об/хв.	Передаточне число редуктора, u_p
31	5	3,5	970	2,5

1.1 Нумерація валів приводу

1.2 Передаточне число приводу

$$u_{пр} = u_{1-2} \cdot u_{2-3} = u_{л.п.} \cdot u_p$$

$$= \frac{z_2}{z_1} \cdot 2,5 = \frac{43}{19} \cdot 2,5 = 2,26 \cdot 2,5 = 5,65$$

1.3 Кутові швидкості валів

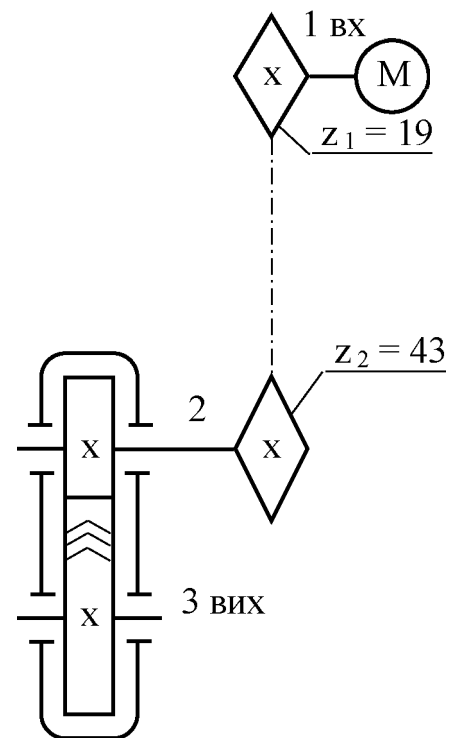
$$\omega_{ДВ} = \omega_1 = \omega_{вх} = \frac{\pi \cdot n_{ДВ}}{30} = \frac{3,14 \cdot 970}{30} = 101,526 \frac{рад.}{сек}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{1-2}} = \frac{\omega_1}{u_{л.п.}} = \frac{101,53}{2,26} = 44,92 \frac{рад.}{сек}$$

$$\omega_3 = \omega_{вих} = \frac{\omega_2}{u_{2-3}} = \frac{\omega_2}{u_p} = \frac{44,92}{2,5} = 17,97 \frac{рад.}{сек}$$

Перевірка передаточного числа приводу

$$u_{пр} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{\omega_{вх}}{\omega_{вих}} = \frac{101,526}{17,97} = 5,65$$



ПР.9.31				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив				
Перевірила				
Н. контроль				
Затвердила				
Проектний розрахунок передачі редуктора приводу			Літ.	Аркуш
			1	6
ККМГ ТНУ ім. Вернадського гр. М 21				

1.4 Коефіцієнт корисної дії приводу

$$\eta_{np} = \eta_{1-2} \cdot \eta_{2-3} = \eta_{л.н.} \cdot \eta_p = 0,95 \cdot 0,95 = 0,9$$

$$\eta_p = \eta_{3.п.} \cdot \eta_{п.к.}^2 = 0,97 \cdot 0,99^2 = 0,95$$

1.5 Обертаючі моменти на валах

$$M_{дв} = M_1 = \frac{P_{дв}}{\omega_{дв}} = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{101,526} = 34 \text{ Нм}$$

$$M_2 = M_1 \cdot \eta_{1-2} \cdot u_{1-2} = M_1 \cdot \eta_{л.н.} \cdot u_{л.н.} = 34 \cdot 0,95 \cdot 2,26 = 72,99 \text{ Нм}$$

$$M_2 = M_1 \cdot \eta_{np} \cdot u_{np} = M_1 \cdot \eta_{1-3} \cdot u_{1-3} = 34 \cdot 0,9 \cdot 5,65 = 172,89 \text{ Нм}$$

Результати кінематичного розрахунку приводу зводимо в таблицю.

Ступінь	Вал	Кутова швидкість ω , 1/с	Момент М, Нм
$u_{1-2} = u_{л.п.}$	1	101,526	34
	2	44,92	72,99
$u_{2-3} = u_p$	3	17,97	172,89

2 Проектний розрахунок за даними першої задачі параметрів шевронної нереверсивної передачі редуктора приводу.

2.1 Визначаємо головний параметр – орієнтовну міжцентрову відстань

$$a_w \geq 430(u_p + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_3 \cdot K_{H\beta}}{\psi_{ва} \cdot u_p^2 [\sigma]_H^2}}$$

де $\psi_{ва} = v_2 / a_w = 0,4$, коефіцієнт ширини колеса;

– u_p , передаточне число редуктора;

– M_3 , обертальний момент на веденому валу редуктора, Нм;

– $K_{H\beta} = 1$, коефіцієнт нерівномірності навантаження;

– $[\sigma]_H = 600$ МПа середня допустима контактна напруга матеріалів шестерні і колеса косозубої передачі редуктора, МПа

$$a_w \geq 430(2,5 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{172,89 \cdot 1}{0,4 \cdot 2,5^2 \cdot 600^2}} = 90 \text{ мм}$$

