

На ступінчастому валу жорстко закріплено чотири шестерні. Ведуча шестерня надає валу обертальний момент $M_1=1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Другі шестерні передають обертальні моменти на вали, паралельні, першому: $M_2=400 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_3=600 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $M_4=200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Потрібно побудувати епюру крутних моментів, визначити діаметри ступенів валу і повний кут закручування із побудовою епюри кутів повороту відносно лівого торця валу.

Допустиме напруження $[\tau_k]=32 \text{ МН}/\text{м}^2$, $l_1=120 \text{ мм}$, $l_2=180 \text{ мм}$, $l_3=100 \text{ мм}$.

Розв'язок. Для побудови епюр крутних моментів визначимо величину крутних моментів на кожній ділянці валу. Для цього скористаємося правилом: крутний момент на будь-якій ділянці валу чисельно повинен бути рівний алгебраїчній сумі зовнішніх моментів, що діють по один бік від вибраного перетину. Розглянемо дію зовнішніх моментів зліва від перетину. Так в перетині 1-1 $M_{к1}=M_1=1200 \text{ Н}\cdot\text{м}$; в перетині 2-2 $M_{к2}=M_1-M_2=1200-400=800 \text{ Н}\cdot\text{м}$, в перетині 3-3 $M_{к3}=M_1-M_2-M_3=1200-400-600=200 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Епюра крутних моментів для валу показана на схемі.

Діаметр валу на кожній ділянці визначаємо по формулі:

$$d \geq 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_k}{[\tau_k]}}, \text{ м}$$

Діаметр валу на першій ділянці

$$d_1 = 1,72 \sqrt[3]{\frac{1200}{32 \cdot 10^6}} = 5,76 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \text{ приймаємо } d_1 = 58 \text{ мм.}$$

на другій

$$d_2 = 1,72 \sqrt[3]{\frac{800}{32 \cdot 10^6}} = 5,04 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \text{ приймаємо } d_2 = 50 \text{ мм.}$$

на третій

$$d_3 = 1,72 \sqrt[3]{\frac{200}{32 \cdot 10^6}} = 3,18 \cdot 10^{-2} \text{ м}; \text{ приймаємо } d_3 = 32 \text{ мм.}$$

Для визначення повного кута закручування валу попередньо обчислимо полярні моменти інерції окремих перетинів валу:

$$J_{p1} = \frac{\pi d_1^4}{32} = \frac{\pi}{32} (5,8 \cdot 10^{-2})^4 = 110 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$J_{p2} = \frac{\pi d_2^4}{32} = \frac{\pi}{32} (5 \cdot 10^{-2})^4 = 61,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$J_{p3} = \frac{\pi d_3^4}{32} = \frac{\pi}{32} (3,2 \cdot 10^{-2})^4 = 10,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Кути закручування відповідних ділянок валу:

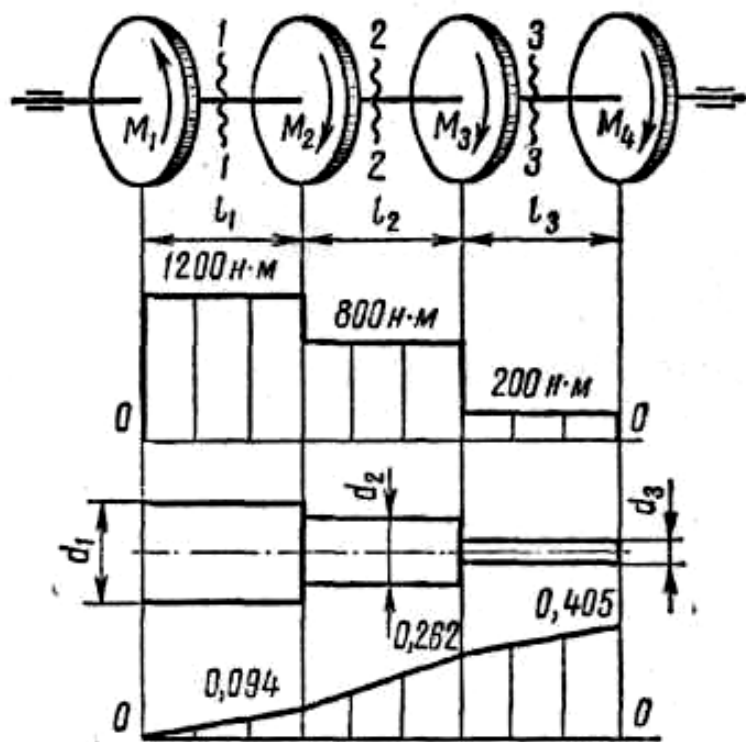
$$\varphi_{AB}^\circ = \frac{M_{к1} l_1}{G J_{p1}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{1200 \cdot 12 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{10} \cdot 110 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,094^\circ$$

$$\varphi_{BC}^\circ = \frac{M_{к2} l_2}{G J_{p2}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{800 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{10} \cdot 61,5 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,168^\circ$$

$$\varphi_{CD}^\circ = \frac{M_{к3} l_3}{G J_{p3}} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{200 \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{10} \cdot 10,2 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,143^\circ$$

Будуємо згідно цих даних епюру відносних кутів повороту перетинів.

