

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ ИЗОТРОПНОГО МАТЕРИАЛА

1. Цель работы: *Испытательная установка*
 Определить модуль упругости 1^{го} рода E и коэффициента Пуассона для стали. *напряжения до $\sigma_{0.2}$ или при $\sigma \leq \sigma_{0.2}$*

2. Характеристика лабораторной установки

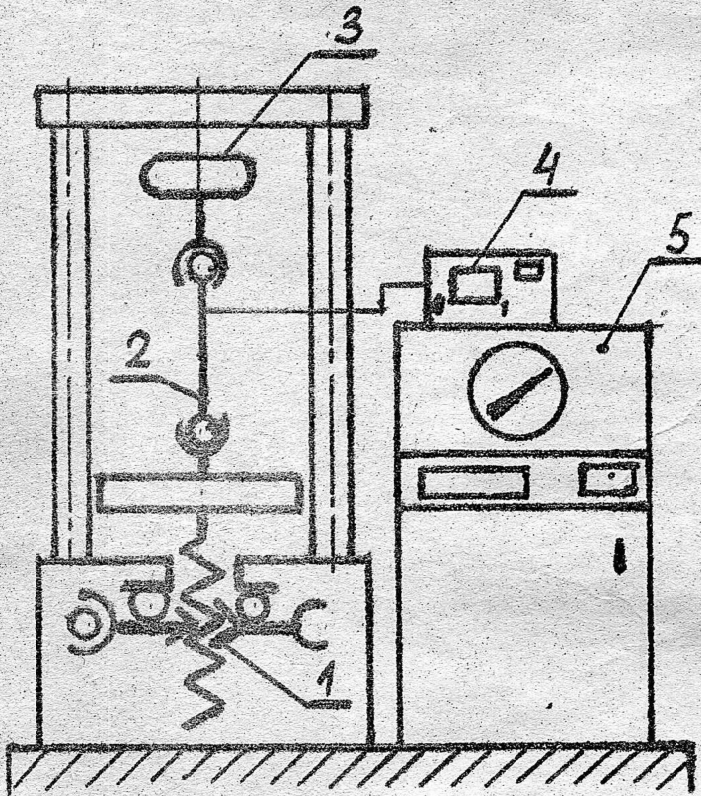


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки:

- 1 - силовозбуждающее устройство;
- 2 - образец; 3 - динамометр; 4 - измеритель деформации;
- 5 - пульт управления

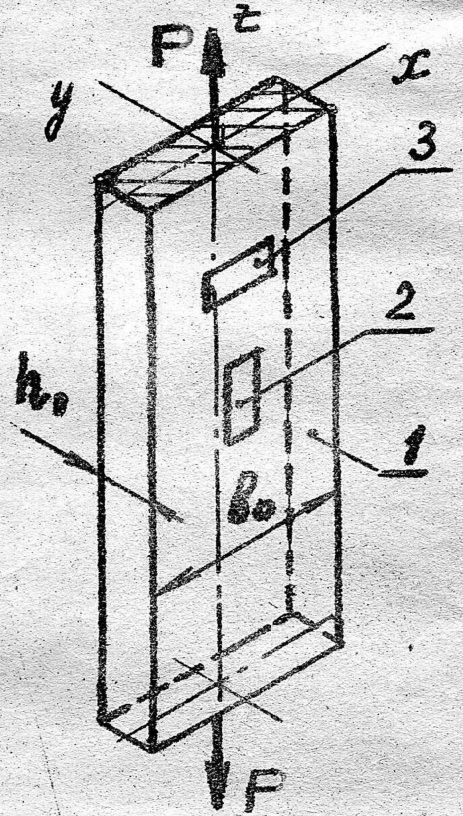


Рис. 4.2. Эскиз рабочей части образца: 1 - образец; 2 - продольный тензорезистор; 3 - поперечный тензорезистор

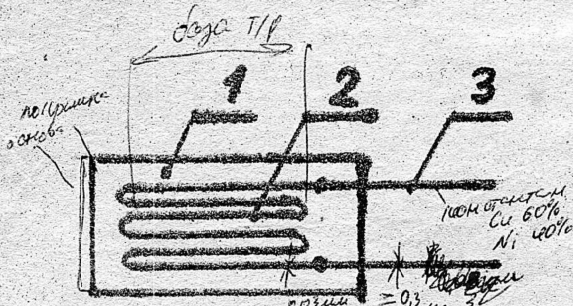


Рис. 4.3. Схема тензорезистора: 1 - подложка; 2 - тензочувствительный элемент; 3 - выводные проводники

