



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра «Строительная механика и теория сооружений»

Практикум

по проведению учебно-исследовательской
лабораторной работы

«Определение модуля упру- гости и коэффициента Пуассона»

Авторы

Кадомцева Е.Э.,
Стрельников Г.П.

Ростов-на-Дону, 2024

Аннотация

Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона: практикум по проведению учебно-исследовательской лабораторной работы.

Практикум ставит своей задачей ознакомление студентов, изучающих общий курс дисциплин сопротивление материалов, техническая механика, архитектурно-строительная механика, теоретическая и прикладная механика, строительная механика, с вопросами экспериментального определения модуля упругости и коэффициента Пуассона.

В практикуме приведено описание обучающего программного комплекса виртуальной лабораторной работы «Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона», изложены основные теоретические положения, необходимые для проведения лабораторной работы, дано описание образца и эксперимента, изложен порядок проведения и обработки результатов испытаний.

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной) технических направлений подготовки (специальностей), в частности, для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01 – Строительство; 07.03.02 – РР; 07.03.01 – Архитектура; 07.03.04 – ГР; 23.03.03 – АС; 29.03.04 – ТХОМ и специальностям 08.05.01 – СУЗ; 27.05.01 – ПГ; 23.05.01 – ПТО.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Сопротивление материалов»
Кадомцева Е.Э.

к.ф.-м.н., доцент кафедры «Сопротивление
материалов» Стрельников Г.П.



Оглавление

Лабораторная работа « Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона»	4
1. Цель работы	4
2. Испытательная установка	4
3. Образец	5
4. Описание эксперимента	5
5. Основные теоретические положения	6
6. Общий порядок работы на ПЭВМ	9
7. Последовательность проведения работы	10
8. Обработка результатов испытаний	10
9. Контрольные вопросы и задания	11

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА « ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА»

1. Цель работы

Ознакомление студентов, изучающих общий курс сопротивления материалов, с вопросами экспериментального определения величины модуля упругости и коэффициента Пуассона стали при растяжении.

Настоящая учебно-исследовательская лабораторная работа ставит своей задачей:

1. Изучить поведение материала образцов при центральном растяжении.
2. Изучить вопросы экспериментального определения величины модуля упругости стали при растяжении.
3. Изучить вопросы экспериментального определения величины коэффициента Пуассона стали при растяжении.

2. Испытательная установка

Лабораторная работа проводится на компьютере с помощью обучающего программного комплекса виртуальных лабораторных работ **COLUMBUS -10**.

Испытания проводятся с помощью разрывной машины Р-5 с максимальным усилием 49 кН (5 тс), вызывающей растяжение образца увеличением расстояния между захватами машины. Вид экрана компьютера с установкой показан на рис.1.

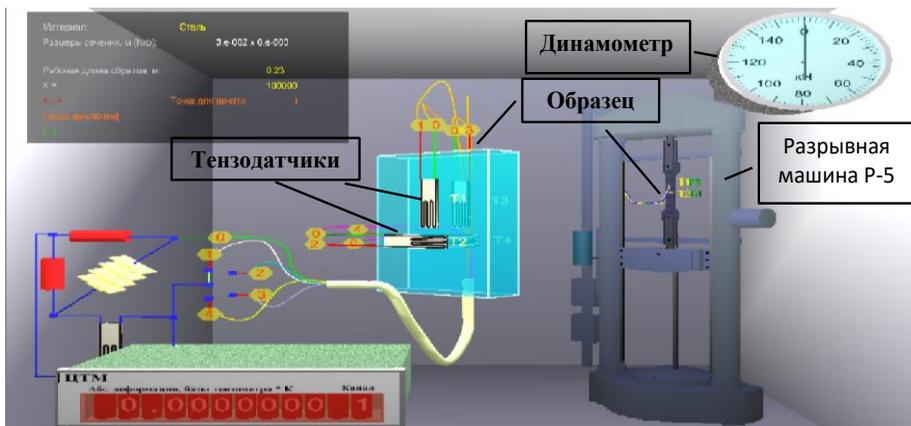
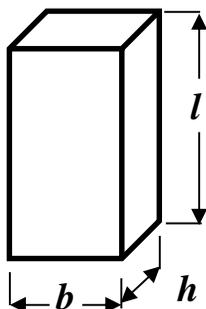


