

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»



В. А. Дронченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ ПРОДОЛЬНОЙ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ДЛЯ СТАЛИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей
1-36 01 01, 1-37 01 07, 1-37 01 06, 1-36 07 01,
1-36 07 02, 1-70 02 01, 1-70 04 71

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2022

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 539.3(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
механико-технологического факультета
в качестве методических указаний (протокол № 9 от 13.05.2022 г.)

Кафедра технологии и оборудования машиностроительного производства

© Дронченко В. А., 2022

© Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, 2022

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Определение модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона для стали» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Технические требования:

1 оптический диск.

Системные требования:

PC с процессором не ниже Core 2 Duo;

2 Gb RAM; свободное место на HDD 2 Mb;

Windows XP/7/8/8.1/10

привод CD-ROM/DVD-ROM;

мышь

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Подписано к использованию 20.09.2022.

Объем издания 923 Кб. Заказ 522.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

Цель работы: экспериментальным путем определить значения модуля упругости первого рода (модуль Юнга) и коэффициент Пуассона для стали.

Оборудование, приборы, образцы

1. Разрывная машина УММ-5 (рисунок 1), развивающая максимальное усилие на разрыв 5 т.



Рисунок 1. – Разрывная машина УММ-5

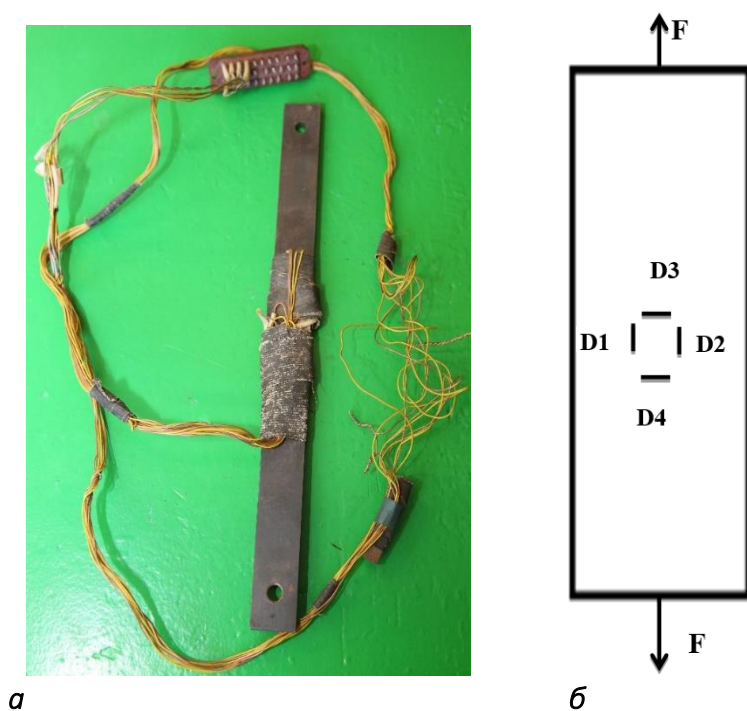
2. Измеритель деформаций ИД-62м (рисунок 2), позволяющий снимать данные с девяти тензодатчиков.



Рисунок 2. – Измеритель деформаций ИД-62м

3. Штангенциркуль.

4. Стальной образец в виде длинной пластины (рисунок 3), на которую наклеены четыре проволочных тензодатчика сопротивления для измерения деформации. При измерении деформаций проволочные тензодатчики проводами соединяются с измерителем деформаций ИД-62м по мостовой схеме Уитстона.



а

б

а – стальной образец;

б – схема расположения тензодатчиков сопротивления

Рисунок 3. – Стальной образец для испытания

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Современные конструкции различного назначения (машины, станки, автомобили, здания, сооружения, приборы и т.д.) должны быть не только прочными, надежными и долговечными, но и жесткими.

Жесткость – это способность конструктивных элементов сопротивляться деформации при внешнем воздействии.

