

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 КІНЕМАТИЧНИЙ І СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ

1.1. Методичні вказівки до вирішення задач

Пристрій, що приводить в рух машину або механізм має назву приводу. В загальному вигляді привід включає в себе двигун і передавальний механізм, що включає в себе, як правило, механічні передачі. Передаточний механізм як інструмент зміни кінематичних і силових параметрів зазвичай представляють у вигляді кінематичної схеми послідовно або паралельно з'єднаних елементів (ланок).

Параметри обертального руху можна характеризувати набором кінематичних і енергетичних характеристик P_i , T_i , n_i (або ω_i) для кожного вала механізму.

У кожному передавальному механізмі розрізняють дві основних ланки: ведучу та ведену. Між ведучою і веденою ланками в багатоступеневих передачах розміщуються проміжні ланки. Колесо, яке ініціює рух, називається ведучим.

Розв'язувати задачі можна у наступному порядку.

1) Визначають передаточні відношення передач.

Передаточне відношення i – це відношення кутових швидкостей на ведучому і веденому колесах (валах) передачі. Крім цього передаточне відношення передачі можна визначити за формулою:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}. \quad (10.1)$$

2) Обчислюють частоту обертання і кутову швидкість на всіх валах приводу. Знаючи передаточне відношення і спираючись на (10.1), можна обчислити кутову швидкість:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i}, \quad (10.2)$$

і так для кожного вала приводу.

Кутову швидкість ω , рад/с, не завжди зручно використовувати як характеристику швидкості обертального руху. У багатьох каталогах і рекомендаціях для цього застосовують частоту обертання n , об/хв. Кутова швидкість і частота обертання пов'язані співвідношенням:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}. \quad (10.3)$$

3) Обчислюють потужність на валах приводу. Потужність обертального руху P , Вт, зменшується пропорційно ККД механічних пристроїв, що служать для передачі руху з валу на вал.

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_n, \quad (10.4)$$

тут η_1 – ККД передачі; η_n – ККД пари підшипників (опор) вала.

Для розрахунків можна прийняти наступні значення ККД:

– для пари циліндричних коліс $\eta_{ц} = 0,97$;

– для пари конічних коліс $\eta_{к} = 0,95$;

– для черв'ячної передачі при одно-, дво- та чотирьох заходного черв'яка – відповідно $\eta_{ч} = 0,7; 0,75; 0,8$;

– для пари підшипників кочення $\eta_{п} = 0,99$.

4) Визначають величину крутного моменту на валах приводу – момент обертання T , Нм. Якщо потужність P виражається в кіловатах (кВт), то:

$$T = \frac{P \cdot 10^3}{\omega}, \quad (10.5)$$

або

$$T = 9550 \frac{P}{n}, \quad (10.6)$$

5) Визначають загальний ККД та загальне передаточне відношення приводу.

Передаточне відношення кінематичного ланцюга, що складається з N послідовно встановлених пар, дорівнює добутку передаточних відношень цих пар:

$$u = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \cdot \dots \cdot u_N. \quad (10.7)$$

Загальний ККД приводу при послідовному з'єднанні механізмів і пристроїв також визначається добутком:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \dots \cdot \eta_N. \quad (10.8)$$

1.2. Приклад розв'язування задач

Визначити передаточне відношення між вхідними та вихідними ланками і кожної передачі окремо, кутову швидкість, число обертів, потужність і крутний момент кожного вала загальний коефіцієнт корисної дії двоступінчастої передачі (рисунок 10.1).

Числа зубів коліс відповідних передач: $z_1 = 20$; $z_2 = 100$; $z_3 = 24$; $z_4 = 96$; ККД: $\eta_{ц} = 0,97$; $\eta_{п} = 0,99$; корисна потужність, що підводиться до першого вала $P = 10$ кВт; швидкість обертання першого вала $\omega_1 = 100$ с⁻¹.

