



LIK

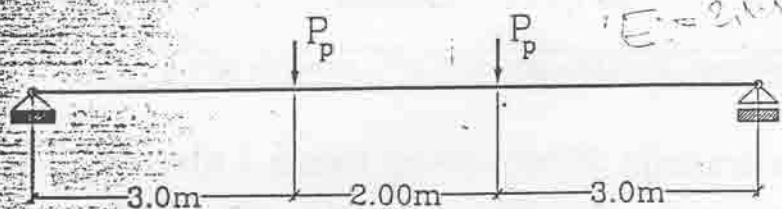
LABORATORIJA ZA
ISPITIVANJE
KONSTRUKCIJA

IMK

INSTITUT ZA
MATERIJALE I
KONSTRUKCIJE

Ispitivanje konstrukcija - JANUAR - 2004. - 29.01.2004... pismeni deo ispita

1. Za prototip prema skici treba napraviti model od plastične mase $E_m = 300 \text{ kN/cm}^2$ pravougaonog poprečnog preseka b_m/h_m za sledeći slučaj: Odrediti b_m , h_m i P_m ako je maksimalni ugib na modelu 5 puta manji od ugiba prototipa a dužina mu je ograničena na $l_m = 80 \text{ cm}$. Koja vrsta sličnosti j u pitanju.



$P_p = 2 \text{ kN}$

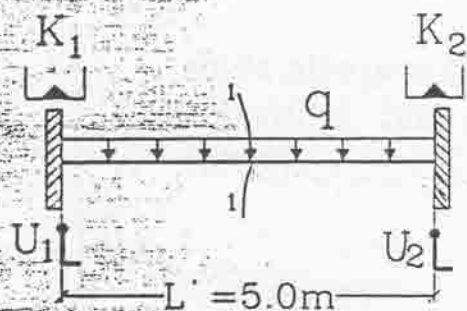
IPB 200

$J = 5700 \text{ cm}^4$

$W = 570 \text{ cm}^3$

30

2. Koje instrumente za merenje dilatacija možemo upotrebiti za merenje u preseku u sredini raspona nosača prema skici, a na osnovu datih merenja:



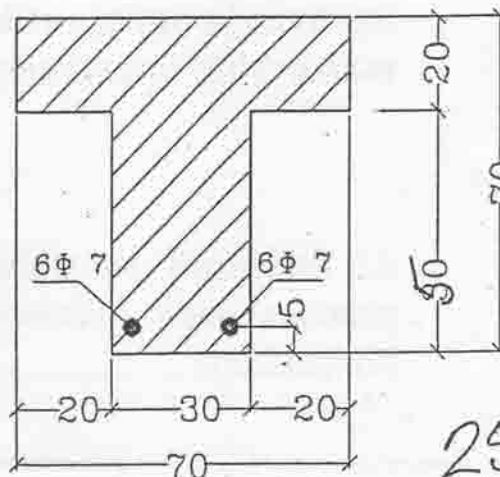
$I 200 \quad J = 2140 \text{ cm}^4$

$q = 5.0 \text{ kN/m}$

stanje	U ₁	U ₂	K ₁	K ₂
0	0374	0163	0 + 202	0 + 101
q	0376	0165	0 + 101	0 + 202

25

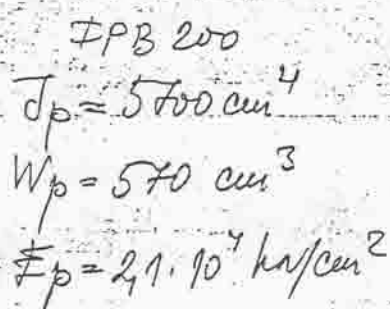
3. Odrediti naponsko stanje od prethodnog naprezanja i sopstvene težine na nosaču prema skici ako je frekvencija slobodnog oscilovanja žica kablova $f = 290 \text{ Hz}$ na slobodnoj dužini oscilovanja od $l = 60 \text{ cm}$, i ako je nosač prosta greda raspona $L = 10 \text{ m}$. Koliko korisno opterećenje može podneti nosač a da mu presek u sredini raspona bude samo pritisnut.



