

Дад: $z_4 := 15$ $z_5 := 30$ $n_{cp} := 2000 \text{ min}^{-1}$

$n_N := 1800 \text{ min}^{-1}$ $p_{max} := 4.0 \text{ Мра}$

Мощности на двигателя и работната машина

Средна мощност и момент на позиционните сили

От заданието: $r := 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $\lambda := 0.28$ $\mu := 1.9$ $\nu := 1.0$ $\eta_{\Pi} := 0.76$

$f := 353.2 \text{ mm}^2$ $\eta_{3M} := 0.98$ $D := \mu \cdot r$ $D = 0.095 \text{ m}$ $\omega_{cp} := \pi \cdot \frac{n_{cp}}{30}$ $\omega_{cp} = 209.44$

$K_S := \frac{2 \cdot r}{20}$ $K_S = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{mm}}$ $K_P := \frac{p_{max} \cdot 10^6}{26}$ $K_P = 1.538 \times 10^5 \frac{\text{Pa}}{\text{mm}}$

$P_{\Pi c} := \left(\frac{2f \cdot K_P \cdot K_S}{\eta_{\Pi}} \right) \cdot \left(\pi \cdot \frac{D^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{n_{cp}}{60} \right)$ $P_{\Pi c} = 1.689 \times 10^5 \text{ W}$

$M_{\Pi c} := \frac{P_{\Pi c}}{\omega_{cp}}$ $M_{\Pi c} = 806.587$

Мощност на кинематичните сили

$P_{Kc} := \frac{P_{\Pi c}}{\eta_{\Pi} \cdot \eta_{3M}}$ $P_{Kc} = 2.268 \times 10^5 \text{ W}$

Номинален момент и характеристика на кинематичните сили

$M_N := \frac{P_{Kc} \cdot 30}{\pi \cdot n_N}$ $M_N = 1.203 \times 10^3 \text{ Nm}$ $M_K = a + b \cdot \omega^2$

$a := 1.5M_N$ $a = 1.805 \times 10^3 \text{ Nm}$ $b := \frac{(M_N - a) \cdot 30}{\pi \cdot n_N}$ $b = -3.192 \text{ Nms}$

$M_K(\omega) := 613.732 - 1.954 \cdot \omega \text{ [Nm]}$

Масови параметри на звената

Масови параметри на мотовилката

$d := \nu \cdot r$ $\rho := 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ $I := \frac{r}{\lambda}$ $I = 0.179 \text{ m}$

Голяма глава: масата се определя от

$M_1 := \rho \cdot \pi d^2 \cdot d$ $M_1 = 3.083 \text{ kg}$

$m_1 := \rho \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot d$ $m_1 = 0.771 \text{ kg}$

масовия център се определя от

$$x_{S1} := d \quad x_{S1} = 0.05 \quad \text{m}$$

масовия инерционен момент се определя от

$$J_{S1} := \frac{M_1 \cdot d^2 - m_1 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2} \quad J_{S1} = 3.613 \times 10^{-3} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Стебло:

$$M_2 := \rho \cdot \pi \cdot \frac{(0.8 \cdot d^2) \cdot (l - 1.55 \cdot d)}{4} \quad M_2 = 1.246 \quad \text{kg}$$

$$m_2 := \rho \cdot \pi \cdot \frac{(0.6 \cdot d^2) \cdot (l - 1.55 \cdot d)}{4} \quad m_2 = 0.935 \quad \text{kg}$$

$$x_{S2} := 2 \cdot d + \frac{l - 1.55d}{2} \quad x_{S2} = 0.151 \quad \text{m}$$

$$J_{S2} := \frac{M_2 \cdot \left[3 \cdot \left(0.8 \cdot \frac{d}{2}\right)^2 + (l - 1.55 \cdot d)^2\right]}{12} - \frac{m_2 \cdot \left[3 \cdot \left(0.6 \cdot \frac{d}{2}\right)^2 + (l - 1.55 \cdot d)^2\right]}{12}$$

$$J_{S2} = 3.373 \times 10^{-4} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