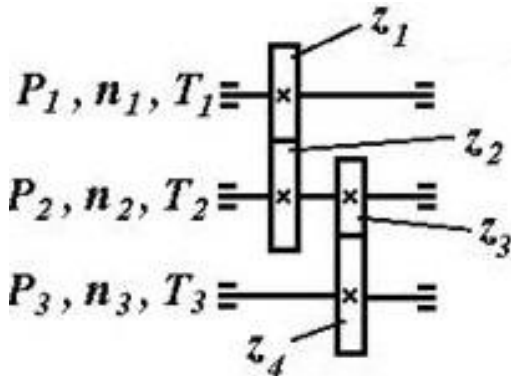


Рисунок 10.1. Двоступінчаста передача

Рішення

1. Передаточні відношення передач за формулою (10.1):

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{100}{20} = 5; \quad u = \frac{z_4}{z_3} = \frac{96}{24} = 4,$$

тоді загальне передаточне відношення двоступінчастої передачі згідно з формулою (10.7)

$$u = u_1 \cdot u_2 = 5 \cdot 4 = 20.$$

2. Визначаємо кутові швидкості і частоти обертання валів за формулами (10.2) і (10.3):

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\omega_1}{u} = \frac{100}{5} = 20 \text{ с}^{-1}; \\ \omega &= \frac{u \omega_2}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ с}^{-1}; \\ n &= \frac{30 \cdot \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 100}{\pi} = 955,414 \text{ об/хв}; \\ n &= \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 25}{\pi} = 232,08 \text{ об/хв}; \\ n &= \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 45}{\pi} = 424,77 \text{ об/хв}. \end{aligned}$$

3. Потужності на валах механізму згідно з формулою (10.4):

$$\begin{aligned} P_1 &= 10 \cdot \eta_{\pi} = 10 \cdot 0,99 = 9,9 \text{ кВт}; \\ P_2 &= P_1 \cdot \eta_{\psi} \cdot \eta_{\pi} = 9,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 9,507 \text{ кВт}; \\ P_3 &= P_2 \cdot \eta_{\psi} \cdot \eta_{\pi} = 9,507 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 9,13 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

4. Моменти на валах механізму по (10.5) або (10.6):

$$\begin{aligned} T &= \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{9,9 \cdot 10^3}{100} = 99 \text{ Нм}; \\ T &= \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{9,507 \cdot 10^3}{25} = 380,28 \text{ Нм}; \\ T &= \frac{\omega_2 P_3}{\omega_3} = \frac{25 \cdot 9,13 \cdot 10^3}{45} = 507,22 \text{ Нм}. \end{aligned}$$

5. Загальний ККД механізму згідно з формулою (10.8):

$$\eta = 3\eta_{\pi} \cdot 2\eta_{\psi} = 3 \cdot 0,99 \cdot 2 \cdot 0,97 = 0,913.$$

1.3. Завдання для самостійної роботи

У задачах задані параметри ведучого колеса (або вала).

На рис. 10.2–10.5 показані схеми механічних передач. Вихідні дані для розрахунку вказані у відповідних таблицях 10.1–10.4.

Корисна потужність, що підводиться до першого валу P , швидкість обертання першого вала ω_1 .

Визначити:

- передаточне відношення між вхідними та вихідними ланками і кожної передачі окремо;
- кутову швидкість, число обертів, потужність і крутний момент кожного вала;
- загальний ККД передачі.

Задача № 1

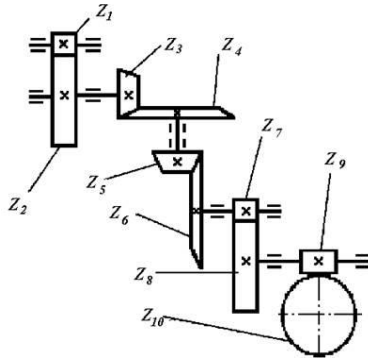


Рисунок 10.2

Таблица 10.1

Вихідні дані для задачі № 1

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	20	18	22	20	16	14	18	22	16	14
z_2	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
z_3	22	20	18	16	15	14	16	18	20	22
z_4	66	80	36	90	45	56	57	90	20	55
z_5	21	22	25	24	16	20	18	15	17	22
z_6	42	55	78	96	54	50	56	45	54	55
z_7	20	24	25	20	25	16	22	18	15	17
z_8	60	60	50	60	100	50	99	64	34	85
z_9	1	2	2	4	1	2	2	4	1	2
z_{10}	28	58	90	100	28	45	60	112	26	40
ω_1, c^{-1}	100	350	200	150	250	300	400	450	500	550
$P, кВт$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Задача № 2