Основным законом сопротивления материалов является сформулированный в 1678 г. Робертом Гуком закон о прямо пропорциональной зависимости между напряжением и относительной продольной деформацией, т.е.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

где σ – нормальные напряжения;

ε – относительная продольная деформация;

E – коэффициент пропорциональности, называемый модулем упругости первого рода, или модулем Юнга.

Указанная зависимость справедлива для упругих деформаций. С физической точки зрения модуль Юнга – это напряжения, при которых образец увеличивает свою длину вдвое. У линейно-упругих материалов модуль Юнга имеет постоянное значение в пределах зоны упругости. В случае не линейно-упругих материалов он принимает переменные значения. Модуль упругости первого рода является механической характеристикой материала, показывающей как материал сопротивляется деформациям. При осевых растяжении или сжатии элементы конструкции испытывают продольную и поперечную деформации. Для количественной оценки связи между продольными и поперечными деформациями определяют коэффициент Пуассона.

Коэффициент Пуассона ν равен отношению абсолютной величины относительной поперечной деформации ε_t к абсолютной величине относительной продольной деформации ε :

$$\nu = \frac{|\varepsilon_t|}{|\varepsilon|} \quad (2)$$

Также, как и модуль Юнга, коэффициент Пуассона является характеристикой сопротивляемости материала деформациям (характеристикой жесткости).

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Экспериментальное определение модуля Юнга и коэффициента Пуассона производится на стальном образце в виде длинной пластинки (см. рисунок 1), подвергнутому растяжению. Измерение деформаций осуществляется при помощи проволочных тензодатчиков сопротивления, наклеенных на испытываемый образец. Тензодатчики D1 и D2 позволяют определить продольную деформацию, D3 и D4 – поперечную.

1. Измерить при помощи штангенциркуля ширину a и толщину b образца.
2. Установить образец в захватах испытательной машины.
3. Подключить тензодатчики к измерителю деформаций при отсутствии нагрузки.

4. Нагрузить полосу от 5000 Н до 20 000 Н с шагом 5000 Н, снимая показания на измерителе деформаций для каждого тензодатчика сопротивления. Результаты занести в таблицу (приложение).

5. Произвести обработку результатов измерений.

Обработка и анализ полученных результатов

1. Вычислить площадь поперечного сечения образца

$$A = ab.$$

2. Вычислить напряжения

$$\sigma = \frac{\Delta F}{A},$$

где ΔF – шаг нагружения;

A – площадь поперечного сечения.

3. Вычислить средние показания измерителя деформаций и определить коэффициент Пуассона:

$$\varepsilon = Kn_{cp}; \quad \varepsilon_t = Kn_{tcp};$$
$$\nu = \frac{|\varepsilon_t|}{|\varepsilon|},$$

где K – коэффициент чувствительности тензодатчиков;

Δn_{cp} – среднее значение показания измерителя деформаций для тензодатчиков D1 и D2 (приложение);

n_{tcp} – среднее значение показаний измерителя деформаций для тензодатчиков D3 и D4 (приложение).

4. Определить величину модуля Юнга по формуле

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{Kn_{cp}}.$$

Полученные результаты оформить в виде отчета по лабораторной работе (приложение).

Необходимо сравнить опытные значения модуля упругости первого рода и коэффициент Пуассона с табличными для стали.

Табличные данные для стали (справочно):

сталь углеродистая $\nu = 0,24 \div 0,28$; $E = 1,90 \cdot 10^5 \div 2,05 \cdot 10^5$ МПа;
сталь инструментальная $\nu = 0,29$; $E = 2,05 \cdot 10^5 \div 2,16 \cdot 10^5$ МПа;
сталь легированная $\nu = 0,25 \div 0,33$; $E = 2,0 \cdot 10^5 \div 2,2 \cdot 10^5$ МПа.

На основании анализа экспериментальных и теоретических данных сформулировать выводы.

Основные термины и определения (на английском языке)

Stiffness is the ability of structural elements to resist deformation by external forces.