2.2 Визначаємо нормальний модуль за емпіричним співвідношенням

$$m_n = (0,01 \div 0,02) \cdot a_w = (0,01 \div 0,02) \cdot 90 = (0,9 \div 1,8)$$

					ПР.9.31	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Одержане значення модуля m_n вибираємо зі стандартного ряду чисел
Таблиця Ряди стандартних нормальних модулів

m_n , мм	І ряд	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
	Пряд	1,25	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	

Приймаємо стандартний нормальний модуль $m_n = 1,5$ мм

2.3 Приймаємо кут нахилу шевронної передачі $\beta = 30^\circ$

2.4 Визначаємо число зубів коліс передачі та округлюємо до цілого числа

$$z_3 = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos \beta}{m_n (1 + u_\delta)} = \frac{2 \cdot 90 \cdot 0,86}{1,5(1 + 2,5)} = 30$$

$$z_4 = z_1 \cdot u_p = 30 \cdot 2,5 = 75$$

$$u_\phi = \frac{z_4}{z_3} = \frac{75}{30} = 2,5 = u_p$$

Перевіряємо відповідність передаточного числа редуктора фактичному

2.5 Визначаємо діаметри ділільних кіл d_3 , d_4 та уточнюють міжцентрову відстань a_w

$$d_3 = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos 30^\circ} = \frac{1,5 \cdot 30}{0,86} = 52,32 \text{ мм}$$

$$d_4 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos 30^\circ} = \frac{1,5 \cdot 75}{0,86} = 130,8 \text{ мм}$$

$$a_w = \frac{d_3 + d_4}{2} = \frac{52,32 + 130,8}{2} = 91,56 \text{ мм}$$

2.6 Висота зубів $h = h_a + h_f = m_n + 1,25m_n = 2,25m_n = 1,5 + 1,875 = 3,375$ мм

$$h_a = m_n = 1,5 \text{ мм}$$

$$h_f = 1,25m_n = 1,25 \cdot 1,5 = 1,875 \text{ мм}$$

Діаметри кіл виступів $d_{a3} = d_3 + 2h_a = d_3 + 2m_n = 52,32 + 2 \cdot 1,5 = 55,32$ мм

$$d_{a4} = d_4 + 2h_a = d_4 + 2m_n = 130,8 + 2 \cdot 1,5 = 133,8 \text{ мм}$$

Діаметри кіл западин $d_{f3} = d_3 - 2h_f = d_3 - 2,5m_n = 52,32 - 3,75 = 48,57$ мм

$$d_{f4} = d_4 - 2h_f = d_4 - 2,5m_n = 130,8 - 3,75 = 127,05 \text{ мм}$$

Ширина венців коліс $b_3 = b_4 + (2 \div 10) = 40 + 10 = 50$ мм

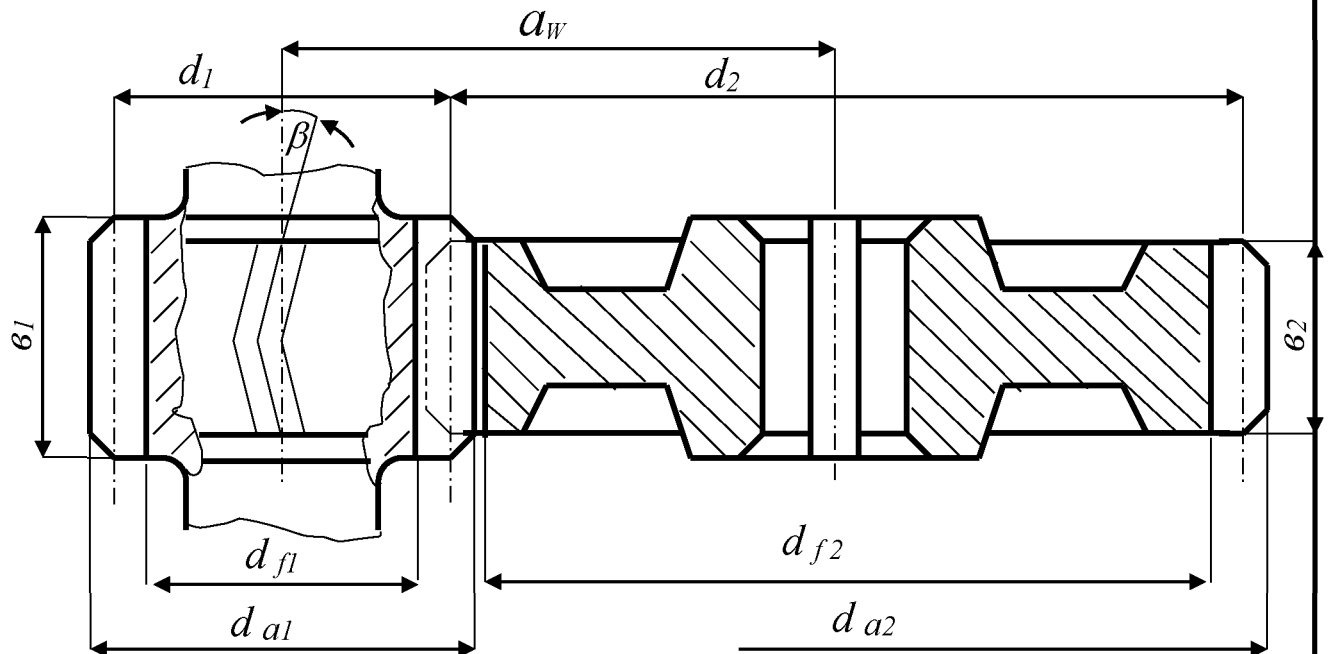
$$b_4 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,4 \cdot 91,56 = 40 \text{ мм}$$

