

**ОПД.Ф.02.02 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ 1-ГО РОДА  
И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА**

Методические указания к лабораторной работе

Методические указания содержат краткие сведения из теории, описание образцов, приборов и машин, необходимые для выполнения лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы, алгоритм обработки результатов испытаний, контрольные вопросы.

Для студентов очной и заочной форм обучения, изучающих курс «Соппротивление материалов».

## **Введение**

Важной составляющей курса «Сопротивление материалов» наряду с аналитическими расчетами является изучение основных законов и свойств материалов в лабораторных условиях. Прочностные характеристики материалов (модуль упругости I-го рода и коэффициент Пуассона) обычно определяются экспериментальным путем, по стандартным методикам, с которыми студенты ознакомятся в ходе выполнения лабораторной работы.

Лабораторная работа состоит из нескольких этапов: сначала определяется цель работы, затем из основных аналитических зависимостей выводятся формулы для определения необходимых величин, далее изучаются принципы действия приборов и машин, необходимых для проведения экспериментов, и намечается порядок выполнения работы. В ходе выполнения работы снимаются показания приборов и заносятся в протокол выполнения работы, после чего данные обрабатываются и оформляются в виде отчета, с которым студент защищает выполненную работу.

### **Лабораторная работа**

Определение модуля упругости I-го рода и коэффициента Пуассона.

Цель работы: определить модуль упругости I-го рода исследуемого стального образца  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$ .

#### **1. Краткие сведения из теории**

При центральном растяжении стержня силой  $F$  во всех его поперечных сечениях, перпендикулярных оси стержня, возникает продольная сила  $N=F$ , которая является равнодействующей внутренних сил в сечении. Стержень будет испытывать удлинение в продольном направлении и сужение в поперечном направлении.

Относительная продольная деформация  $\varepsilon$  и относительная поперечная деформация  $\varepsilon'$  определяется по формулам:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ и } \varepsilon' = \frac{\Delta a}{a}, \quad (1)$$

где  $l$  – первоначальная длина стержня,  $\Delta l$  – абсолютное удлинение,  $a$  – характерный размер поперечного сечения стержня (например, диаметр круглого сечения или сторона прямоугольного сечения),  $\Delta a$  – изменение характерного размера поперечного сечения.

Так как по сечению внутренние усилия распределяются равномерно, то нормальное напряжение  $\sigma$  определяется по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (2)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения.

В пределах малых удлинений выполняется закон Гука, который устанавливает прямопропорциональную зависимость между нормальными напряжениями и относительной продольной деформацией:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости или модуль упругости I-го рода (модуль Юнга).

Подставив (2) в (3), получим формулу для определения модуля упругости I-го рода:

$$E = \frac{N}{A \cdot \varepsilon} = \frac{F}{A \cdot \varepsilon}. \quad (4)$$

Опыты показывают, что относительная поперечная деформация пропорциональна относительной продольной деформации и противоположна ей по знаку:

$$\varepsilon' = -\mu \cdot \varepsilon. \quad (5)$$

Абсолютная величина отношения относительной поперечной деформации к относительной продольной деформации обо-

значается  $\mu$  и называется коэффициентом Пуассона:

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right|. \quad (6)$$

## 2. Электрические тензометрические измерения

Для исследования распределения деформаций в деталях машин, конструкций и сооружений широко используются электрические тензометры – приборы для измерения малых линейных деформаций. Основным элементом тензометра является тензометрический датчик. Датчик – это элемент, который, принимая деформацию, преобразует ее в изменение какого-либо электрического параметра. Он представляет собой несколько петель тонкой (диаметр 0,025-0,030 мм) проволоки, наклеенной на полоску бумаги. Длина прямолинейного отрезка проволоки  $a$  называется базой тензометра (рис. 1).

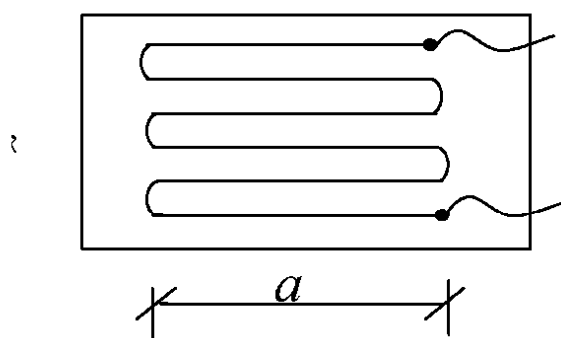


Рис. 1

Датчик наклеивается специальным клеем на исследуемый образец, деформации которого передаются проволоке. Электрическое сопротивление  $R$  отрезка проводника из однородного металлического или полупроводникового материала определяется известной зависимостью

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (7)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление,  $l$  – длина проводника,  $S$  – площадь поперечного сечения проводника. При растяжении увеличивается длина  $l$  и уменьшается площадь поперечного сечения проводника  $S$ , следовательно, изменяется сопротивление проводника. Изменение сопротивления датчика регистрируется прибором, и по нему можно определить абсолютную деформацию базы датчика. Разделив величину абсолютной деформации по показанию тензометра на величину его базы, можно найти относительную линейную деформацию в выбранном направлении.

При выполнении лабораторной работы по определению модуля упругости I-го рода и коэффициента Пуассона используется прибор ИДЦ-1 (измеритель деформаций цифровой). Диапазон измеряемых им деформаций лежит в пределах от 0 до 19990 еод. (1 еод. =  $10^{-6}$  относительной деформации  $\frac{\Delta l}{l}$ ). Цена одной единицы дискретности показаний прибора равна 10 еод. Время одного измерения по каждому из 10 каналов не превышает 1,5 с. Измерение производится согласно выбранному каналу (путем фиксации кнопки переключателя «КАНАЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ») кратковременным нажатием кнопки «ПУСК». Отсчет показаний производится по цифровому табло. Начальное показание принимается за условный нуль измерения, поэтому для определения деформаций необходимо вычислить приращение показаний.