The young's modulus E (modulus of elasticity of the first kind) is a physical quantity characterizing the properties of a material to resist tension, compression with elastic deformation.

The Poisson's ratio ν is the ratio of relative transversal compression to relative longitudinal stretching, taken in absolute value.

The values E and ν are stiffness characteristics.

Контрольные вопросы

1. Какие тензодатчики используют при измерении деформаций?
2. Назовите схему соединения тензодатчиков с измерителем деформаций.
3. Сформулируйте закон Гука при растяжении–сжатии.
4. Опишите схему расположения тензодатчиков. Объясните, почему тензодатчики расположены таким образом.
5. Как определяется относительная деформация в работе?
6. Назовите деформации, при которых справедлив закон Гука.
7. Назовите численные значения коэффициента Пуассона для различных сталей.
8. Объясните физический смысл коэффициента Пуассона.
9. Проанализируйте результаты, полученные в работе.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие требования по охране труда

– При работе на машине УММ-5 на студента могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы: подвижные части оборудования.

Требования по охране труда перед началом работы

– Внешним осмотром убедиться в отсутствии механических повреждений испытательной машины и ее узлов;
– убедиться, что машина надежно заземлена;
– проверить отключение машины всех токоведущих элементов электрооборудования;
– убедиться в наличии защитного ограждения рабочей зоны;
– убедиться, что все органы управления находятся в исходном положении.

Требования по охране труда при выполнении работы

– Работа проводится без включения электрооборудования УММ-5;
– не проводить испытаний на растяжение без защитных ограждений на верхнем и нижнем захвате;
– при проведении испытаний не превышать ограничений по нагрузке свыше указанных для каждого диапазона;
– не производить самостоятельно (без разрешения преподавателя) ремонт и регулировку оборудования.

Требования по охране труда по окончании работы

– После завершения испытания следует: разгрузить испытываемый образец; снять с машины испытываемый образец установить все органы управления в исходное положение.

Требования по охране труда в аварийных ситуациях

– Немедленно прекратить работу при возникновении ситуаций, которые могут привести к аварии или несчастным случаям.

Литература

1. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учеб. для вузов / В.И. Феодосьев. – 9-е изд. перераб. – М. : Наука, 1986. – 512 с.
2. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Лабораторный практикум : учеб. пособие / М.Д. Подскребко, О.И. Мисуно, С.А. Легенький ; под ред. М.Д. Подскребко. – Минск : Алалфея, 2001. – 273 с.
3. Сборник задач по сопротивлению материалов : учеб. пособие / Н.М. Беляев [и др.] ; под ред. В.К. Качурина. – Издание второе, испр. – М. : Альянс, 2014. – 429 с.
4. Дарков, А.В. Сопротивление материалов : учеб. / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – Издание пятое, перераб. и доп. – М. : Альянс, 2014. – 622 с.
5. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов : учеб. пособие / Н.М. Беляев. – М. : Альянс, 2014. – 607 с.
6. Сборник задач по сопротивлению материалов : учеб. пособие / Л.А. Гурьева, В.А. Дронченко, И.Г. Гурьев ; под общ. ред. Л.А. Гурьевой. – Минск : Амалфея, 2002. – 352 с.

Отчет о лабораторной работе студент должен оформить следующим образом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Определение модуля продольной упругости и коэффициент Пуассона для стали

1. Цель работы.
2. Используемое оборудование, приборы, образцы.
3. Схема исследуемого образца.
4. Размеры поперечного сечения стального образца:
 a – ширина полосы;
 b – толщина полосы.
5. Определение коэффициента Пуассона

$$\nu = \frac{|\varepsilon_t|}{|\varepsilon|} = \frac{|n_{cp.t}K|}{|n_{cp}K|},$$

где ε – относительная продольная деформация;
 ε_t – относительная поперечная деформация.

6. Определение модуля упругости:

– напряжение $\sigma = \frac{\Delta F}{A}$;

– модуль упругости $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{np}}$.

7. Обработка результатов наблюдений (таблица).
8. Выводы.