Перевірка $h = \frac{d_{a3} - d_{f4}}{2} = \frac{55,32 - 48,57}{2} = \frac{d_{a3} - d_{f4}}{2} = \frac{133,8 - 127,05}{2} = 3,375 \text{ мм}$

					ПР.9.31	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Результати розрахунку параметрів передачі зводимо в таблицю

a_w	d_3	d_4	b_3	b_4	h_a	d_{a3}	d_{a4}	h_f	d_{f3}	d_{f4}
91,56	52,32	130,8	50	40	1,5	55,32	133,8	1,875	48,57	127,05



3 За результатами першої і другої задач визнаємо діаметри валів та виконуємо ескізну компоновку циліндричного шевронного редуктора.

3.1 Визначаємо проектні розміри ділянок валів .

Діаметр ведучого та веденого валів редуктора приводу (схема 5)

$$d_{e2} = \sqrt[3]{\frac{M_1 \cdot K}{0,2 \cdot [\tau]_K}} \quad d_{e3} = \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K}{0,2 \cdot [\tau]_K}}$$

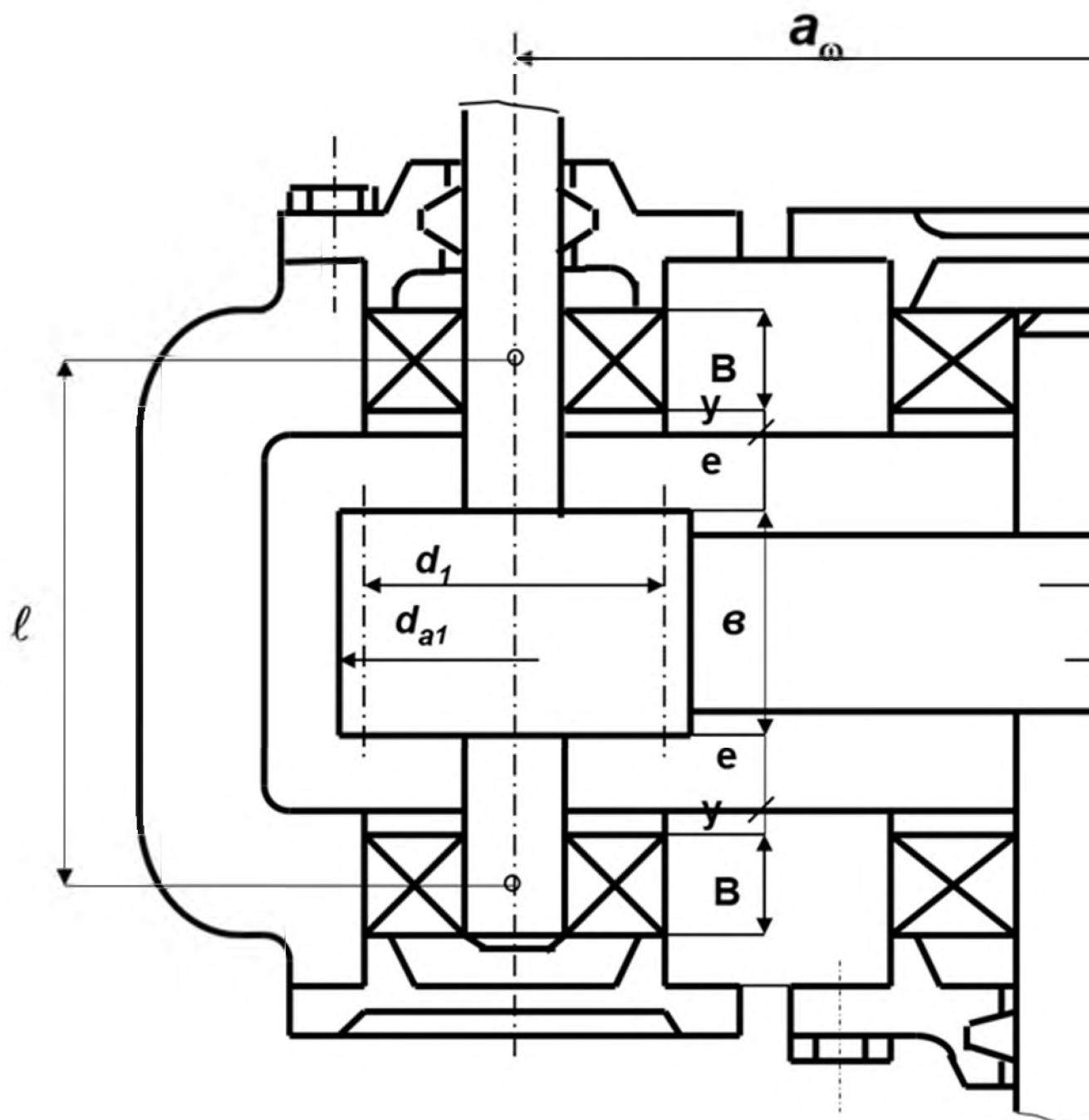
- де – M_1, M_2 , обертальні моменти на валах редуктора , Нм;
 – $[\tau]_K = 30$ МПа допустима дотична напруга кручення матеріалу валів;
 – $K = 1$ коефіцієнт навантаження.