Рис.1. Вид экрана компьютера с установкой

3. Образец



При испытании используется **стальная полоса** с проушинами для захватов в виде серег. Расчетный участок, подвергаемый центральному растяжению, имеет длину $l = 23\text{см}$. Поперечное сечение полосы прямоугольное со сторонами $h = 0,6\text{см}$; $b = 3\text{см}$ (рис.2).

Рис.2. Образец

4. Описание эксперимента

На двух противоположных широких гранях полосы наклеивают по паре тензодатчиков с базой $S = 0,02\text{ м}$. С помощью тензодатчиков можно экспериментально определить абсолютную деформацию участка S материала.

С помощью специальных приборов – **тензометров** – определяется абсолютное удлинение отрезка ΔS и вычисляется средняя на длине базы относительная деформация $\tilde{\epsilon} = \Delta S / S$. Чем меньше база, тем ближе средняя величина относительной деформации к истинной.

В данной работе применяются электрические тензометры – **датчики омического сопротивления**

представляющие собой константановую проволоку (сплав меди с никелем) диаметром 0.02мм, наклеенную на бумагу в виде петель с двумя выводами, служащими для подключения к измерительной схеме. Тензометры Т1, Т3 позволяют определять продольную деформацию, тензометры Т2, Т4 позволяют определять поперечную деформацию. Величину приложенной силы определяют с помощью динамометра (рис. 1).

5. Основные теоретические положения

Центральным растяжением (или центральным сжатием) называется такой вид деформации, при котором в поперечных сечениях стержня возникает только продольная сила N , а все остальные усилия (поперечные силы, изгибающие и крутящий моменты) равны нулю.

Центральное растяжение (сжатие) – простой вид сопротивления, при котором стержень нагружен силами, параллельными продольной оси стержня и приложенными в центре тяжести его сечения (рис. 3).

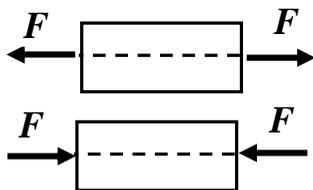


Рис. 3

Этот вид деформации имеет место, например, при действии на стержень двух равных противоположно направленных сил, приложенных к концевым сечениям и действующих по оси стержня (рис.3).

Продольная сила представляет собой равнодействующую внутренних сил в поперечном сечении стержня. Она определяется из условий равновесия отсеченной части стержня и численно равна *сумме проекций на ось стержня всех внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения.*

При растяжении продольная сила направлена от сечения и считается положительной (рис.4). При сжатии она направлена к сечению.

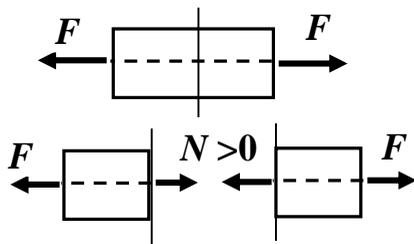


Рис. 4

В соответствии с гипотезой плоских сечений (гипотеза Я. Бернулли) (*сечения, плоские и перпендикулярные к оси стержня до деформации, остаются плоскими и перпендикулярными к оси после деформации*) нормальные напряжения равномерно распределены по поперечному сечению и равны

$$\sigma = \frac{N}{A},$$

где

σ – величина нормального напряжения;

N – величина продольной силы;

A – площадь поперечного сечения.

Рассмотрим стержень, находящийся под действием растягивающей нагрузки (рис.5).