25

4. Tenzometar "Galileo" baze 20mm, može istovremeno da ima podatak $\epsilon_{(1)} = 50 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$ i $\epsilon_{(2)} = 250 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$. Kako se postiže kod ovog tipa instrumenta ova promena veličine podataka i za šta bi se mogla iskoristiti.

20



The diagram illustrates the decomposition of a triangular load of intensity $\frac{3}{8} p_0$ into a rectangular load of intensity $\frac{1}{4} p_0$ and two triangular loads with peak intensities of $\frac{3}{16} p_0$ at each end. The total length of the beam is l .

$$\begin{aligned} \#_p I_p v_p &= \int M F ds = \\ &= 2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{l_p}{8} \cdot \frac{3}{8} P l_p \left(\frac{3}{16} + \frac{1}{4} \right) l_p + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{8} \cdot \frac{3}{8} l_p \cdot \frac{3}{8} P l_p \cdot \frac{3}{16} l_p \right] = \\ &= 2 \left(\frac{21}{2048} P l_p^3 + \frac{9}{1024} P l_p^3 \right) = \\ &= \frac{39}{1024} P l_p^3 \end{aligned}$$

$$\frac{V_F}{l_p} = \frac{33}{1024} \cdot \frac{P_F}{E_p l_p^2} \cdot \frac{l_p^4}{C_p}$$

$$\frac{V_{ms}}{L_{ms}} = \frac{39}{1024} \cdot \frac{P_{ms}}{\text{Ein km}^2} \cdot \frac{L_{ms}}{T_{ms}}$$

$$\frac{\frac{\sigma_b}{\rho}}{\frac{\sigma_{lim}}{\rho_{lim}}} = \frac{\frac{39}{1024} \cdot \frac{I_p}{E \rho I_p^2} \cdot \frac{I_p^4}{I_p}}{\frac{39}{1024} \cdot \frac{I_{lim}}{E_{lim} I_{lim}^2} \cdot \frac{I_{lim}^4}{I_{lim}}} \Rightarrow$$

$$\frac{v_p}{v_m} \cdot \frac{h_m}{h_p} = \frac{p_p}{p_m} \cdot \frac{E_m}{E_p} \cdot \left(\frac{h_m}{h_p}\right)^2 \cdot \left(\frac{p_p}{h_m}\right)^4 \cdot \frac{J_m}{J_p}$$

$$r_y = r_p \cdot \frac{1}{r_f} \cdot r_i^3 \cdot r_j^{-1} \quad (*)$$

$$\frac{v_p}{v_{ms}} = R_v = 5$$

$$\epsilon_m = 300 \text{ kV/cm}^2 \Rightarrow \lambda_E = \frac{\epsilon_p}{\epsilon_m} = \frac{21 \cdot 10^4}{300} = 70$$

$$l_p = 800 \text{ cm}; l_m = 80 \text{ cm} \Rightarrow \eta = \frac{l_p}{l_m} = \frac{800}{80} = 10$$

Задражато обично геометричку ситуација
како условно било каков правоугаолен пресек
може да се види на слици. (*)

УСВАЈА СЕ ОБЛИК РАЗИЧЕРА ЗА СИЛЕ;

$$r_P = r_E \cdot r_E \cdot r_E^2$$

$$(*) \Rightarrow r_J = \frac{r_P}{r_E \cdot r_V} \cdot r_V^3 = \frac{r_E \cdot r_E \cdot r_E^2}{r_E \cdot r_V} \cdot r_V^3$$

$$r_J = r_E \cdot \frac{r_V^5}{r_V} \quad (**)$$

1. изјерација (усвојително $r_E = 1$)

$$r_J = \frac{r_P}{r_m} = \frac{r_V^5}{r_{V0}} = \frac{10^5}{5} = 0,2 \cdot 10^5$$

$$r_m = r_P \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 5700 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 0,285 \text{ cm}^4$$

$$r_m = \frac{1}{12} \cdot l_m \cdot l_m^3 \Rightarrow l_m = 0,5 \text{ cm} \Rightarrow l_m = \left(\frac{12 \cdot 0,285}{0,5} \right)^{1/3} = 1,898 \text{ cm}$$

$$l_m / l_m = 0,5 / 1,898$$

$$r_P = 1 \cdot 70 \cdot 10^2 = 7000 = \frac{P_0}{r_m}$$

$$r_m = \frac{r_P}{r_P} = \frac{2000 \text{ N}}{7000} = \frac{2}{7} \text{ N} \approx 0,29 \text{ N} \quad ("29 \text{ g}")$$