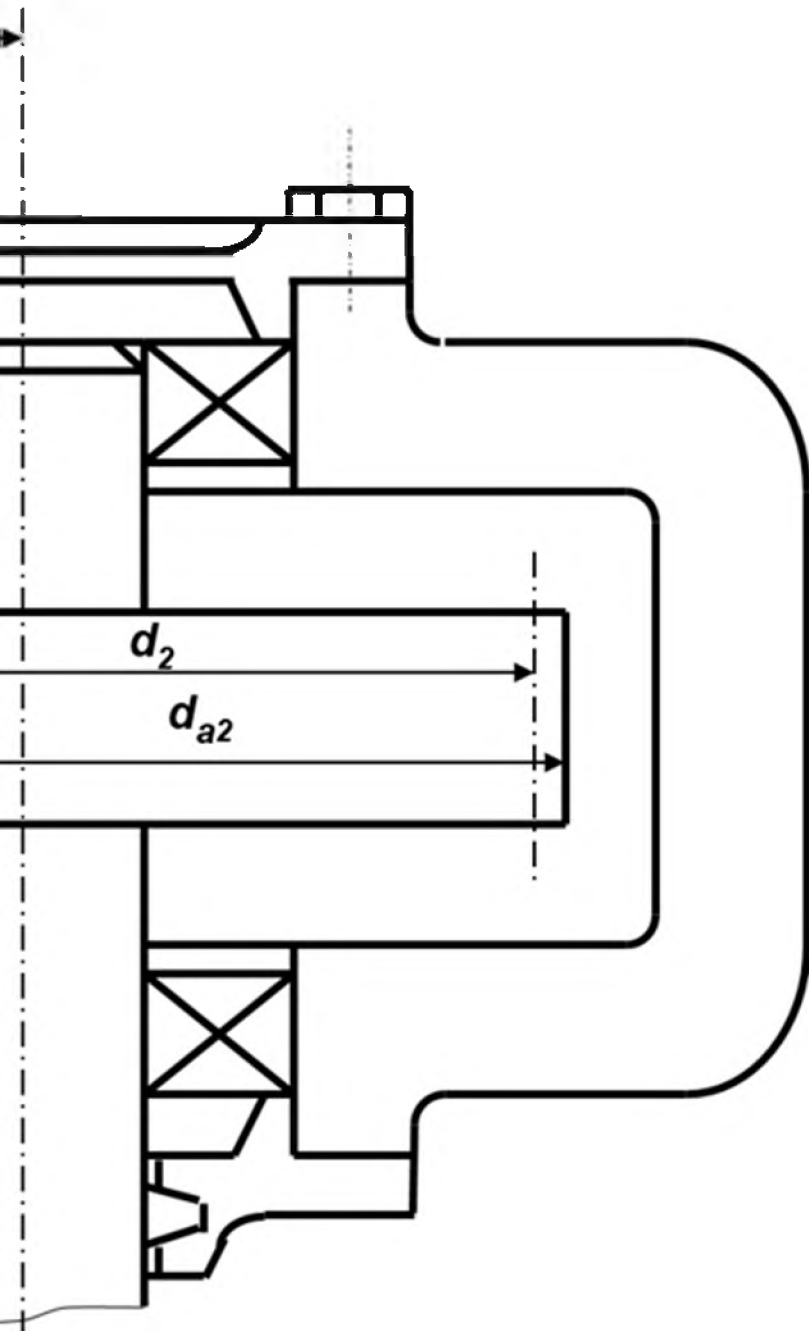
$$d_{e2} \geq \sqrt[3]{\frac{72,99 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,2 \cdot 30}} = 24 \text{ мм} \quad d_{e3} \geq \sqrt[3]{\frac{172,89 \cdot 10^3 \cdot 1}{0,2 \cdot 30}} = 32 \text{ мм}$$

Приймаємо: діаметри ведучого валу і веденого валу циліндричного шевронного редуктора $d_{e2} = 25$ мм $d_{e3} = 35$ мм

3.2 Виконуємо ескізну компоновку циліндричного шевронного редукто

					ПР.9.31	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		4





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПР.7.31

Арк.