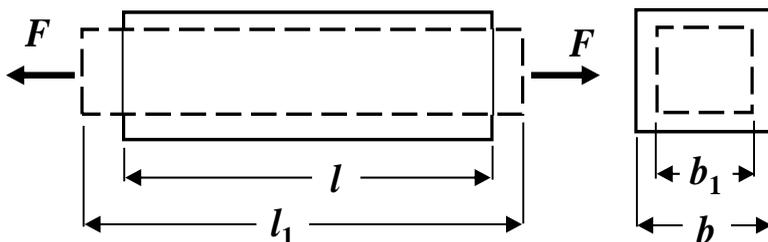


Рис.5

Продольную деформацию стержня характеризуют следующие величины:

– *Абсолютная продольная деформация равная*

$$\Delta l = l_1 - l,$$

где

l – первоначальная длина стержня;

l_1 – длина стержня после деформации (рис.5).

– *Относительная продольная деформация* (относительное

удлинение)

$$\varepsilon_{\text{прод}} = \frac{\Delta l}{l}.$$

Поперечную деформацию стержня характеризуют следующие величины:

– *Абсолютная поперечная деформация*

$$\Delta b = b_1 - b,$$

где

b – первоначальный поперечный размер;

b_1 – размер поперечного сечения стержня после деформации (рис.5).

– *Относительная поперечная деформация*

$$\varepsilon_{\text{попер}} = \frac{\Delta b}{b}.$$

Между поперечной и продольной деформациями существует установленная экспериментально зависимость

$$\varepsilon_{\text{попер}} = -\nu \varepsilon_{\text{прод}}.$$

Здесь

ν – коэффициент Пуассона, характеризующий способность материала к поперечным деформациям.

Значение ν для всех материалов колеблется в пределах $0 \leq \nu \leq 0,5$. Для стали при упругих деформациях можно принять $\nu \approx 0,3$.

Для многих материалов при нагружении до определенных пределов опыты показывают следующую зависимость между нормальным напряжением σ и относительной продольной деформацией $\varepsilon_{\text{прод}}$

$$\sigma = E \varepsilon_{\text{прод}},$$

которая носит название **закона Гука**.

Коэффициент E , зависящий от материала называется **модулем продольной упругости** или **модулем упругости первого рода**. Для стали Ст. 3 $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

6. Общий порядок работы на ПЭВМ

1. Открывается папка **COLUMBUS-10**. На экране появляются иконки одиннадцати исполняемых модулей. Для запуска программы лабораторной работы нужно щелкнуть мышью на месте иконки «**Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона**».

2. При выполнении каждой лабораторной работы верхняя строка экрана содержит **Главное меню** и **Панель инструментов** лабораторной работы (Рис. 6)

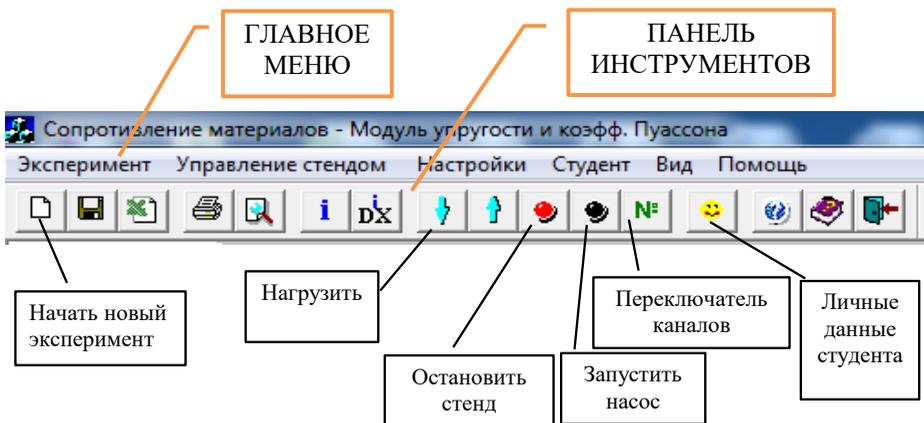


Рис.6. Главное меню и основные кнопки Панели Инструментов

7. Последовательность проведения работы

1. Нажимается кнопка «Запустить насос» – в динамиках включается характерный звук.
2. Курсор устанавливается на кнопку с голубой стрелкой вниз – включается режим «Нагрузить».
3. Курсор перемещается на красную кнопку «Остановить стенд», на которую нужно нажать, когда на динамометре стрелка не достигнет отметки 4 кН.
4. Последовательное нажатие на кнопку «№» дает возможность записи отсчетов из окна индикатора в журнал испытаний показаний тензодатчиков, увеличенные в 10^5 раз. Журнал приводится в приложении 2.
5. Последовательно выполняются пункты 2, 3, 4, доводя силу F до величины 20 кН.

