

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 ν . 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 $S_0 = 63$ мм², стержень растягивается силой P .

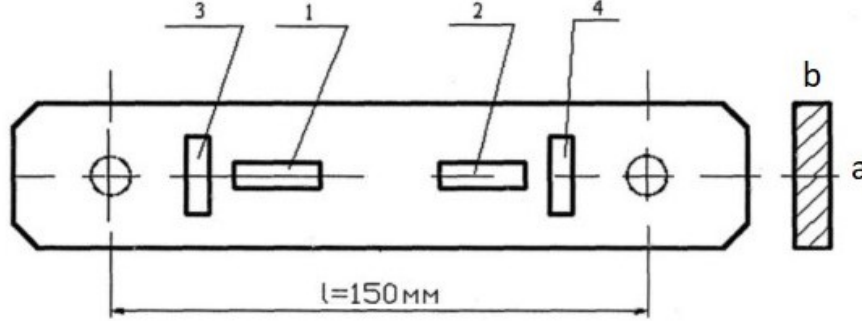


Рис. 1: Испытательная пластина.

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:

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

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 ε_{xx} и ε_{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).

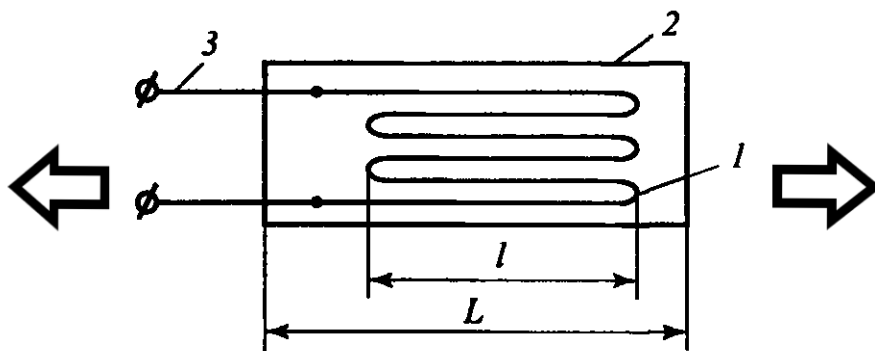


Рис. 2: Схема тензодатчика.

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.

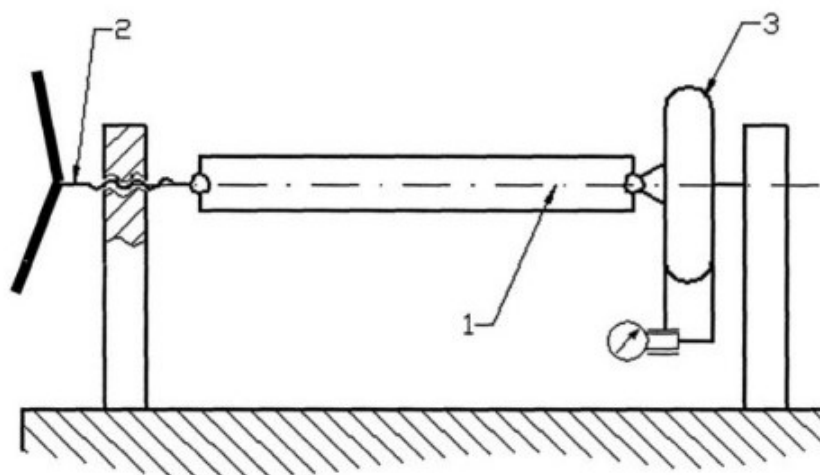


Рис. 3: Схема экспериментальной установки.

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 ν и E . Относительные деформации ε_{xx} , ε_{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 σ_{xx} от величины продольной деформации ε_{xx} . Построим прямую методом наименьших квадратов.

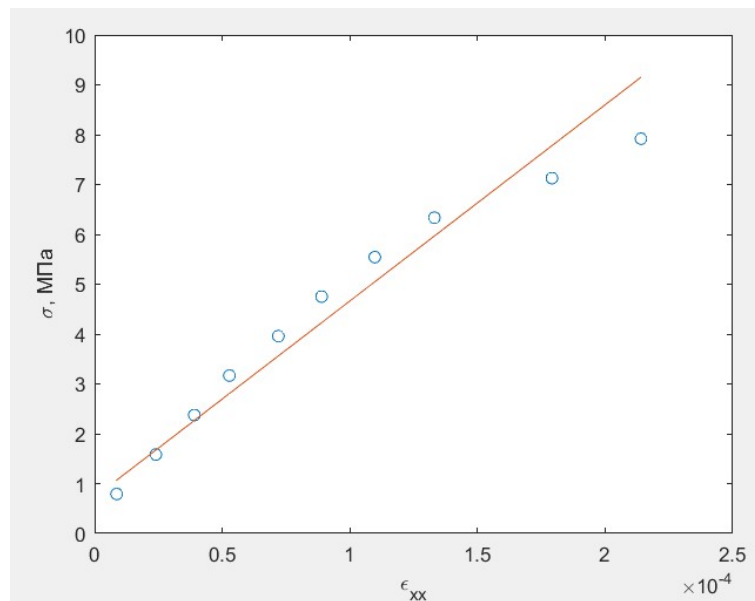


Рис. 4: График зависимости σ_{xx} от ε_{xx} .

Считая, что в двух последних шагах результаты не являются достоверными, были вычислены конечные значения коэффициента Пуассона ν 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
ΔE	12	
ν	0.32	—
$\Delta \nu$	0.01	
$\Delta E/E$	23	%
$\Delta \nu/\nu$	2	

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.

P	Δn_x	Δn_y	ε_{xx}	ε_{yy}	σ_{xx}	ν	E
Н	дел.		10^{-6}		МПа	–	ГПа
50	14	-6	8.64	-3.52	0.79	0.43	88.38
100	24	-7	15.36	-4.16	1.58	0.29	51.56
150	24	-9	15.04	-5.76	2.38	0.37	51.56
200	22	-5	13.76	-2.88	3.17	0.23	56.24
250	30	-11	19.2	-6.72	3.96	0.37	41.24
300	27	-8	16.96	-4.8	4.75	0.3	45.83
350	33	-9	20.8	-5.76	5.54	0.27	37.49
400	37	-10	23.36	-6.08	6.34	0.27	33.44
450	72	-23	46.08	-14.4	7.13	0.32	17.19
500	55	-16	34.88	-9.92	7.92	0.29	22.5

Таблица 1: Экспериментальные и расчетные данные.