### **3. Образец и машина для испытаний**

Испытание производится на машине Р-5, имеющей механический привод (рис. 2). Образец представляет собой длинный призматический стержень прямоугольного сечения ( $25 \times 9,3$  мм).

При установке образца в захваты разрывной машины необходимо следить за его правильной центровкой. Для уменьшения влияния возможной внецентренной установки образца на него наклеено по два датчика в продольном и поперечном направлениях, с противоположных сторон испытуемого образца.

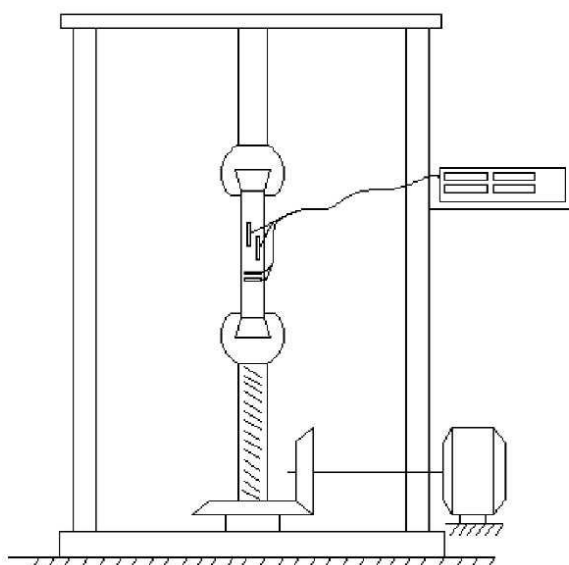


Рис. 2

#### 4. Порядок выполнения работы

1) Ознакомиться с установкой. Для записи показаний приборов выделить из бригады наблюдателей.

2) Перед началом опыта вычислить предельно допустимое значение нагрузки по формуле

$$F_{\text{пред}} = \sigma_{\text{по}} \cdot A$$

(предел пропорциональности  $\sigma_{\text{по}}$  принимаем равным 210 МПа):

$$F_{\text{пред}} = \sigma_{\text{по}} \cdot A = 210 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 25 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 48,8 \cdot 10^3 \text{ Н} = 48,8 \text{ кН}$$

3) Задать некоторую предварительную нагрузку, необходимую для выборки зазоров в системе крепления образца (напри-

мер,  $F = 4 \text{ кН}$ ), затем – нагрузку, меньшую определенного выше предельного значения (например,  $F = 44 \text{ кН}$ ).

4) При каждом значении нагрузки по п. 3) провести измерение деформации прибором ИДЦ-1 для двух каналов, связанных с тензOMETрами, измеряющими продольные деформации образца, и для двух каналов, связанных с тензOMETрами, измеряющими поперечные деформации. Полученные показания занести в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка $F$ , кН	$\varepsilon_1$ , еод.	$\varepsilon_2$ , еод.	$\varepsilon_3'$ , еод.	$\varepsilon_4'$ , еод.

5) По данным табл. 1 обработать результаты измерений и, выполнив вычисления по формулам (4) и (6), заполнить табл. 2.

Таблица 2

$\Delta F$ , кН	$\Delta \varepsilon_1$ , еод.	$\Delta \varepsilon_2$ , еод.	$\Delta \varepsilon_{cp.}$ , еод.	$E$ , ГПа	$\Delta \varepsilon_3'$ , еод.	$\Delta \varepsilon_4'$ , еод.	$\Delta \varepsilon'_{cp.}$ , еод.	$\mu$

Полученные значения модуля упругости первого рода  $E$  и коэффициента Пуассона  $\mu$  сравнить со справочными данными.

## Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

1. Запишите закон Гука. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

2. В каких пределах справедлив закон Гука? Покажите этот участок на диаграмме растяжения.

3. Напишите формулу для относительной продольной деформации. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

4. Напишите формулу для относительной поперечной деформации. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

5. Напишите формулу для вычисления нормальных напряжений при растяжении. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

6. Как распределяются нормальные напряжения по поперечному сечению образца?

7. Напишите формулу для определения модуля упругости I рода. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

8. Чему численно равен модуль упругости I рода на диаграмме растяжения?

9. Напишите формулу для определения коэффициента Пуассона. Поясните все входящие в формулу величины (как называется, в каких единицах измеряется).

10. Как называется прибор для измерений, необходимый для выполнения лабораторной работы?

11. Как экспериментальным путем определить  $E$ ?

12. Как экспериментальным путем определить  $\mu$ ?

13. Какие величины определены в ходе выполнения работы?

14. Какова цель работы?

15. Каков порядок выполнения работы?



## Библиографический список

1. Беляев М.Н. Сопротивление материалов. – М.: Физматгиз, 1962. – 610 с.

2. Сборник задач по сопротивлению материалов / Под ред. А.С. Вольмира. – М.: Наука, 1984. – 408 с.

3. Степин П.А. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 303 с.

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Лабораторная работа .....</b>	<b>3</b>
1. Краткие сведения из теории .....	3
2. Электрические тензометрические измерения .....	5
3. Образец и машина для испытаний .....	6
4. Порядок выполнения работы .....	7
<b>Контрольные вопросы к защите лабораторной работы ..</b>	<b>9</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>10</b>