5

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

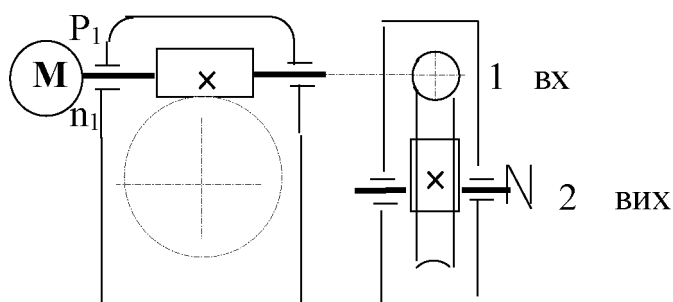
1 Кінематичний розрахунок приводу, що складається з електродвигуна потужністю $P_{ДВ}$, кВт, з частотою обертання $n_{ДВ}$, об/хв., редуктора з передаточним числом u_p . Визначити: передаточне число приводу; кутові швидкості валів; коефіцієнт корисної дії приводу; обертаючі моменти на валах.

Прийняти значення коефіцієнтів корисної дії:

підшипників кочення $\eta_{п.к.} = 0,99$;

черв'ячної передачі $\eta_{л.п.} = 0,8$.

Варіант	Схема	Потужність двигуна $P_{ДВ}$, кВт	Частота обертання вала двигуна $n_{ДВ}$, об/хв.	Передаточне число редуктора, u_p
31	3	0,35	970	25



1.1 Передаточне число приводу

$$u_{np} = u_{1-2} = u_p = 25$$

1.2 Кутові швидкості валів

Кутова швидкість на валу двигуна

$$\omega_{ДВ} = \omega_1 = \omega_{вх} = \frac{\pi \cdot n_{ДВ}}{30} = \frac{3,14 \cdot 970}{30} = 101,526 \frac{рад.}{сек}$$

Кутова швидкість на веденому валу черв'ячного редуктора

$$\omega_2 = \omega_{вих} = \frac{\omega_1}{u_{1-2}} = \frac{\omega_1}{u_p} = \frac{101,53}{25} = 4,06 \frac{рад.}{сек}$$

Перевірка передаточного числа приводу

$$u_{np} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega_{вх}}{\omega_{вих}} = \frac{101,526}{4,06} = 25$$

ПР.7.31								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектний розрахунок черв'ячної передачі редуктора приводу	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив							1	6
Перевірила						ККМГ ТНУ ім. Вернадського гр. Ел 21		
Н. контроль								
Затвердила								

1.3 Коефіцієнт корисної дії приводу

$$\eta_{np} = \eta_{1-2} = \eta_p = \eta_{ч.п.} \cdot \eta_{п.к.}^2 = 0,8 \cdot 0,99^2 = 0,78$$

1.4 Обертаючі моменти на валах

Обертаючий момент на валу двигуна

$$M_{дв} = M_1 = \frac{P_{дв}}{\omega_{дв}} = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{0,35 \cdot 10^3}{101,526} = 3,4 \text{ Нм}$$

Обертаючий момент на веденому валу черв'ячного колеса редуктора

$$M_2 = M_1 \cdot \eta_{1-2} \cdot u_{1-2} = M_1 \cdot \eta_p \cdot u_p = 3,4 \cdot 0,78 \cdot 25 = 67,2 \text{ Нм}$$

Результати кінематичного розрахунку приводу зводимо в таблицю.

Ступінь	Вал	Частота оберт n , об/хв.	Кутова швидкість ω , 1/с	Момент М , Нм
u ₁₋₂	1	970	101,526	3,4
Редуктор	2	38,79	4,06	67,2

2 Проектний розрахунок за даними першої задачі параметрів черв'ячної нереверсивної передачі редуктора приводу.

2.1 Визначаємо головний параметр – орієнтовну міжцентрову відстань

$$a_{\omega} = 307 \left(1 + \frac{z_2}{q} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K}{[\sigma]_H^2 \cdot \left(\frac{z_2}{q} \right)^2}}$$

де – M_2 , обертальний момент на валу черв'ячного колеса, Нм ;

– $z_2 = z_1 \cdot u_p = 2 \cdot 25 = 50$ число зубів колеса ($z_1 = (1 \div 4) = 2$ кількість заходів черв'яка);

– $q = 0,25 \cdot z_2 = 0,25 \cdot 50 = 12,5$ коефіцієнт ділильного діаметру черв'яка ;

Стандартні ряди коефіцієнту діаметру черв'яка

I ряд	6,3	8	10	12,5	16
q					
II ряд	7,1	9	11,2	14	18

– $K = 1,1 \div 1,5 = 1,3$ коефіцієнт навантаження.

