

Санкт-Петербургский Государственный Университет  
Saint-Petersburg State University

ЛАБОРАТОРИЯ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

**ОТЧЕТ**

**По лабораторной работе 2**

«Измерение модуля Юнга и коэффициента Пуассона»

По дисциплине

«Лабораторный практикум, лабораторная работа»

Выполнили:

Баталов С. А.  
Хайретдинова Д. Д.

Санкт-Петербург  
2021

# 1 Цель работы

Механизм упругого деформирования материалов состоит в обратимых смещениях атомов из положений равновесия в кристаллической решетке. Чем больше величина смещения каждого атома, тем больше упругая деформация тела. Величина упругой деформации невелика и для металлов и для их сплавов меньше 1%.

Поведение материалов при упругой деформации описывается законом Гука, который определяет прямую пропорциональную зависимость между компонентами тензоров деформации и напряжения.

В данной лабораторной работе производится исследование образцов на растяжение с измерением деформаций и определением постоянных, характеризующих упругие свойства образца – модуля Юнга  $E$  и коэффициента Пуассона  $\nu$ . При измерении деформаций используют проволочные тензодатчики сопротивления (ТД).

## 2 Теоретические исследования

Рассмотрим стержень длины  $l = 150$  мм, ширины  $a = 28.7$  мм и толщины  $b = 2.2$  мм. Площадь сечения пластины равна  $S_0 = 63$  мм<sup>2</sup>, стержень растягивается силой  $P$ .

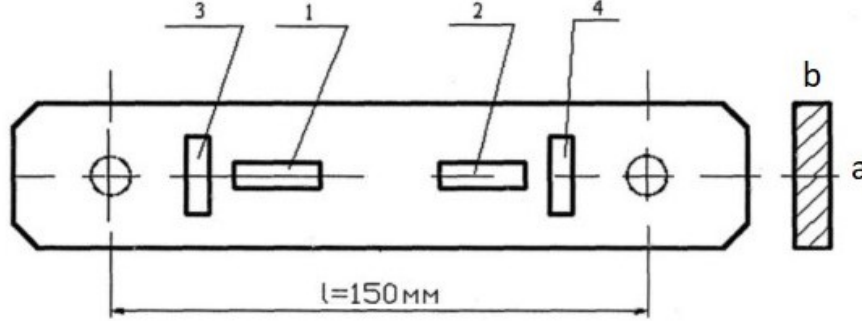


Рис. 1: Испытательная пластина.

Пусть ось  $Ox$  системы координат совпадает с осью стержня. Стержень будет находиться в состоянии одноосного растяжения, то есть напряжения в нем будут равны:

$$\sigma_{xx} = \frac{P}{S_0}; \quad \sigma_{yy} = \sigma_{zz} = \sigma_{xy} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0. \quad (1)$$

Знаем, что поведение материалов при упругой деформации описывается законом Гука, в общем случае закон Гука записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= \frac{1}{E} (\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})); & \sigma_{xy} &= \frac{E}{1 + \nu} \varepsilon_{xy}; \\ \varepsilon_{yy} &= \frac{1}{E} (\sigma_{yy} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{zz})); & \sigma_{yz} &= \frac{E}{1 + \nu} \varepsilon_{yz}; \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{1}{E} (\sigma_{zz} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{xx})); & \sigma_{xz} &= \frac{E}{1 + \nu} \varepsilon_{xz}. \end{aligned} \quad (2)$$

Подставив (1) в (2), получим, что при данном поле напряжений относительные удлинения по всем осям будут отличны от нуля, а сдвиги будут равны нулю:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E} \sigma_{xx}; \quad \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz} = -\frac{\nu}{E} \sigma_{xx}; \quad \varepsilon_{xy} = \varepsilon_{yz} = \varepsilon_{xz} = 0. \quad (3)$$

Отсюда получим, что экспериментальным путем модуль Юнга и коэффициент Пуассона может быть получен по следующим формулам:

$$E = \frac{P}{S_0} \frac{1}{\varepsilon_{xx}}; \quad \nu = -\frac{\varepsilon_{yy}}{\varepsilon_{xx}}. \quad (4)$$

Относительные удлинения  $\varepsilon_{xx}$  и  $\varepsilon_{yy}$  стержня в данной работе находим прямым измерением при помощи тензодатчиков.

