

Лабораторная работа
“Определение модуля Юнга из изгиба”

Цель работы: изучить закономерности линейных деформаций, определить модуль Юнга для стали.

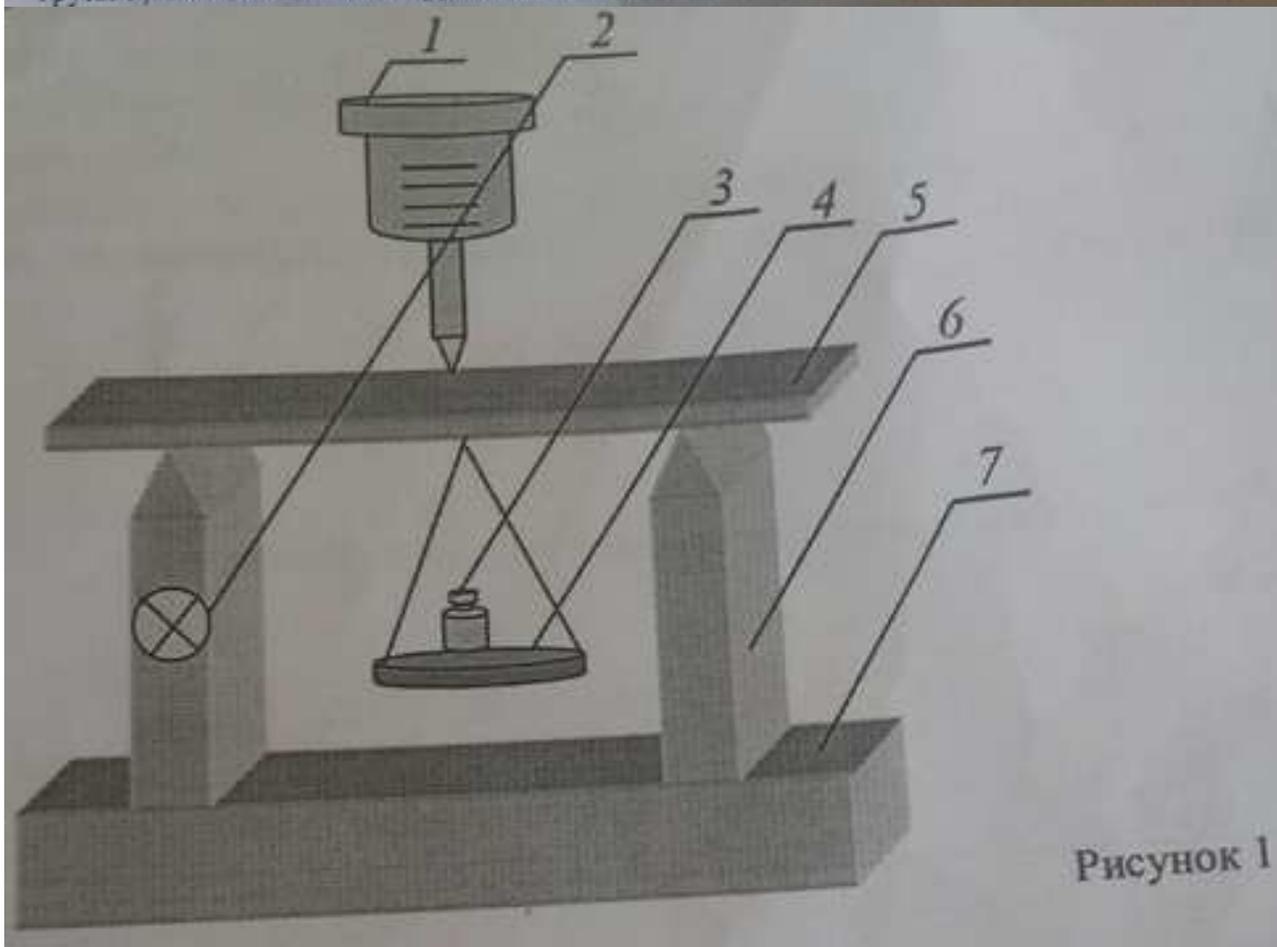
Приборы и принадлежности: стальная прямоугольная пластина на опорах, микрометр, сигнальная лампочка, набор грузов.

Описание экспериментальной установки

Описание установки

Установка для определения модуля Юнга из изгиба состоит из плиты 7, на которой жестко укреплены две опоры 6, расположенные на расстоянии $l=40$ см друг от друга (рис. 1). На опоры обоими концами положена стальная полоса прямоугольного сечения 5 (ширина полосы $a=53,5$ мм, толщина $b=0,93$ мм).

В середине к полосе прикреплена платформа 4. Устанавливая на платформу грузы 3, мы тем самым нагружаем полосу силой.



Ход выполнения работы

1. Включим установку в сеть 12 В.
2. Определим показания микрометра S_0' с точностью 0,01 мм. $S_0' = 1,23$ мм.
3. Установим на платформу груз массой 100 гр. и отметим показания микрометра $S_1' = 2,87$ мм.

Добавим груз массой 100 гр. На платформе будет 200 гр., при этом снимем показание микрометра $S_2' = 5,41 \text{ мм}$.