– $[\sigma]_H = 250$ МПа середня допустима контактна напруга матеріалу БрО10Н1Ф1 черв'ячного колеса редуктора .

$$a_{\omega} = 307 \left(1 + \frac{50}{12,5} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{67,2 \cdot 1,3}{250^2 \cdot \left(\frac{50}{12,5} \right)^2}} = 70 \text{ мм}$$

					ПР.7.31	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

2.2 Визначаємо осьовий модуль черв'ячного зачеплення

$$m = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 70}{50 + 12,5} = 2,24 \text{ мм}$$

Стандартні ряди модулю черв'ячного зачеплення

І ряд	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16
II ряд	3	3,5	6	7	12	12	12	12	12

Приймаємо модуль черв'ячного зачеплення $m = 2,5$ мм

2.3 Уточнюється міжосьова відстань

$$a_{\omega} = \frac{m(z_2 + q)}{2} = \frac{2,5(50 + 12,5)}{2} = 78,125 \text{ мм}$$

2.4 Визначають основні геометричні параметри черв'яка і колеса:

Ділильний діаметр черв'яка $d_1 = q \cdot m = 12,5 \cdot 2,5 = 31,25$ мм

Діаметр виступів черв'яка $d_{a1} = d_1 + 2m = 31,25 + 2 \cdot 2,5 = 36,25$ мм

Діаметр западин черв'яка $d_{f1} = d_1 - 2,4m = 31,25 - 2,4 \cdot 2,5 = 25,25$ мм

Ділильний діаметр колеса $d_2 = z_2 \cdot m = 50 \cdot 2,5 = 125$ мм

Діаметр виступів колеса $d_{a2} = d_2 + 2m = 125 + 2 \cdot 2,5 = 130$ мм

Висота головки зубів $h_a = m = 2,5$ мм

Діаметр западин колеса $d_{f2} = d_2 - 2,4m = 125 - 2,4 \cdot 2,5 = 119$ мм

Висота ножки зубів $h_f = 1,2m = 3$ мм

Висота зубів $h = h_a + h_f = 2,5 + 3 = 5,5$ мм

Максимальний діаметр колеса

$$d_{aM2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 130 + \frac{6 \cdot 2,5}{2 + 2} = 133,35 \text{ мм}$$

2.4 Визначаємо довжину нарізаної частини черв'яка та ширину колеса

$$v_1 = (11 + 0,067 z_2) m = (11 + 0,067 \cdot 50) \cdot 2,5 = 35,875 \text{ мм}$$

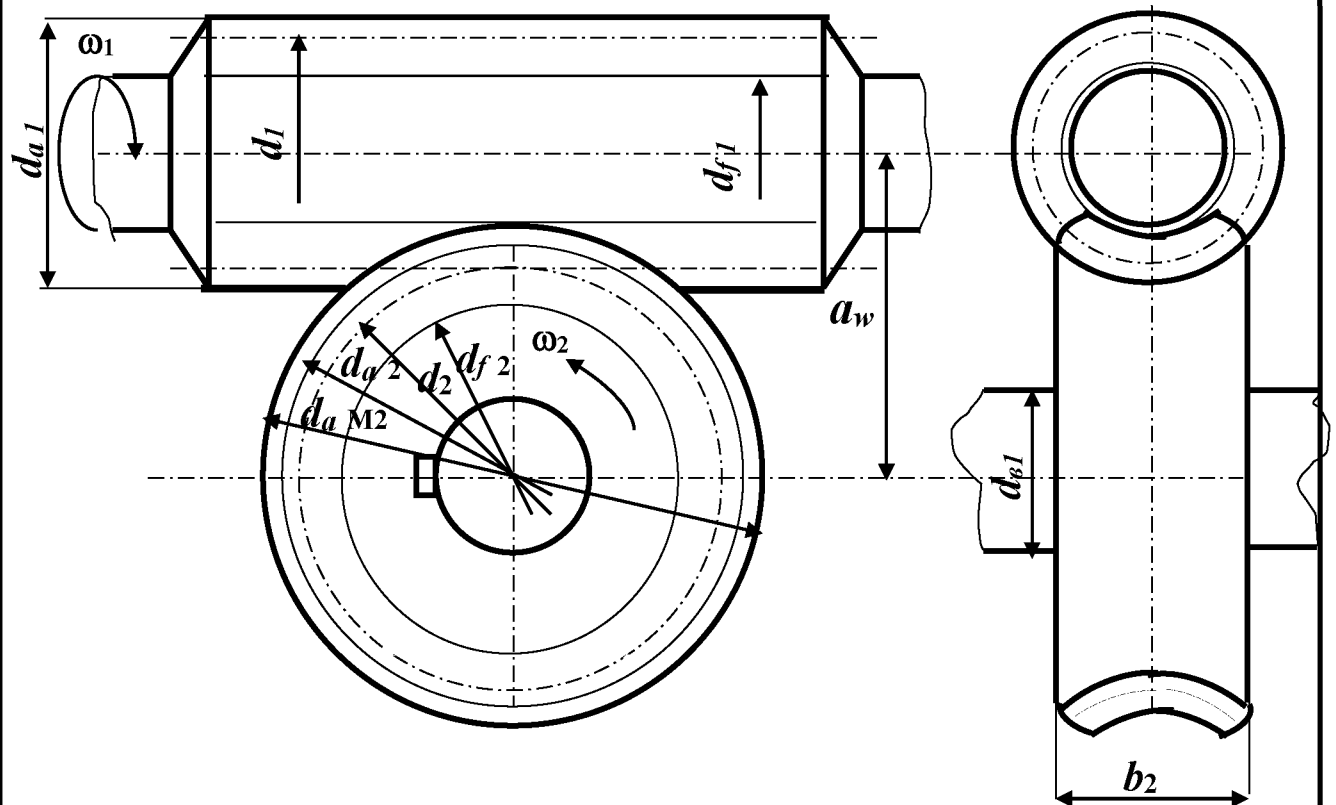
$$v_2 \leq 0,75 d_{a1} = 0,75 \cdot 36,25 = 27,1875 \text{ мм}$$