ОПТЕРЕЋЕЊЕ ЈЕ МАЛО

$$W_m = \frac{1}{6} \cdot 0,5 \cdot 1,898^2 = 0,3 \text{ cm}^3$$

$$M_m = \frac{3}{8} \cdot 0,29 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 0,087 \cdot 10^{-3} \text{ kNm}$$

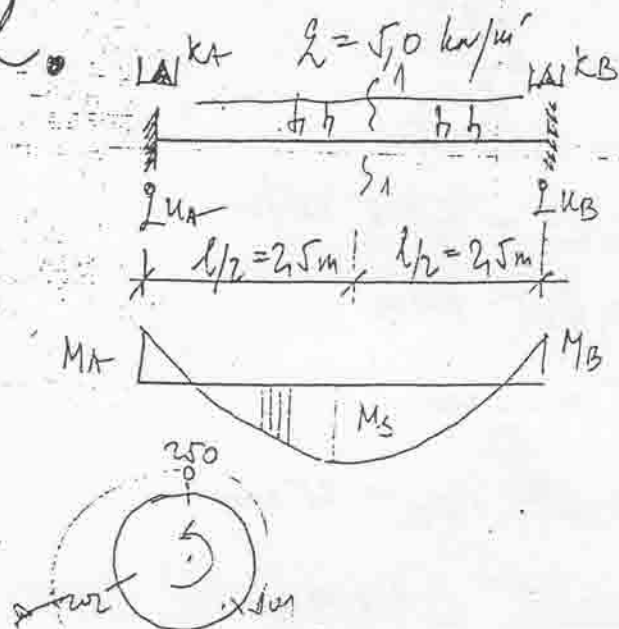
$$\sigma_m = \frac{M_m}{W_m} = \frac{0,087 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2}{0,3} = 0,29 \cdot 10^{-1} \text{ kN/cm}^2$$

ЕФЕКТИ ОБАКВОТ ОПТЕРЕЋЕЊА НА МОДЕЛ СУ БЕЗНА-
ЧАЈНИ И НЕМЕРЉИВИ, ЗБОГ ТОГА ТРЕБА ПОВЕЋАТИ r_m .

$$r_m = \frac{r_P}{r_P} = \frac{r_P}{r_E \cdot \underbrace{r_E \cdot r_E^2}_{\text{const}}} = \left| \begin{array}{l} \text{УСВАЈА СЕ} \\ r_E = 0,1 \end{array} \right| = \frac{2000}{0,1 \cdot 7000} = 2,857$$

$$r_J = r_E \cdot \frac{r_V^5}{r_V} = 10^{-1} \cdot \frac{10^5}{5} = \frac{1}{5} \cdot 10^4 \Rightarrow r_m = 5700 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 2,85 \text{ cm}^4$$

2.



РЕЗУЛТАТИ МЕРЕБА:

$$\Delta \bar{C} = \bar{C}_2 - \bar{C}_0$$

$$\Delta u_A = \Delta u_B = \Delta u_C = 2$$

СЛЕДОВАТЕЛНО ОСНОВАТА ЈЕ РАВНОМЕРНО, ПА НЕ ИЗАЗИВА НИКАКВЕ ШТИЦАЈЕ.