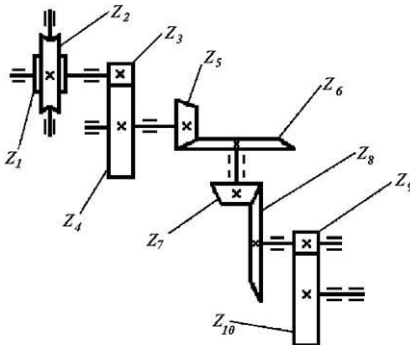


Рисунок 10.3

Вихідні дані для задачі № 2

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	1	2	1	4	1	2	1	4	2	4
z_2	28	32	30	112	24	56	35	120	60	100
z_3	20	22	18	18	15	16	18	20	22	20
z_4	60	66	90	36	45	56	54	90	44	50
z_5	20	25	22	20	18	22	15	17	18	20
z_6	42	75	110	60	54	66	60	34	54	90
z_7	22	20	20	24	22	18	25	17	16	15
z_8	60	60	50	48	110	54	100	68	32	75
z_9	25	15	17	20	22	15	20	24	20	17
z_{10}	100	60	107	36	99	30	56	76	112	31
ω_1, c^{-1}	200	150	300	350	250	100	300	150	200	250
$P, кВт$	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5

Задача № 3

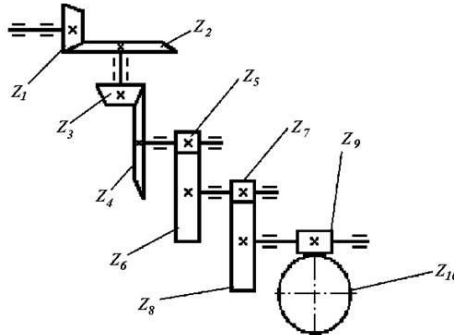


Рисунок 10.4

Вихідні дані для задачі № 3

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	19	17	20	21	18	22	24	16	15	19
z_2	38	34	30	105	81	70	108	80	60	92
z_3	22	22	18	18	16	16	20	20	20	22
z_4	22	88	54	36	48	96	20	90	40	66
z_5	22	17	20	17	21	18	19	16	18	25
z_6	55	85	100	34	63	57	51	48	54	90
z_7	22	20	20	24	22	18	25	17	16	15
z_8	70	60	50	48	110	54	100	68	32	75
z_9	1	2	1	4	1	2	1	4	2	4
z_{10}	40	50	30	64	28	38	50	80	44	120
ω_1, c^{-1}	100	350	200	550	450	200	100	450	500	350
$P, кВт$	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5

Задача № 4

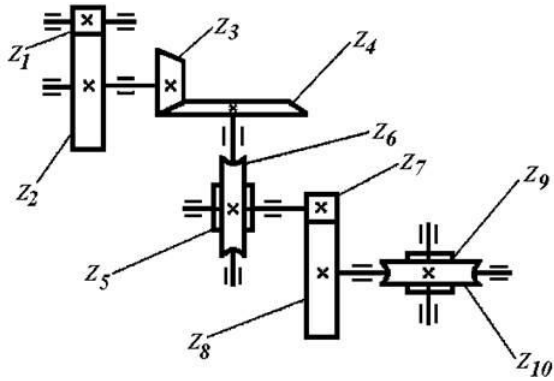


Рисунок 10.5

Таблиця 10.4

Вихідні дані для задачі № 4

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_1	25	15	17	20	22	15	20	24	20	17
z_2	25	30	34	110	22	45	30	120	60	68
z_3	20	22	18	18	15	16	18	20	22	20
z_4	60	66	90	36	45	56	54	90	44	50
z_5	1	2	1	4	1	2	1	4	2	4
z_6	22	75	25	100	24	66	25	134	54	90
z_7	22	20	20	24	22	18	25	17	16	15
z_8	60	60	50	48	110	54	100	68	32	75
z_9	1	2	1	4	1	2	1	4	2	4
z_{10}	20	60	27	136	28	40	28	76	62	132
ω_1, c^{-1}	240	320	400	280	350	300	150	200	250	180
$P, кВт$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	4,0	5,0	5,5