8. Обработка результатов испытаний

1. В таблице журнала испытаний (Приложение 1) вычисляются разности показаний индикатора по каждому тензомеру на каждом шаге нагрузки и вычисляются четыре средних показания для интервала изменения нагрузки $\Delta F = 4$ кН: ΔT_1^{cp} , ΔT_2^{cp} , ΔT_3^{cp}

$$\Delta T_4^{cp}$$

2. Вычисляются средние абсолютные деформации базы вдоль и поперек оси стержня-полосы по формулам

$$\Delta S_{\text{прод}} = \frac{(\Delta T_1^{cp} + \Delta T_3^{cp})}{2} \cdot 10^{-5} \text{ м}; \quad \Delta S_{\text{попер}} = \frac{(\Delta T_2^{cp} + \Delta T_4^{cp})}{2} \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

3. Вычисляются продольная и поперечная относительные деформации, делением на базу $S = 0,02$ м

$$\varepsilon_{\text{прод}} = \frac{\Delta S_{\text{прод}}}{0,02};$$

$$\varepsilon_{\text{попер}} = \frac{\Delta S_{\text{попер}}}{0,02}.$$

4. Вычисляется коэффициент Пуассона

$$\nu = \frac{\varepsilon_{\text{попер}}}{\varepsilon_{\text{прод}}}$$

5. Вычисляется площадь поперечного сечения стержня-палочки

$$A = b \cdot h.$$

6. Вычисляется нормальное напряжение в точках поперечного сечения

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

7. Вычисляется модуль упругости

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{прод}}}$$

9. Контрольные вопросы и задания

1. Какова цель лабораторной работы?
2. Какой вид деформации называется центральным растяжением-сжатием?
3. Как определяются нормальные напряжения при центральном растяжении-сжатии?
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при центральном растяжении-сжатии?
5. Как определяется абсолютная и относительная продольные деформации?
6. Как определяется абсолютная и относительная поперечные деформации?
7. Что такое коэффициент Пуассона и какие значения он принимает?
8. Сформулируйте закон Гука. Каковы пределы его применимости?
9. Стержень круглого сечения с диаметром $d = 1$ см и длиной $l = 10$ см растягивается силами F . Длина стержня увеличилась

на 0,01см, а диаметр уменьшился на 0,0003см. Найти коэффициент Пуассона.

10. Продольная линейная деформация стержня 1 (рис.7) равна ϵ . Модуль упругости E и площадь поперечного сечения A известны. Значение силы F равно?

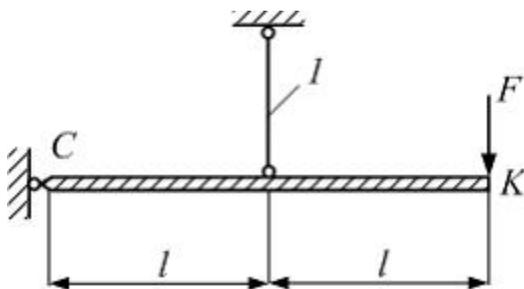


Рис. 7

11. Абсолютно жесткий брус поддерживается упругим стержнем 1 (рис. 8). Линейная продольная деформация стержня 1 равна?

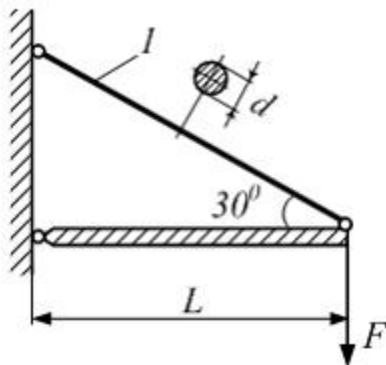


Рис. 8

12. При испытании на растяжение стрелка тензомера с базой, равной 60мм, переместилась с деления 5 на деление 9 (рис. 9). Цена деления шкалы тензомера 0,001 мм. Модуль упругости материала образца $E=2 \cdot 10^5$ МПа . Напряжение в крайнем правом слое равно?

