

Санкт-Петербургский Государственный Университет  
Saint-Petersburg State University

ЛАБОРАТОРИЯ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

**ОТЧЕТ**

**По лабораторной работе 1**

«Измерение модуля Юнга и коэффициента Пуассона»

По дисциплине

«Лабораторный практикум, лабораторная работа»

Выполнили:

Баталов С. А.  
Хайретдинова Д. Д.

Санкт-Петербург  
2021

## Цель работы

Исследование образцов на одноосное растяжение с измерением деформаций и определением постоянных, характеризующих упругие свойства образца — модуля Юнга  $E$  и коэффициента Пуассона. Знакомство с тензодатчиками сопротивления и их принципом действия.

## Теоретическое исследование

Рассмотрим стержень длины  $l = 150$  мм, ширины  $a = 28.7$  мм и толщины  $b = 2.2$  мм. Площадь сечения  $S_0 = 63 \text{ мм}^2$ , стержень растягивается силой  $P$ .

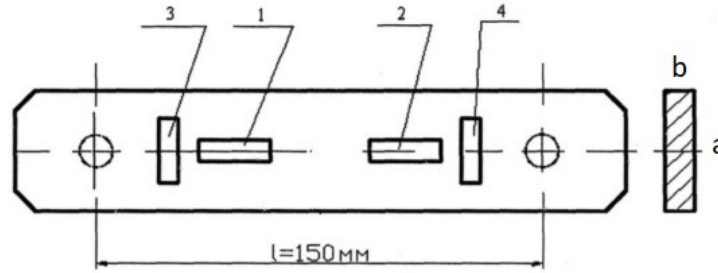


Рис. 1: Объект испытаний

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

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

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:

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

Относительное удлинение  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}$  стержня в данной работе находим прямым измерением при помощи тензодатчиков

## Описание установки

В данной лабораторной работе деформации измеряются посредством тензодатчиков, которые установлены в продольном и поперечном направлениях. Тензодатчик (рис.4) 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

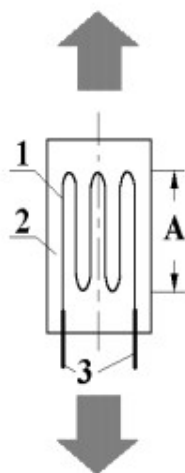


Рис. 2: Тензодатчик

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 – силоизмерительное устройство

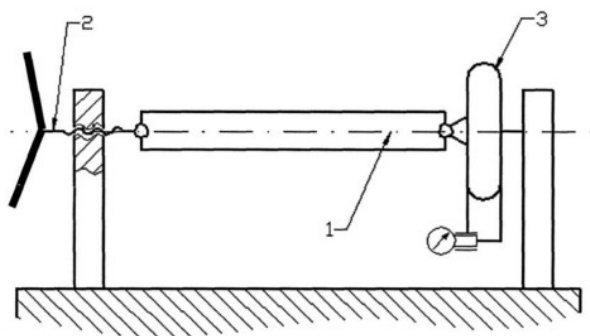


Рис. 3: Схема экспериментальной установки

## Экспериментальные данные

При выполнении работы расчеты производили, пользуясь пакетом **Matlab**. Образец нагружали последовательно силой  $P$  до 500Н с шагом 50Н на каждом шагу фиксируя показания измерителя деформаций для 4 тензорезисторов. Подсчитали разность показаний измерителя деформаций для ступени  $\Delta P = 50\text{Н}$  и занесли в таблицу 1. Усреднили показания и определили приращения деформации  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}$ , соответствующие приращению силы по формулам:

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

Для каждого шага вычислили постоянные  $\nu$  и  $E$ .

Нагрузка $P$	Продольная деформация $\Delta n_x$	Поперечная деформация $\Delta n_y$	$\varepsilon_{xx}$	$\varepsilon_{yy}$	$\sigma_{xx}$	$\nu$	$E$
Н	Показания ИД, дел.	Показания ИД, дел.	$\cdot 10^{-6}$	$\cdot 10^{-6}$	МПа		ГПа
50	14	-6	8.96	-3.84	0.79	0.43	88.38
100	24	-7	15.36	-4.48	1.58	0.29	51.56
150	24	-9	15.36	-5.76	2.38	0.37	51.56
200	22	-5	14.08	-3.2	3.17	0.23	56.24
250	30	-11	19.2	-7.04	3.96	0.37	41.24
300	27	-8	17.28	-5.12	4.75	0.3	45.83
350	33	-9	21.12	-5.76	5.54	0.27	37.49
400	37	-10	23.68	-6.4	6.34	0.27	33.44
450	72	-23	46.08	-14.72	7.13	0.32	17.19
500	55	-16	35.2	-10.24	7.92	0.29	22.5

Таблица 1: Экспериментальные и расчетные данные

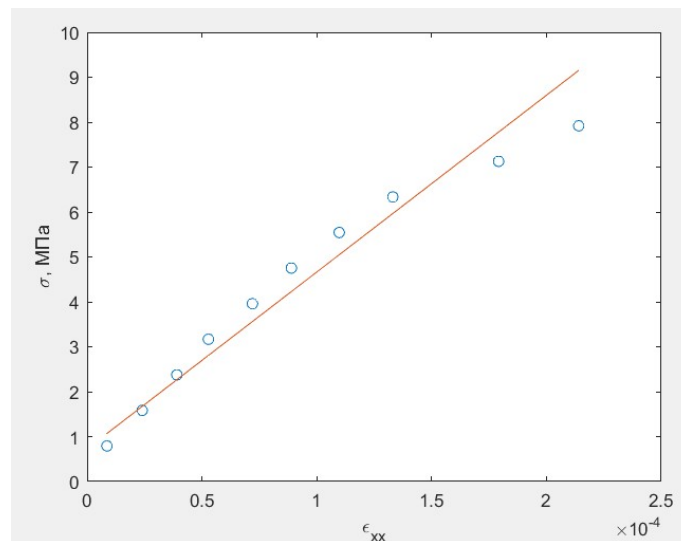


Рис. 4: График зависимости  $\sigma$  от  $\varepsilon_{xx}$

Считая, что в 2 последних шагах результаты не являются достоверными, вычислили конечное значение коэффициента Пуассона и модуля Юнга

$E$	$\Delta E$	$\nu$	$\Delta \nu$
ГПа	ГПа		
51	$\pm 12$	0.32	$\pm 0.01$

Относительная погрешность измерений

$$\frac{E}{\Delta E} = 23\% \quad \frac{\nu}{\Delta \nu} = 2\% \quad (6)$$

## Вывод

В проделанной работе 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, постоянные, характеризующие упругие свойства материала. Оценили относительные погрешности результатов.