Повний кут закручування валу.



Індивідуальні завдання

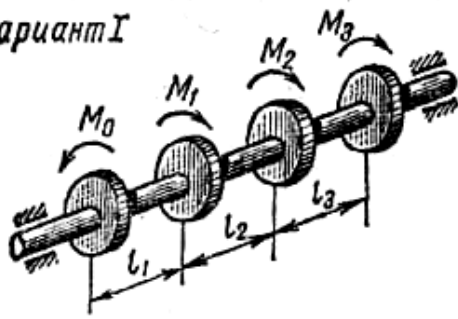
Для однієї із схем по варіанту згідно таблиці 1, побудувати епюру обертальних моментів, визначити діаметр вала на кожній ділянці і побудувати епюру кутів повороту перетинів вала.

Вказівки.

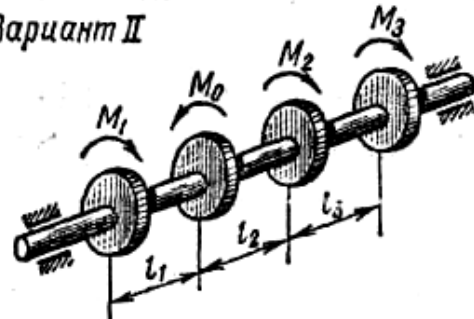
1. При побудові епюри крутних моментів прийняти, що $M_0=M_1+M_2+M_3$ або $N_0=N_1+N_2+N_3$.
2. Отримане по розрахунку значення діаметра вала округлити до ближнього більшого (мм), що закінчується на 0,2,5,8.

№ схеми	Варіант	Відстань, м			Крутні моменти, Н·м			Потужність, кВт			Кутова швидкість		Допустиме напруження кручення МПа
		l ₁	l ₂	l ₃	M ₁	M ₂	M ₃	P ₁	P ₂	P ₃	рад/с	об/хв	
I	1.	0,4	0,1	0,7	300	400	220	-	-	-	-	-	25
	2.	0,5	0,2	0,6	-	-	-	2,0	3,5	2,8	25	238	28
	3.	0,6	0,3	0,5	320	380	250	-	-	-	-	-	30
II	4.	0,1	0,4	0,4	-	-	-	2,5	3,2	3,0	30	286	32
	5.	0,2	0,5	0,3	350	350	280	-	-	-	-	-	35
	6.	0,3	0,6	0,8	-	-	-	2,8	3,0	3,5	35	334	40
III	7.	0,4	0,6	0,7	380	320	300	-	-	-	-	-	25
	8.	0,5	0,5	0,6	-	-	-	3,0	2,8	2,2	40	382	28
	9.	0,6	0,4	0,5	400	300	320	-	-	-	-	-	30
IV	10.	0,1	0,3	0,4	-	-	-	3,2	2,5	2,5	26	248	32
	11.	0,2	0,2	0,7	420	280	350	-	-	-	-	-	35
	12.	0,3	0,1	0,6	-	-	-	3,5	2,0	2,8	28	267	40
V	13.	0,4	0,2	0,5	450	200	380	-	-	-	-	-	25
	14.	0,5	0,3	0,4	-	-	-	4,0	2,0	3,2	30	286	28
	15.	0,6	0,4	0,3	300	400	220	-	-	-	-	-	30
VI	16.	0,2	0,5	0,7	-	-	-	4,2	2,2	3,0	35	334	32
	17.	0,3	0,6	0,5	320	380	250	-	-	-	-	-	35
	18.	0,4	0,7	0,4	-	-	-	4,5	2,5	3,5	40	382	40
VII	19.	0,6	0,2	0,3	350	320	280	-	-	-	-	-	25
	20.	0,6	0,3	0,7	-	-	-	2,0	2,8	2,2	45	430	28
	21.	0,1	0,4	0,6	380	350	300	-	-	-	-	-	30
VIII	22.	0,2	0,5	0,5	-	-	-	2,5	3,0	2,5	50	477	32
	23.	0,3	0,6	0,4	400	380	220	-	-	-	-	-	35
	24.	0,4	0,7	0,6	-	-	-	2,8	3,2	2,6	60	572	40
IX	25.	0,5	0,7	0,5	420	400	250	-	-	-	-	-	25
	26.	0,6	0,6	0,4	-	-	-	3,0	3,5	2,8	70	667	28
	27.	0,1	0,5	0,6	300	220	280	-	-	-	-	-	30
X	28.	0,2	0,4	0,5	-	-	-	3,2	2,0	2,6	80	765	32
	29.	0,3	0,3	0,4	320	280	300	-	-	-	-	-	35
	30.	0,4	0,2	0,3	-	-	-	3,5	2,5	2,8	50	477	40