13. При нагружении образца прямоугольного сечения силами $F=0,04\text{MN}$ (рис. 10) стрелки тензометра **A** и **B** переместились на 6 и 4 деления. База тензометра 20мм. Цена деления 0,001мм. Модуль упругости равен?

14. При нагружении образца прямоугольного сечения силами F (рис. 11) стрелки тензометра **A** и **B** переместились на 10 делений. Стрелка тензометра **C** переместилась на 3 деления. Цена деления 0,001мм. Коэффициент Пуассона материала образца равен?

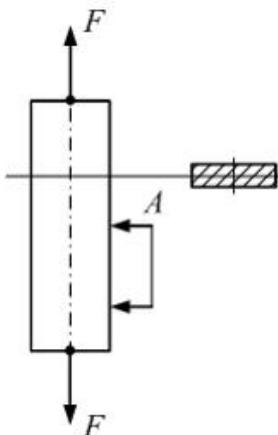


Рис.9

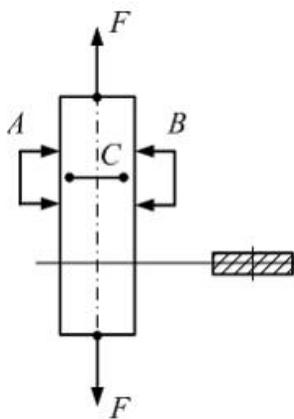


Рис.10

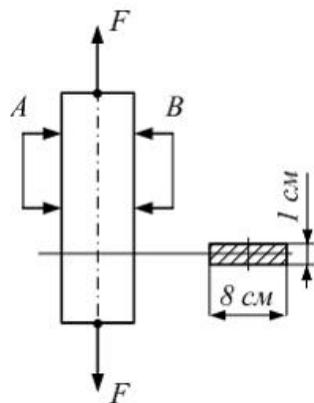


Рис.11

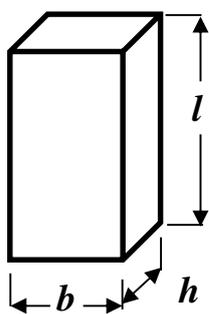
/Образец/

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № _____

«Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона»

Дата проведения работы _____

I. Наименование машины - Разрывная машина Р-5
II. Эскиз испытываемого образца:

 Длина $l =$ см.

Размеры поперечного сечения:

 $b =$ см $h =$ см;

III. Журнал испытаний

Нагрузка F , кН	T_1	ΔT_1	T_2	ΔT_2	T_3	ΔT_3	T_4	ΔT_4
4								
8								
12								
16								
20								
$\Delta T_1^{cp} =$		$\Delta T_2^{cp} =$		$\Delta T_3^{cp} =$		$\Delta T_4^{cp} =$		

Обработка результатов:

1.	Площадь поперечного сечения стержня-полосы (м ²)	$A =$
2.	Абсолютная продольная деформация базы тензометров (м)	$\Delta S_{\text{прод}} =$
3.	Абсолютная поперечная деформация базы тензометров (м)	$\Delta S_{\text{попер}} =$
4.	Продольная относительная деформация	$\varepsilon_{\text{прод}} =$
5.	Поперечная относительная деформация	$\varepsilon_{\text{попер}} =$
6.	Коэффициент Пуассона	$\nu =$
7.	Величина продольной силы (МН)	$N =$
8.	Нормальное напряжение в точках поперечного сечения (МПа)	$\sigma =$
9.	Модуль продольной упругости (МПа)	$E =$

Выводы:

Приложение 2

*/Образец оформления
титального листа лабораторной работы/*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Сопротивление материалов»

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
на тему
«Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона»**

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О.)

Принял _____

(Ф.И.О.)

**Ростов-на-Дону
2018**