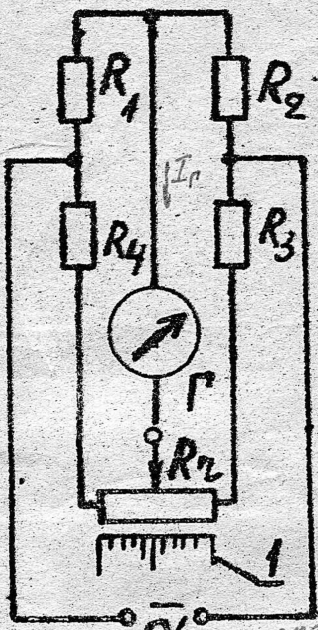
Тензорезистор (Т/Р) - датчик, наклеиваемый на деформируемую поверхность исследуемого образца, деформирующийся вместе с этой поверхностью и изменяющий свое сопротивление пропорционально деформации. (Знаение тензочувствит. $\frac{\Delta R}{R} \sim \epsilon$)

Коэф. Пуассона μ может быть абс. величиной отрицательной или положительной в зависимости от направления деформации $\mu = \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z}$ при $\sigma \leq \sigma_{0.2}$.

Для изотропных материалов $0 \leq \mu \leq 0,5$
 $E = \frac{\sigma_z}{\epsilon_z}$ при одноосн. н.с.

$$N_{i+1} - N_i = \Delta N$$

$$\Delta \epsilon = k \cdot \Delta h$$



- R_1 - сопротивление рабочего тензорезистора;
- R_2 - сопротивление компенсационного тензорезистора;
- R_3, R_4 - сопротивления, встроенные в прибор;
- R_r - сопротивление реохорда; 1 - шкала реохорда;
- Г - гальванометр;

\sim - источник питания моста

Рис. 4.4. Принципиальная схема прибора для измерения деформации с помощью тензорезисторов (цифровой деформиметр ИД).

Прибор собран по схеме вольт-амперметра. Принцип работы прибора: при изменении сопротивления тензорезистора R_1 , через гальванометр Γ начинает протекать небалансный ток. Перемещая движок реохорда вправо добавляем баланс ($I_p = 0$). Величина перемещения движка прямо пропорциональна изменению сопротивления R_1 . Компенсационное сопротивление R_2 введено для исключения влияния температуры на работу моста (R_2 - ТР, нанесенный на печатную плату прибора).

3. Результаты эксперимента

3.1. Градуировка шкалы электронного измерителя деформации

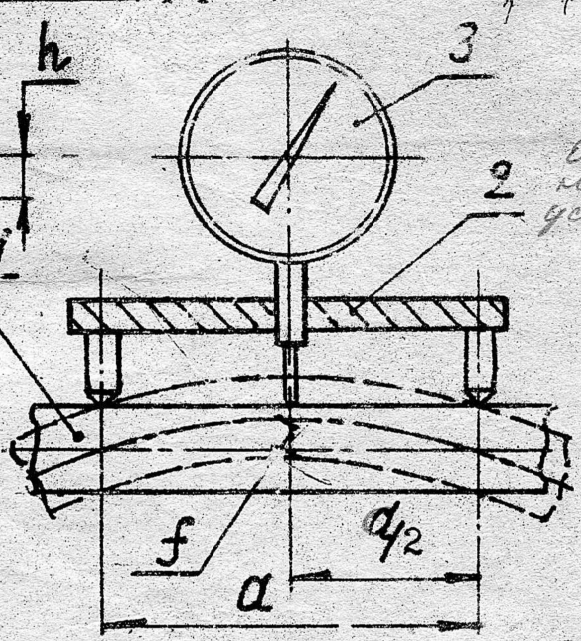
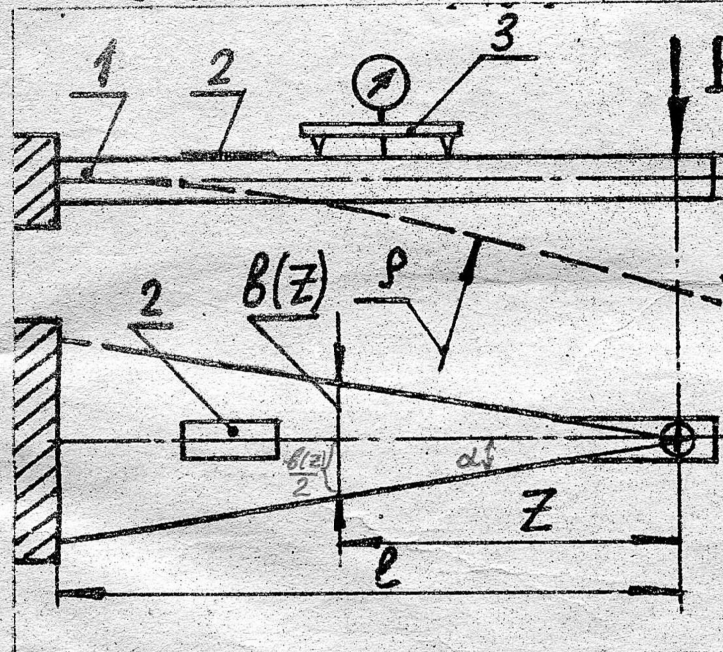