малка

глава:

$$M_3 := \rho \cdot \pi \cdot (0.55 \cdot d)^2 \cdot d \quad M_3 = 0.933 \quad \text{kg}$$

$$m_3 := \rho \cdot \pi \cdot (0.3 \cdot d)^2 \cdot d \quad m_3 = 0.277 \quad \text{kg}$$

$$x_{S3} := l + d \quad x_{S3} = 0.229 \quad \text{m}$$

$$J_{S3} := \frac{M_3 \cdot (0.55 \cdot d)^2 - m_1 \cdot (0.33d)^2}{2} \quad J_{S3} = 2.477 \times 10^{-4} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Маса на мотовилката

$$m_M := (M_1 - m_1) + (M_2 - m_2) + (M_3 + m_3) \quad m_M = 3.834 \quad \text{kg}$$

Масов център на мототилката

$$x_S := \frac{(M_1 - m_1) \cdot x_{S1} + (M_2 - m_2) \cdot x_{S2} + (M_3 - m_3) \cdot x_{S3}}{m_M} \quad x_S = 0.081 \quad \text{m}$$

Масов инерционен момент на мототилката

$$J_M := J_{S1} + (x_S - x_{S1})^2 \cdot (M_1 - m_1) + J_{S2} + (x_S - x_{S2})^2 \cdot (M_2 - m_2) +$$

$$+ [J_{S3} + (x_S - x_{S3})^2 \cdot (M_3 - m_3)]$$

$$J_M := J_{S1} + (x_S - x_{S1})^2 \cdot (M_1 - m_1) + J_{S2} + (x_S - x_{S2})^2 \cdot (M_2 - m_2) + J_{S3} + (x_S - x_{S3})^2 \cdot (M_3 - m_3)$$

$$J_M = 0.022 \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Двучочков модел на мототилката

$$m_{MA} := \frac{m_M \cdot (x_{S3} - x_S)}{x_{S3} - x_{S1}} \quad m_{MA} = 3.158 \quad \text{kg} \quad a := x_S - d \quad a = 0.031 \quad \text{m}$$

$$m_{MB} := m_M \cdot \frac{x_S - x_{S1}}{x_{S3} - x_{S1}} \quad m_{MB} = 0.675 \quad \text{kg} \quad b := l - a \quad b = 0.147 \quad \text{m}$$

Маса на буталото

$$m_b := 0.95 \cdot m_M \quad m_b = 3.642 \quad \text{kg}$$

Масов инерционен момент на колянвия вал на буталната машина

$$J_{KB} := 0.45 \cdot \mu \cdot v^2 \cdot (10 \cdot r)^5 \quad J_{KB} = 0.027 \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Масов инерционен момент на ротора на роторната машина

$$J_R := 1.45 \cdot 10^{-6} \cdot M_N \cdot \left(\sqrt[3]{M_N}\right)^2 \quad J_R = 0.197 \quad \text{Kg} \cdot \text{m}^2$$

Приведен инерционен момент на агрегата към колянвия вал

$$\omega_R := \pi \cdot \frac{n_N}{30} \quad \omega_4 := \omega_R \quad \omega_k := \pi \cdot \frac{n_{cp}}{30} \quad \omega_5 := \omega_k \quad v_A := \omega_k \cdot r \quad \frac{\omega_5}{\omega_k} = 1$$

$$J_r := J_R \cdot \left(\frac{\omega_R}{\omega_k}\right)^2 + J_4 \cdot \left(\frac{\omega_4}{\omega_k}\right)^2 + J_5 \cdot \left(\frac{\omega_5}{\omega_k}\right)^2 + J_{KB} \cdot \left(\frac{\omega_k}{\omega_k}\right)^2 + m_{MA} \cdot \left(\frac{v_A}{\omega_k}\right)^2 +$$

$$+ (m_{MB} + m_b) \cdot \left(\frac{v_b}{\omega_k}\right)^2 \quad \frac{\omega_R}{\omega_k} = 0.9 \quad \frac{\omega_4}{\omega_k} = 0.9 \quad \frac{v_b}{\omega_k} = r \cdot \left(\sin \alpha + \frac{\lambda \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{2}\right)$$

$$J_4 := 0.0001 \cdot z_4 \quad J_4 = 1.5 \times 10^{-3} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_5 := 0.0001 \cdot z_5 \quad J_5 = 3 \times 10^{-3} \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Постоянна част на приведения масов инерционен момент

$$J_C := J_R \cdot \left(\frac{\omega_R}{\omega_K} \right)^2 + J_4 \cdot \left(\frac{\omega_4}{\omega_K} \right)^2 + J_5 \cdot \left(\frac{\omega_5}{\omega_K} \right)^2 + J_{KB} \cdot \left(\frac{\omega_K}{\omega_K} \right)^2 + m_{MA} \cdot \left(\frac{v_A}{\omega_K} \right)^2$$