$$\Delta k_A = (250 - 202) + 101 = 149$$

$$\alpha_A'' = 149 \cdot 1,06'' = 157,94''$$

$$\alpha_A = 76,533 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\Delta k_B = 101 - (250 - 202) = 149$$

$$\alpha_B = 76,533 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

$$M_A^{\text{TOT}} = M_B^{\text{TOT}} = \frac{ql^2}{12} = \frac{1}{12} \cdot 5,0 \cdot 5,0^2 = 10,42 \text{ kNm}$$

$$M_A = \frac{2EI}{l} \cdot (\alpha_B - 2\alpha_A) + M_A^{\text{TOT}} = M_B^{\text{TOT}} - \frac{2EI}{l} \cdot \alpha_A = M_B$$

$$M_A = M_B = 10,42 - 2 \cdot \frac{21 \cdot 10^4 \cdot 2140}{50} \cdot 10^{-4} = 10,42 - 1,376 = 9,044 \text{ kNm}$$

$$M_S = \frac{ql^2}{8} - \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{1}{8} \cdot 5 \cdot 5^2 - 9,044 = 15,625 - 9,044 = 6,581 \text{ kNm}$$

$$M_S = 6,581 \text{ kNm}$$

$$\pm 200 \Rightarrow h = 20 \text{ cm} \Rightarrow W = \frac{J}{10} = 214 \text{ cm}^3$$

$$\bar{\sigma}_S = \frac{6,581 \cdot 100}{214} = 3,075 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \epsilon_S = \frac{\bar{\sigma}_S}{E} = \frac{3,075}{21 \cdot 10^4} = 146,4 \cdot 10^{-6}$$

Избор инструмента:

ИНСТРУМЕНТ	ОБЗА ПОДАТАК	$\Delta \bar{C}$	КОМЕНТАР
1. МЕРНА ТРАКА	НЕДУГА $1 \cdot 10^{-6}$	146	ОДГОВОР (ПРЕЦИЗИЈА ЧИТАЊА 0,7%)
2. ЛАБИСКОН ХУГЕНБЕРГЕР	$l = 250 \text{ mm}$ $4 \cdot 10^{-6}$	36	ОДГОВОР (2,8%)
3. ЛАБИСКОН ПРЕНДЕР ТЕНЗОМЕТАР	$l = 100 \text{ mm}$ $10 \cdot 10^{-6}$	14	ОДГОВОР (7,1%)
4. ТЕНЗОМЕТАР	$l = 20 \text{ mm}$ $50 \cdot 10^{-6}$	29	НЕОДГОВОР (34,5%)

3.

$$L = 10 \text{ m} \Rightarrow M_g = \frac{g l^2}{8}$$

$$A_6 = 0,7^2 - 2 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 0,29 \text{ m}^2$$

$$g = \gamma \cdot A_6 = 25,0 \cdot 0,29 = 7,25 \text{ kN/m}^2$$

$$M_g = \frac{1}{8} \cdot 7,25 \cdot 10^2 = 90,625 \text{ kN/m}$$

$$A_1 = 0,49 \text{ m}^2 \quad \gamma_1 = 0,35 = 35 \text{ cm}$$

$$= 4900 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 2 \cdot 20 \cdot 50 = 2000 \text{ cm}^2 \quad \gamma_2 = 25 \text{ cm}$$

$$\gamma_T = \frac{4900 \cdot 35 - 2000 \cdot 25}{2900} = 41,9 \text{ cm}$$

$$J_x = \frac{1}{12} 70^4 + 4900 (41,9 - 35)^2 - \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 20 \cdot 50^3 - 2000 \cdot (41,9 - 25)^2 =$$

$$= 2000833,3 + 233289 - 416666,7 - 571220 = 1246235,6$$

$$W_g = \frac{1246235,6}{70 - 41,9} = 44350,02 \text{ cm}^3$$

$$W_{ol} = \frac{1246235,6}{41,9} = 29743,09 \text{ cm}^3$$

НАПРЯЖЕНИЕ СТАЛИ $0,1 \text{ N/mm}^2$ и g

$$\phi \neq \Rightarrow A_z = 0,7^2 \pi \frac{1}{4} = 0,385 \text{ cm}^2 \quad A_n = 6 A_z = 2,31 \text{ cm}^2$$