Рис. 4.5. Балка для градуировки шкалы измерителя деформаций:

- 1 - балка; 2 - тензорезистор;
- 3 - прогибомер

Рис. 4.6. Схема прогибомера:

- 1 - балка; 2 - основание прогибомера; 3 - индикатор часового типа



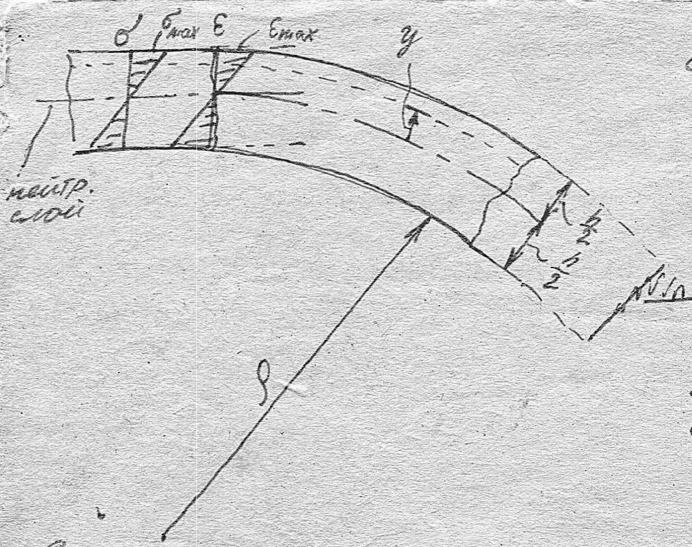
$$b = b(z) = z \cdot \text{tg} \alpha = k \cdot z$$

$$M_x = M_x(z) = P \cdot z$$

$$W_x = W_x(z) = \frac{I_5}{8} \cdot h^2 = \frac{k \cdot z \cdot h^2}{8}$$

$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{6 \cdot P}{k \cdot h^2} = \text{const}(z)$

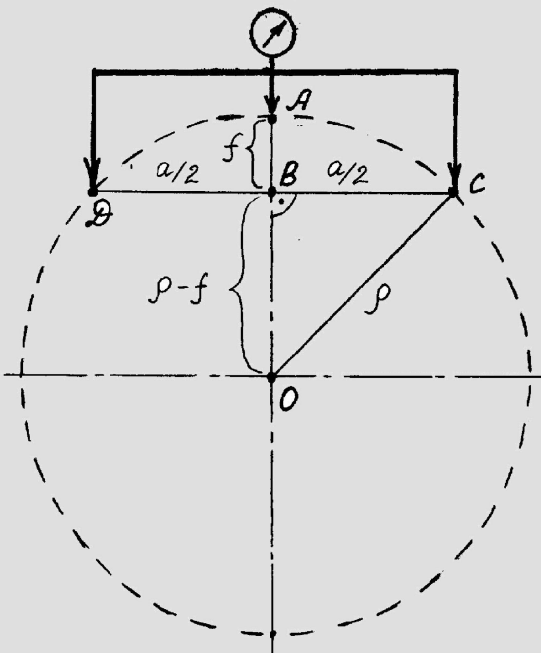
консоль движется балкой равномерно согнута и изгибается по дуге окружности



$$\epsilon_z(y) = \frac{y}{\rho} \Rightarrow \epsilon_z^{\max} = \frac{h/2}{\rho} = \frac{h}{2\rho} \quad (1)$$

Поскольку тензор резистор наклеен на поверхность тарированной балки, его сопротивляемость изменится пропорционально напряжению ϵ_z^{\max} (далее: ϵ). В процессе тарировки этот тензор резистор используется в качестве сопротивлений R_i в схеме измерителя (рис. 4.4) для тарирования измерителя.