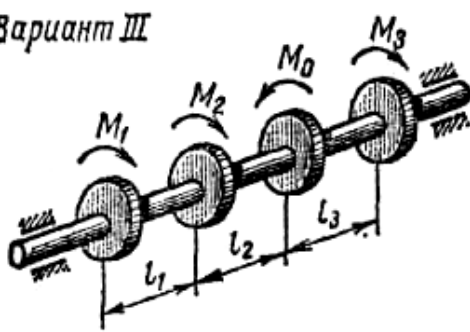
Вариант I



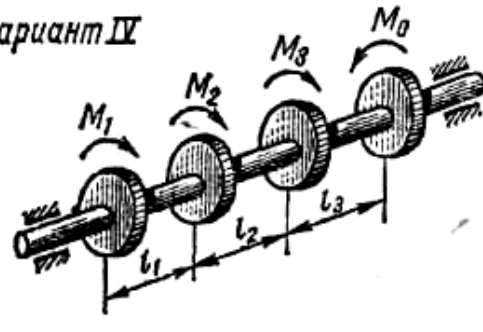
Вариант II



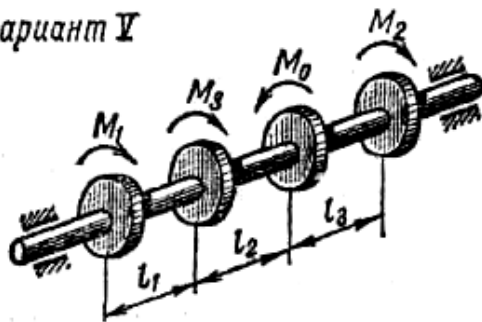
Вариант III



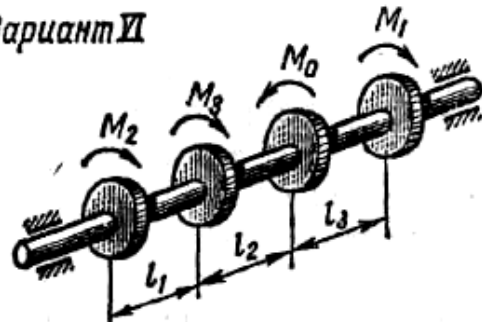
Вариант IV



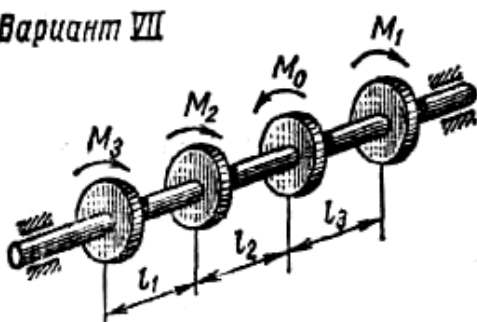
Вариант V



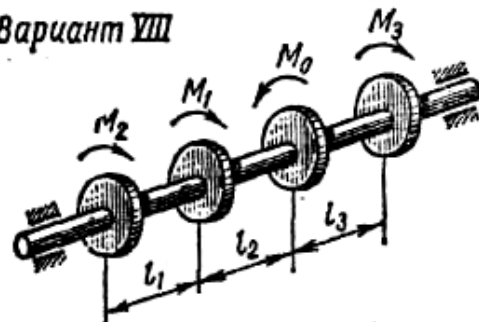
Вариант VI



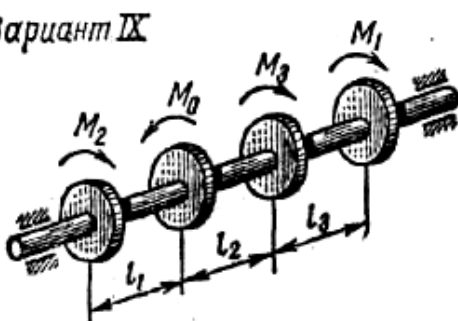
Вариант VII



Вариант VIII



Вариант IX



Вариант X