$$f = 290 \text{ Hz}, \quad l_i = 60 \text{ cm} \Rightarrow \sigma_z = 3,2 \cdot 10^{-7} \cdot 60^2 \cdot 290^2 = 96,883 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_k = \sigma_z \cdot (2 A_n) = 96,883 \cdot 2 \cdot 2,31 = 447,6 \text{ kN}$$

$$e_n = 41,9 - 5 = 36,9 \text{ cm}$$

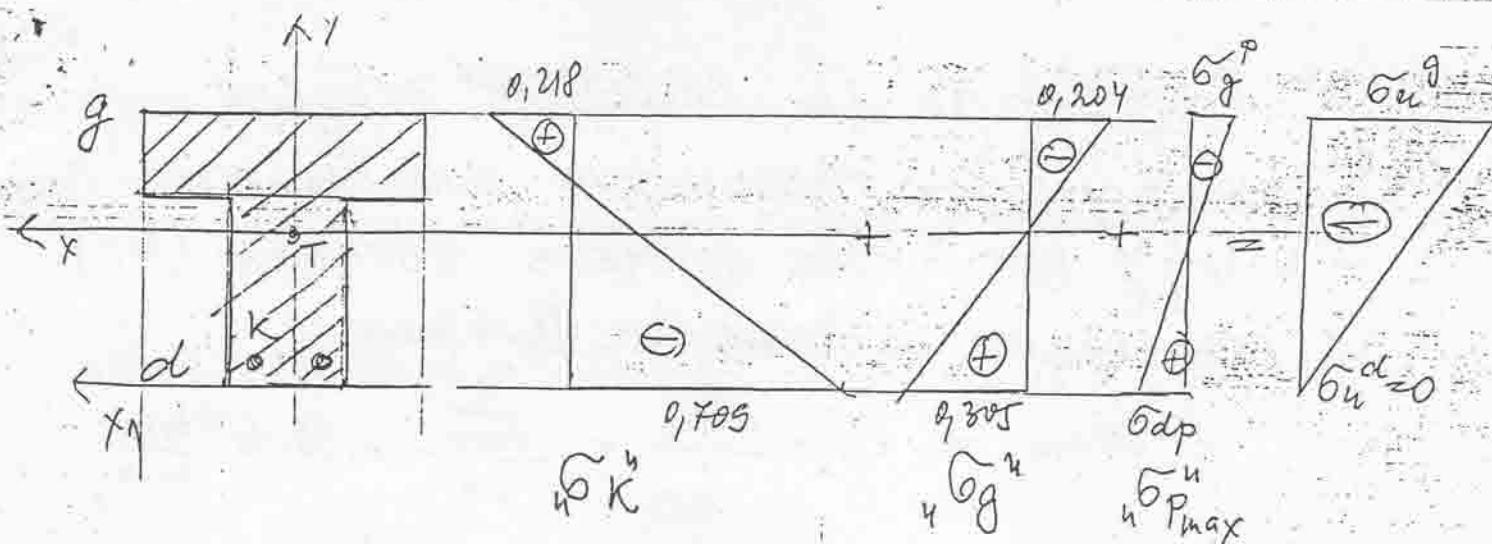
$$\sigma_k^{g/d} = - \frac{447,6}{2900} + \frac{447,6 \cdot 36,9}{44350} = -0,154 \left\{ \begin{array}{l} +0,372 \\ -0,555 \end{array} \right.$$

(от 29743,09)

$$\sigma_k^g = +0,218 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_k^d = -0,709 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_g^g = \frac{-90,625 \cdot 100}{44350,02} = -0,204 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_g^d = \frac{9062,5}{29743,09} = +0,305 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



МАКСИМАЛНА ВРЕДНОСТ КОРИСНОГ ОПТЕРЕЖЕЊА, УЗ
УСЛОВ ЗАДАТКА, НА ДОЈОЈ ИВЦИ ИЗАЗИВА НАПОН 0.

$$-0,709 + 0,305 + \frac{M_p \cdot 100}{29743,09} = 0$$

$$M_p = 297,4309 \cdot (0,709 - 0,305) = 120,16 \text{ kNm}$$

а) ако је p (корисно оптерећење) једнако подељено:

$$M_p = \frac{p l^2}{8} = 120,16 \Rightarrow p = \frac{120,16 \cdot 8}{10^2} = 9,61 \text{ kN/m}^2$$

б) ако је P конц. сила у средини расвета:

$$M_p = \frac{P l}{4} \Rightarrow P = \frac{120,16 \cdot 4}{10} = 48,06 \text{ kN}$$

25

4. Познато је да "САВРЕМЕНЕ" верзије инструмената тензометар типа Галилео имају могућност промене опсега (и т).