Добавим груз массой 100 гр. На платформе будет 300 гр., при этом снимем показание микрометра $S_3' = 6,3 \text{ мм}$.

Добавим груз массой 100 гр. На платформе будет 400 гр., при этом снимем показание микрометра $S_4' = 9,03 \text{ мм}$.

Добавим груз массой 100 гр. На платформе будет 500 гр., при этом снимем показание микрометра $S_5' = 11,24 \text{ мм}$.

Добавим груз массой 100 гр. На платформе будет 600 гр., при этом снимем показание микрометра $S_6' = 12,47 \text{ мм}$.

Все результаты запишем в таблицу.

4. Снимем один груз массой 100 грамм. На платформе будет 500 гр., при этом показание микрометра $S_5'' = 11,27 \text{ мм}$.

Снимем один груз массой 100 грамм. На платформе будет 400 гр., при этом показание микрометра $S_4'' = 9,07 \text{ мм}$.

Снимем один груз массой 100 грамм. На платформе будет 300 гр., при этом показание микрометра $S_3'' = 6,34 \text{ мм}$.

Снимем один груз массой 100 грамм. На платформе будет 200 гр., при этом показание микрометра $S_2'' = 5,43 \text{ мм}$.

Снимем один груз массой 100 грамм. На платформе будет 100 гр., при этом показание микрометра $S_1'' = 2,93 \text{ мм}$.

Все результаты запишем в таблицу.

5. Снимем последний стограммовый груз, полностью освободив платформу от грузов.

При этом показание микрометра $S_0'' = 1,27 \text{ мм}$.

Результаты запишем в таблицу.

6. Вычислим средние значения по формуле

$$S_i = \frac{S_i' + S_i''}{2} \quad (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5); \quad S_6 = S_6'' = S_6'.$$

Все результаты запишем в таблицу.

7. Вычислим стрелу прогиба для каждого груза по формуле

$$\lambda_i = S_i - S_0, \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6).$$

Результаты вычислений занесём в таблицу.

8. Найдём $\omega = \frac{gl^3}{4ab^3} = \frac{9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot (0,4 \text{ м})^3}{4 \cdot 0,0535 \text{ м} \cdot (0,00093 \text{ м})^3} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ с}^{-2}$.

Для каждого измерения вычислим модуль Юнга по формуле: $E = \omega \frac{m}{\lambda}$.

$$E_1 = \omega \frac{m_1}{\lambda_1} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,1\text{кг}}{1,65 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 2,21 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$E_2 = \omega \frac{m_2}{\lambda_2} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,2\text{кг}}{4,17 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 1,75 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$E_3 = \omega \frac{m_3}{\lambda_3} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,3\text{кг}}{5,07 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 2,16 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$E_4 = \omega \frac{m_4}{\lambda_4} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,4\text{кг}}{7,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 1,87 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$E_5 = \omega \frac{m_5}{\lambda_5} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,5\text{кг}}{0,01\text{м}} = 1,82 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$E_6 = \omega \frac{m_6}{\lambda_6} = 3,647 \cdot 10^9 \text{ c}^{-2} \frac{0,6\text{кг}}{0,01122\text{м}} = 1,95 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

9. Найдём среднее значение модуля Юнга.

$$E_{cp} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 E_i =$$

$$= \frac{1}{6} (2,21 \cdot 10^{11} + 1,75 \cdot 10^{11} + 2,16 \cdot 10^{11} + 1,87 \cdot 10^{11} + 1,82 \cdot 10^{11} + 1,95 \cdot 10^{11}) =$$

$$= \frac{1}{6} \cdot (1,176 \cdot 10^{11}) = 1,96 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

10. Для стали модуль Юнга $E_{cm} = 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$. Найдём абсолютное и относительное отклонение найденного среднего значения от табличного.

$$\Delta E = |E_{cm} - E_{cp}| = \left| 2 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} - 1,96 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right| = 4,0 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$$

$$f = \frac{\Delta E}{E_{cm}} \cdot 100\% = \frac{4,0 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{2 \cdot 10^{11} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}} \cdot 100\% = 2\%.$$

11. Все вычисления занесём в таблицу.

№ П/П	m кг	S' мм	S'' мм	S мм	λ мм	ω $1/\text{с}^2$	E $\text{Н}/\text{м}^2$	E_{cp} $\text{Н}/\text{м}^2$	ΔE $\text{Н}/\text{м}^2$	f %
1	0	1,23	1,27	1,25		3,647 · 10 ⁹		1,96 · 10 ¹¹	4,0 · 10 ⁹	2
2	0,1	2,87	2,93	2,9	1,65		2,21 · 10 ¹¹			
3	0,2	5,41	5,43	5,42	4,17		1,75 · 10 ¹¹			
4	0,3	6,3	6,34	6,32	5,07		2,16 · 10 ¹¹			
5	0,4	9,03	9,07	9,05	7,8		1,87 · 10 ¹¹			
6	0,5	11,24	11,27	11,25	10		1,82 · 10 ¹¹			
7	0,6	12,47	12,47	12,47	11,22		1,95 · 10 ¹¹			