С помощью прогибомера (рис. 4.6) можно определить кривизну балки по кривизне окружности, по которой изгибается балка.



a - база прогибомера;
 f - прогиб, замеряемый прогибомером;
 OBC - прямоугольный треугольник.

$$OC^2 = BC^2 + BO^2$$

$$\rho^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + (\rho - f)^2$$

$$\rho^2 = \frac{a^2}{4} + \rho^2 - 2\rho f + f^2$$

$$f \ll \rho \Rightarrow f^2 \approx 0$$

$$\frac{a^2}{4} = 2\rho f$$

$$\rho = \frac{a^2}{8f} \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим:

$$\epsilon = \frac{4 \cdot f \cdot h}{a^2}$$

Последовательно меняя нагрузку P , для каждого из ее значений замеряем f прогибомером, вычисляем по формуле ϵ , наблюдаем показания R_i измерителя деформации, средним арифметическим значением полученных данных и вычисляем K_{ϵ} :

$$K_{\epsilon} \cdot \Delta R_{\epsilon} = \epsilon = \frac{4 \cdot f \cdot h}{a^2}$$

и.д. \downarrow
 K_{ϵ}

Размеры градуировочной балки и параметры прогибомера

- Высота поперечного сечения балки
- База прогибомера
- Цена деления шкалы прогибомера
- n - число делений

$h = 3,6$ мм
 $a = 100$ мм
 $K_f = 0,01$ мм/дел.

Таблица 4.1

Нагрузка P, H	Показания прогибомера		Показания измерителя деформации	
	n_f	Δn_f	n_{ϵ}	Δn_{ϵ}
0	0		615	
20	27		940	
40	55		1260	
$\Delta P = 20 H$	$\Delta n_f =$		$\Delta n_{\epsilon} =$	

Прогиб градуировочной балки

на ступень нагружения

Линейная деформация на ступень

нагружения

Цена деления шкалы измерителя деформаций

$$\Delta f = K_f \cdot \Delta \bar{N}_f = 0,265$$

$$\Delta \varepsilon = \frac{4 \cdot \Delta f \cdot h}{a^2} = 3,82 \cdot 10^{-4}$$

$$K_\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta \bar{N}_\varepsilon} = 9,5 \cdot 10^{-7}$$

3.2. Определение модуля упругости E и коэффициента Пуассона ν (в качестве опор-2 и последовательно исп-ст 1/ру2 и 3 (рис-4.2)).

Размеры образца $h_0 = 3$ мм, $b_0 = 50$ мм

Площадь поперечного сечения $A_0 = h_0 \cdot b_0 = 150$ мм²

Таблица 4.2

Нагрузка $F, \text{кН}$	Показания измерителя деформации			
	продольный тензорезистор		поперечный тензорезистор	
	n_e	Δn_e	n_t	Δn_t
5	680	1470	540	
10	770		510	
15	875		470	
20	980		440	
$\Delta F = 5 \text{кН}$	$\Delta \bar{N}_e =$		$\Delta \bar{N}_t =$	

Приращения продольной деформации на ступень нагружения

$$\Delta \varepsilon_e = \Delta \varepsilon_z = K_\varepsilon \cdot \Delta \bar{N}_e$$

Приращения поперечной деформации на ступень нагружения

$$\Delta \varepsilon_t = \Delta \varepsilon_x = K_\varepsilon \cdot \Delta \bar{N}_t$$

Коэффициент Пуассона

$$\mu = \left| \frac{\Delta \varepsilon_x}{\Delta \varepsilon_z} \right| =$$

Приращения нормального напряжения на ступень нагружения

$$\Delta \sigma_z = \frac{\Delta F}{A_0} =$$

Модуль упругости первого рода (модуль Юнга)

$$E = \frac{\Delta \sigma_z}{\Delta \varepsilon_z} =$$

Подпись преподавателя