Приймаємо $v_1 = 40$ мм; $v_2 = 30$ мм

Результати розрахунку параметрів передачі зводимо в таблицю

a_{ω}	d_1	d_2	v_1	v_2	h_a	d_{a1}	d_{a2}	h_f	d_{f1}	d_{f2}	d_{aM2}
78,125	31,25	125	50	30	2,5	36,25	130	3	25,25	119	133,35

					ПР.7.31						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							3



3 За результатами першої і другої задач визначити розміри валів та виконати ескізу компоновку черв'ячного редуктора.

3.1 Визначаємо проектні розміри ділянок валів .

Діаметр ведучого та ведомого валів

$$d_{e1} = \sqrt[3]{\frac{M_1 \cdot K}{0,2 \cdot [\tau]_K}} \quad d_{e2} = \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K}{0,2 \cdot [\tau]_K}}$$

- де – M_1, M_2 , обертальні моменти на валах редуктора , Нм;
 – $[\tau]_K = 30$ МПа допустима дотична напруга кручення матеріалу валів;
 – $K = 1,3$ коефіцієнт навантаження.

$$d_{e1} \geq \sqrt[3]{\frac{3,4 \cdot 10^3 \cdot 1,3}{0,2 \cdot 30}} = 20 \text{ мм} \quad d_{e2} \geq \sqrt[3]{\frac{67,2 \cdot 10^3 \cdot 1,3}{0,2 \cdot 30}} = 25 \text{ мм}$$

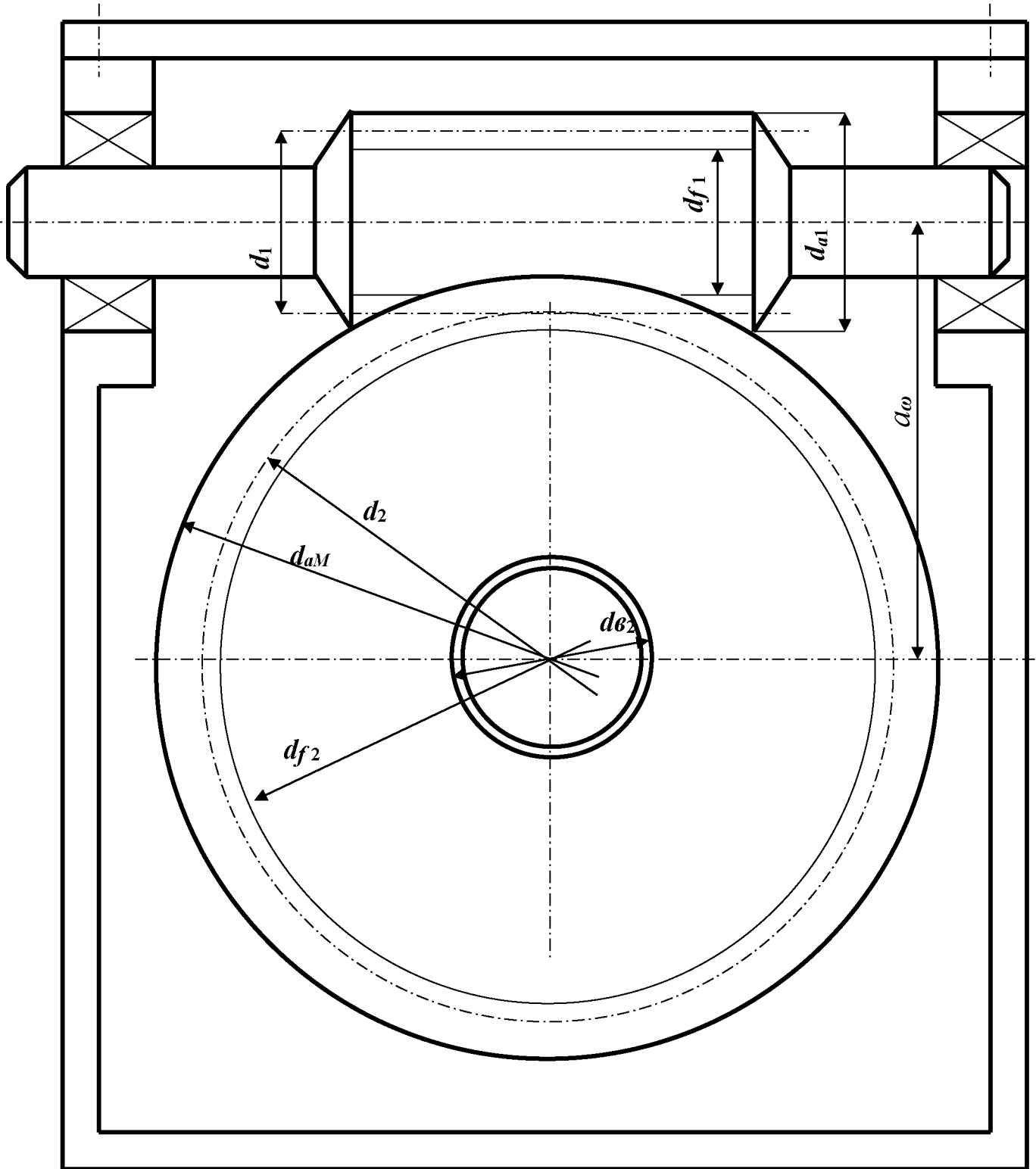
3.2 Виконуємо ескізу компоновку черв'ячного редуктора з верхнім розташуванням черв'яка.