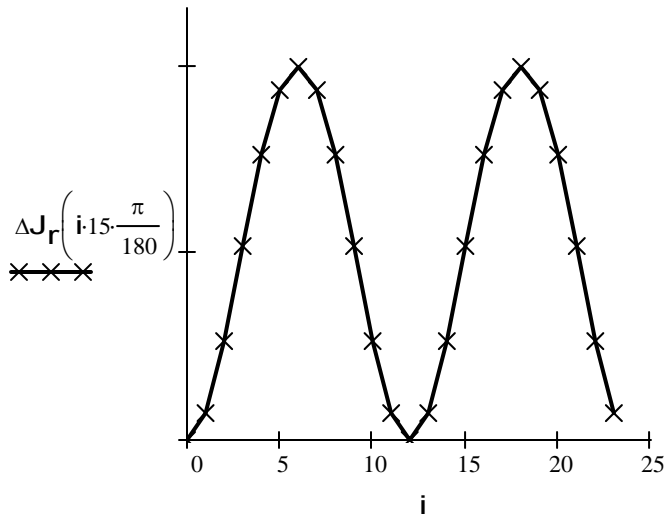
$$J_C = 0.199 \quad \text{kg} \cdot \text{m}^2$$

Променлива част на масовия инерционен момент

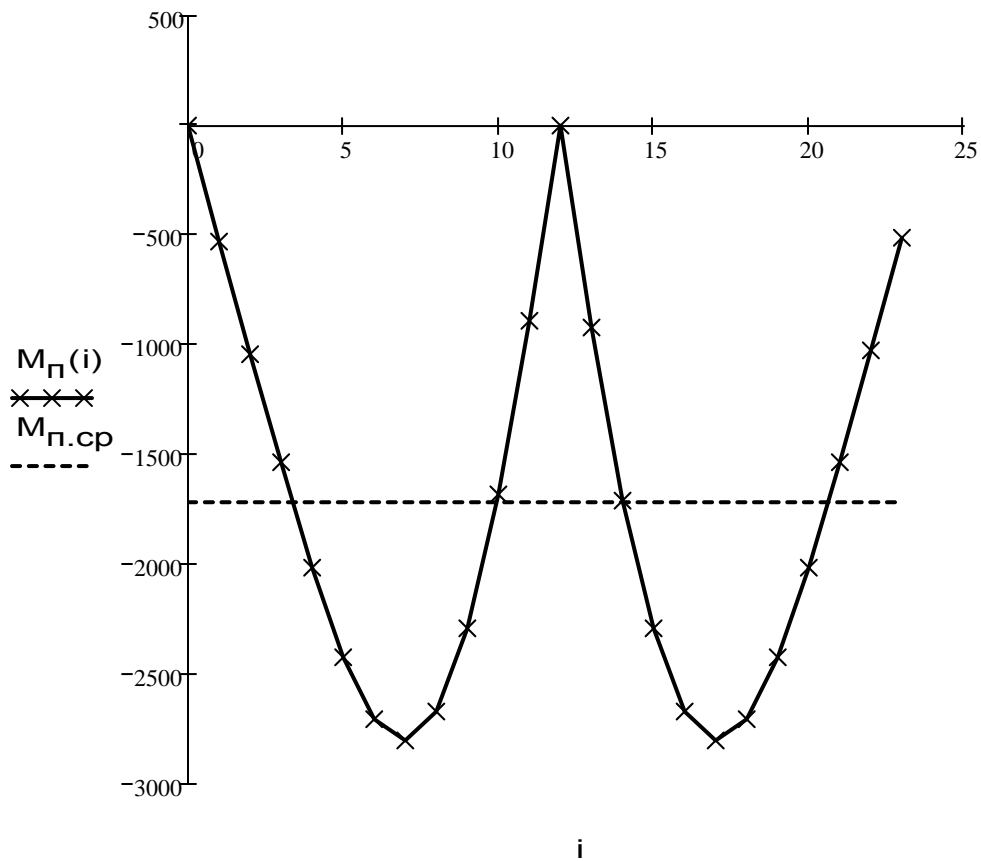
$$\Delta J(\alpha) := (m_{MB} + m_{\sigma}) \cdot r^2 \cdot \left(\sin(\alpha) - \frac{\lambda \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{2} \right)^2$$