### 3 Экспериментальная установка

В данной лабораторной работе деформации измеряются посредством тензодатчиков, которые установлены в продольном и поперечном направлениях. Тензодатчик (рис. 2) состоит из зигзагообразно уложенной проволоки (решетки) 1, наклеенной на подложку (тонкую бумагу) 2. К концам проволоочной решетки припаяны медные выводы 3. Сверху решетка покрыта защитным слоем бумаги или лака. Тензодатчик измеряет относительное удлинение в направлении, обозначенном стрелками (рис. 2).

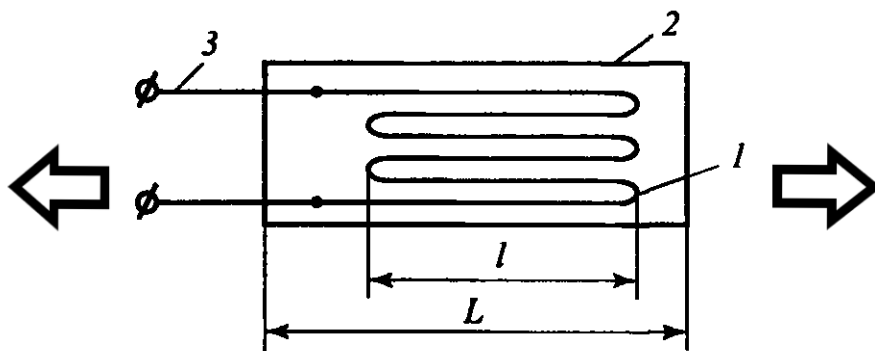


Рис. 2: Схема тензодатчика.

На рисунке (1) тензодатчики 1 и 2 измеряют продольное удлинение, 3 и 4 поперечное. Тензодатчики подключены к электронному измерителю деформации. Чувствительность датчика характеризуется коэффициентом  $K = 6.4 \cdot 10^{-7}$ .

Лабораторная работа выполняется на универсальном лабораторном стенде по сопротивлению материалов (рис. 3), здесь 1 – образец, 2 – нагружающее устройство, 3 – сило-измерительное устройство.

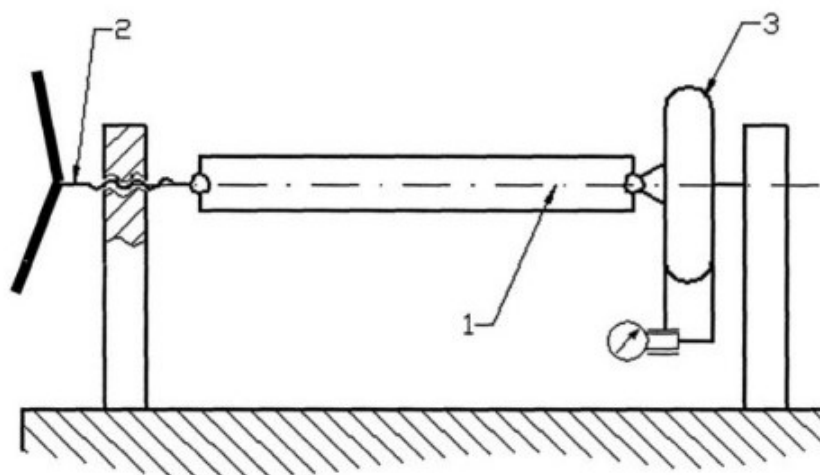


Рис. 3: Схема экспериментальной установки.

## 4 Эксперимент

При выполнении работы расчеты производились с помощью инструментов пакета Matlab. Образец нагружали последовательно силой  $P$  до 500 Н с шагом 50 Н, на каждом шаге фиксировались показания измерителя деформаций для всех тензорезистров. Подсчитали разность показаний прибора для ступени  $\Delta P = 50$  Н и занесли в таблицу 1. Все показания были усреднены. Для каждого шага были вычислены постоянные  $\nu$  и  $E$ . Относительные деформации  $\varepsilon_{xx}$ ,  $\varepsilon_{yy}$ , соответствующие приращениям силы, были определены по следующим формулам:

$$\varepsilon_{xx} = \Delta n_x \cdot K; \quad \varepsilon_{yy} = \Delta n_y \cdot K. \quad (5)$$

Далее построим график зависимости напряжения  $\sigma_{xx}$  от величины продольной деформации  $\varepsilon_{xx}$ . Построим прямую методом наименьших квадратов.