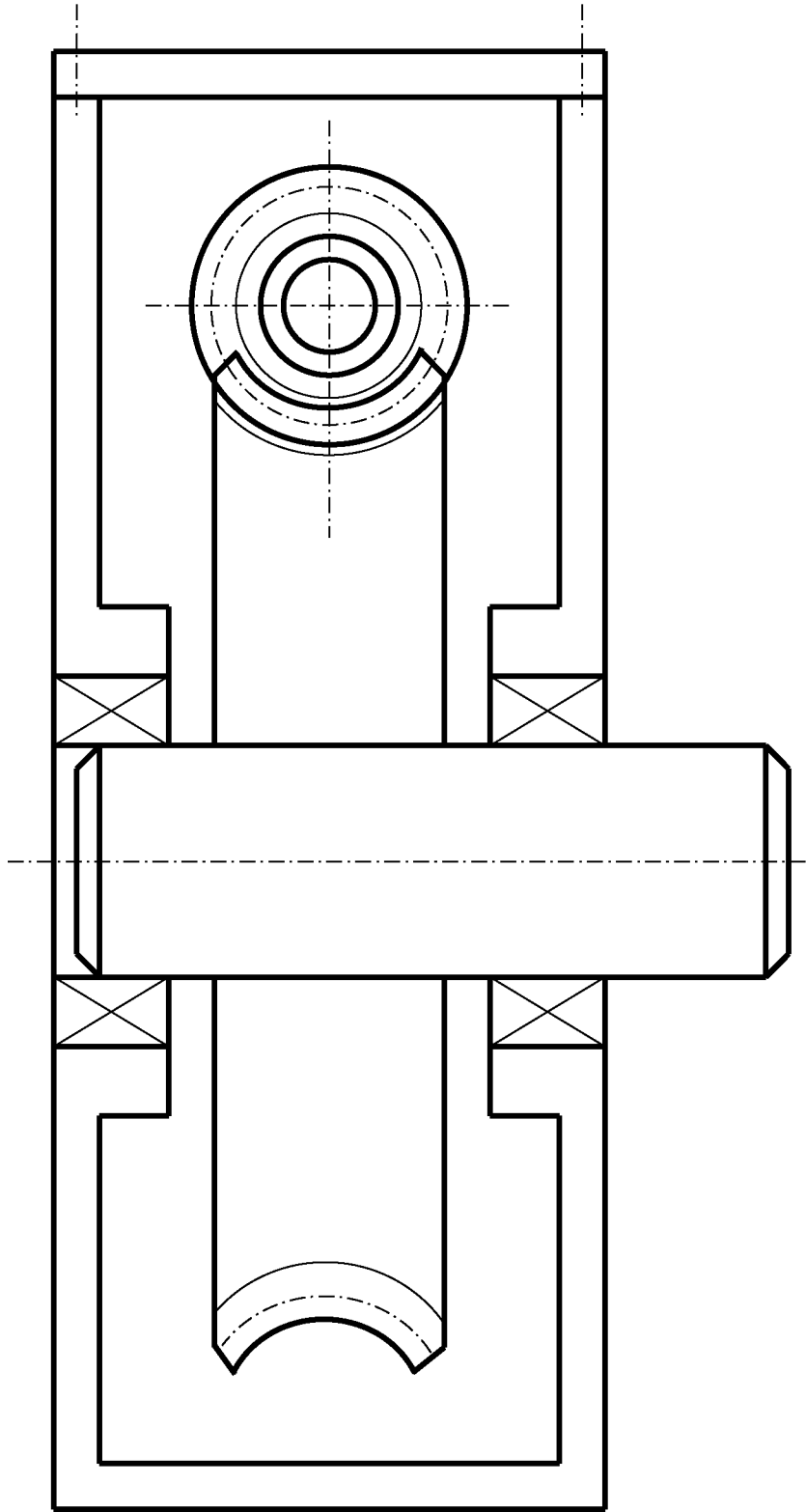
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПР.7.31

Арк.

4





Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПР.7.31

Арк.

5