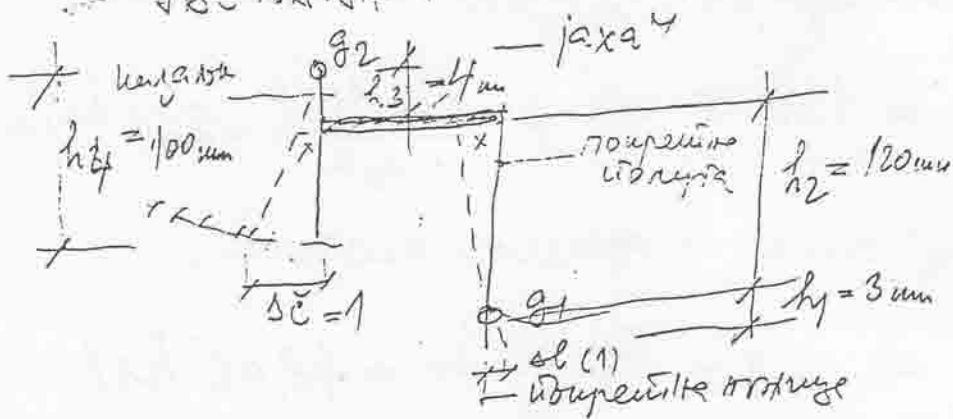
— СТАНДАРДНО ЗВЕЖАЊЕ ЈЕ. $U_T = 1000$

$$l = 20 \text{ mm} \Rightarrow \epsilon_{ci} = \frac{\Delta l_{ci}}{l} = \frac{\frac{1}{1000}}{20} = 50 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

— Друга могућност је смањење убрзања u_t' = 200, променом положаја посебног дж-гметра на телу тензометра;

$$l = 20 \text{ mm} \Rightarrow \epsilon'_{cm} = \frac{\Delta l'_{cm}}{l} = \frac{\frac{1}{200}}{20} = 250 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

ЗНАТИ И ПРОМЕНА ПОДАТКА ПОТУЧЕ ОД ПРОМЕНЕ
УВЕЋАЊА:



$$\frac{\Delta L_1}{L_1} = \frac{x}{L_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = \frac{\delta L(n)}{\frac{L_1}{L_2}}$$

$$\frac{x}{h_3} = \frac{\Delta C}{h_4}$$

$$\Delta \bar{C}_{(1)} = \frac{x}{\frac{h_3}{h_4}} = \frac{\Delta C(1)}{\frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{h_3}{h_4}}$$

$$\Delta C_p = \frac{\Delta \bar{C}_{p1}}{\frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{h_4}{h_3}} = \frac{\Delta \bar{C}_{p1}}{u_T}$$

$$U_T = \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{L_4}{L_3} = \frac{120}{13} \cdot \frac{100}{H} = 1000$$

$$u_T' = \frac{h_2'}{h_1'}, \frac{h_4}{h_3} = \frac{h_2'}{h_1'}, 25 = 200 \Rightarrow \frac{h_2'}{h_1'} = 8$$

МЕКА СЕ ПОЛОЖИЈ ЗЛОБА g_1 (ПРОМЕНА НА ИЗМЕТУ) ПО
ТАКА ДА ОДНОС КРАКОВА ПОКРИТЕ ПОЛУГЕ БУДЕ g .

- Ову особину можемо искористити код
мерева великих дилатација, јер се пове-

КАБА: ОЦЕТ МЕРЕНА: $\Delta \bar{C}_{max} = 40$

СТАНДАРТНА ОЦЕНКА: $O = 40 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 2000 \cdot 10^{-6}$