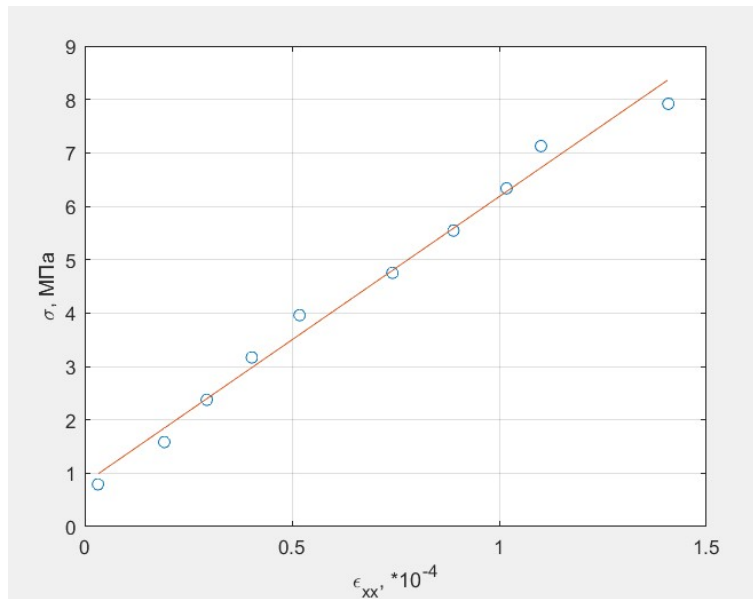


Рис. 4: График зависимости  $\sigma_{xx}$  от  $\varepsilon_{xx}$ .

Считая, что в двух последних шагах результаты не являются достоверными, были вычислены конечные значения коэффициента Пуассона  $\nu$  и модуля Юнга  $E$ . Все погрешности и окончательные результаты измерений модуля Юнга и коэффициента Пуассона представлены в следующей таблице:

Величина	Значение	Размерность
$E$	51	ГПа
$\Delta E$	12	
$\nu$	0.32	—
$\Delta \nu$	0.01	
$\Delta E/E$	23	%
$\Delta \nu/\nu$	2	

№	$P$	$\Delta n_x$	$\Delta n_y$	$\varepsilon_{xx}$	$\varepsilon_{yy}$	$\sigma_{xx}$	$\nu$	$E$
	Н	дел		$\cdot 10^{-6}$		МПа	–	ГПа
1	50	5	-4	3.2	-2.56	0.79	0.8	247.47
2	100	25	-8	16	-5.12	1.58	0.32	49.49
3	150	1	-5	10.24	-3.2	2.38	0.31	77.33
4	200	17	-6	10.88	-3.84	3.17	0.35	72.78
5	250	18	-5	11.52	-3.2	3.96	0.28	68.74
6	300	35	-11	22.4	-7.04	4.75	0.31	35.35
7	350	23	-5	14.72	-3.2	5.54	0.22	53.8
8	400	21	-8	13.44	-5.12	6.34	0.38	58.92
9	450	13	-6	8.32	-3.84	7.13	0.46	95.18
10	500	48	-15	30.72	-9.6	7.92	0.31	25.78

Таблица 1: Экспериментальные и расчетные данные.

## 5 Выводы

В проделанной работе мы исследовали на практике одноосное растяжение стержня, измеряя деформации при помощи тензодачиков, подключенных к измерителю деформаций. Познакомились с принципом работы тензодатчиков сопротивления, их преимуществами и недостатками. Исследовав изменение продольной деформации при увеличении нагрузки, убедились в линейной зависимости продольной деформации от напряжения. Вычислили модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Оценили относительные и абсолютные погрешности результатов.