$$\Delta J_r(\alpha) := \Delta J(\alpha) + \Delta J(\alpha + \pi) \quad i := 0 .. 23$$

$$\Delta J_r \left(i \cdot 15 \cdot \frac{\pi}{180} \right) = [\text{kg m}^2]$$



0
1.552·10 ⁻³
5.714·10 ⁻³
0.011
0.017
0.02
0.022
0.02
0.017
0.011
5.714·10 ⁻³
1.552·10 ⁻³
0
1.552·10 ⁻³
5.714·10 ⁻³
0.011
0.017
0.02
0.022
0.02
0.017
0.011
5.714·10 ⁻³
1.552·10 ⁻³



Характеристики на установения режим: момент на инерционните сили на перманентното движение и динамичен момент на агрегата

$$M_{\Phi}(\alpha) := \left(\frac{d}{d\alpha} \Delta J_r(\alpha) \right) \cdot \frac{\omega_{cp}^2}{2}$$

$$\left(\frac{d}{d\alpha} \Delta J_r(\alpha) \right) = (m_{MB} + m_{\sigma}) \cdot 2 \cdot r^2 \cdot \left(\sin \alpha - \frac{\lambda \cdot \sin 2 \cdot \alpha}{2} \right) \cdot (\cos \alpha - \lambda \cos 2 \cdot \alpha)$$

$$M_{\Phi}(\alpha) := (m_{MB} + m_{\sigma}) \cdot 2 \cdot r^2 \cdot \left(\sin(\alpha) - \frac{\lambda \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}{2} \right) \cdot (\cos(\alpha) - \lambda \cdot \cos(2 \cdot \alpha)) \cdot \frac{\omega_{cp}^2}{2}$$

$$\delta_{\Pi} := 0.08$$

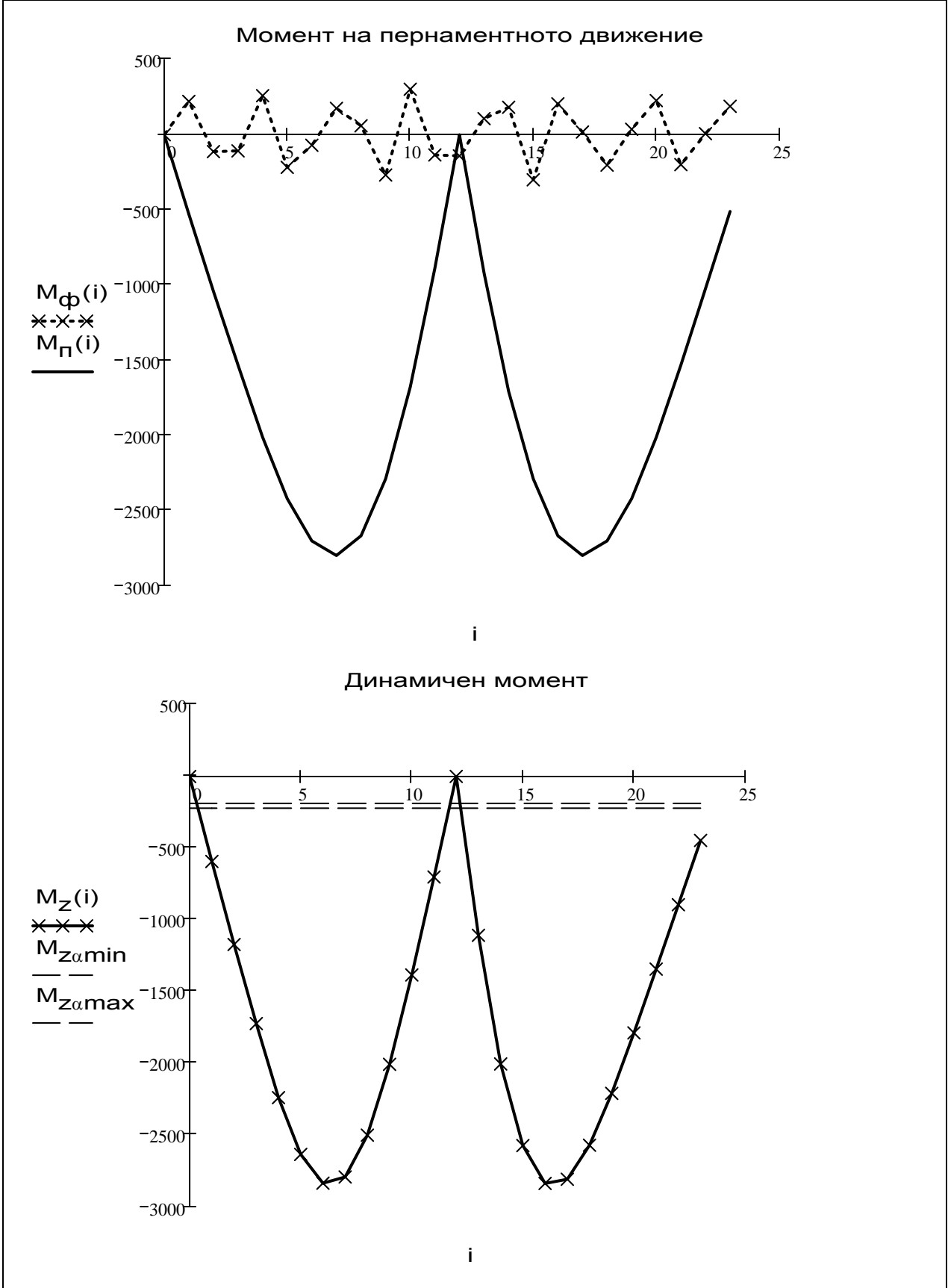
$$M_Z(\alpha) := M_{\Pi}(\alpha) - M_{\Phi} \left(\alpha \cdot 15 \cdot \frac{\pi}{180} \right)$$

$$\omega_{3max} := \omega_{cp} \cdot \left(1 + \frac{\delta_{\Pi}}{2} \right) \quad \omega_{3max} = 217.817 \quad s^{-1}$$

$$\omega_{3min} := \omega_{cp} \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\Pi}}{2} \right) \quad \omega_{3min} = 201.062 \quad s^{-1}$$

$$M_{Z\alpha min} := -M_{\kappa}(\omega_{3min}) \quad M_{Z\alpha min} = -220.857 \quad Nm$$

$$M_{Z\alpha max} := -M_{\kappa}(\omega_{3max}) \quad M_{Z\alpha max} = -188.117 \quad Nm$$



$$M_z(i) = \quad [Nm] \quad M_{\phi} \left(i \cdot 15 \cdot \frac{\pi}{180} \right) = [Nm]$$

0
-592.979
-1.172·10 ³
-1.724·10 ³
-2.24·10 ³
-2.636·10 ³
-2.837·10 ³
-2.794·10 ³
-2.502·10 ³
-2.008·10 ³
-1.384·10 ³
-701.253
5.189·10 ⁻¹³
-1.108·10 ³
-2.005·10 ³
-2.575·10 ³
-2.839·10 ³
-2.81·10 ³
-2.572·10 ³
-2.211·10 ³
-1.789·10 ³
-1.344·10 ³
-894.247
-446.034

0
64.667
130.182
189.84
225.656
212.624
132.555
-8.009
-168.258
-283.57
-295.875
-188.109
-9.498·10 ⁻¹⁴
188.109
295.875
283.57
168.258
8.009
-132.555
-212.624
-225.656
-189.84
-130.182
-64.667

$$\alpha_{\max} - \alpha_{\min} = 140 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$A := 400 \text{ Nm}$$

Инерционен момент на маховика осигуряващ еднопосочност на енергийния поток

$$J_{\max} := \frac{A + 140 \cdot \frac{\pi \cdot M_K(\omega_{\text{ср}})}{180}}{\delta_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{ср}}^2} - J_{\text{с}} \quad J_{\max} = 0.058 \quad \text{Nm}$$

Маховикът трябва да бъде поставен на звено, извършващо ротационно движение, което е кинематичната верига е максимално близко до звената източник на променливата част на приведения масов инерционен момент ΔJ . Такива звена в агрегата са буталата и частично мотопилките. Най-близкото до тях ротационно движещо се звено в коляновия вал. На него трябва да бъде поставен маховикът.

