



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015

Институт/факультет Институт морских технологий,
энергетики и транспорта

Кафедра «Общеинженерные дисциплины и транспорт»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОБРАЗЦА ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Сопротивление материалов»
для студентов технических специальностей

Астрахань-2024

Составили:

Джахьяева С.Б., к.т.н, доц. кафедры «Общеинженерный дисциплины и наземный транспорт»;

Рецензент: Каргин С.А., к.т.н, доц. заведующий кафедры «Общеинженерный дисциплины и наземный транспорт»

Исследование деформации образца при сложном нагружении. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Соппротивление материалов» для студентов технических специальностей / АГТУ; Сост. С.Б. Джахьяева, – Астрахань, 2024. - 16 с.

В методических указаниях изложены теоретические основы проведения испытаний на сжатие различных материалов, представлена методика обработки полученных экспериментальных данных.

Методические указания для практических занятий по дисциплине «Соппротивление материалов» утверждены на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины и транспорт», протокол № 6 от 28 июня 2024 г.

© Астраханский государственный технический университет

Содержание

1. Цель работы	3
2. Инструменты и оборудование	3
3. Краткие теоретические сведения	4
4. Подготовка к испытанию	8
5. Проведение лабораторной работы	12
6. Контрольные вопросы	13

1. Цель работы

Получение диаграммы смещения образца при одновременном действии нагрузок, приложенных в различных точках.

2. Инструменты и оборудование

1. Испытательная машина (рисунок 2.1);
2. Образец — стержень квадратного сечения (2 шт);
3. П — образная опора задняя;
4. П — образная опора передняя;
5. Нагружающий элемент с динамометрическим электронным адаптером;
6. Электронный датчик перемещения;
7. Персональный компьютер (ноутбук);
8. Электронный блок;
9. Штангенциркуль;
10. Линейка

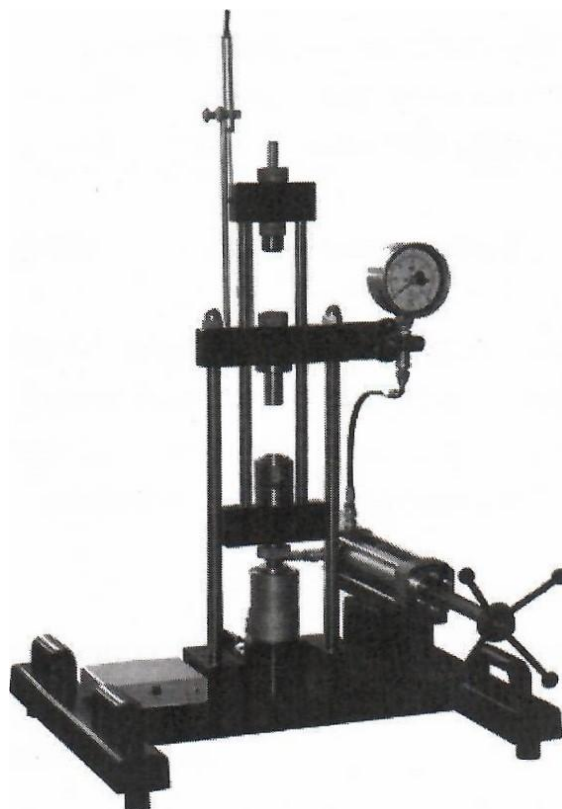


Рисунок 2.1 — Универсальная машина для исследования свойств материала.

3. Краткие теоретические сведения

При простых видах деформации (осевое растяжение или сжатие, сдвиг, кручение, плоский изгиб) в поперечных сечениях возникает только одно внутреннее усилие (продольная или поперечная сила, крутящий или изгибающий момент). На практике же большинство элементов конструкций и машин подвергается действиям сил, вызывающих одновременно не одну из указанных деформаций, а две и более. Различные комбинации простых деформаций называются сложным сопротивлением.

В данной лабораторной работе будет рассмотрена «консольная балка» – стержень, жестко закрепленный одним концом на задней П — образной опоре, нагружаемый в среднем сечении вертикальной силой P_1 и нагружаемый на свободном конце горизонтальной силой P (рисунок 3.1).

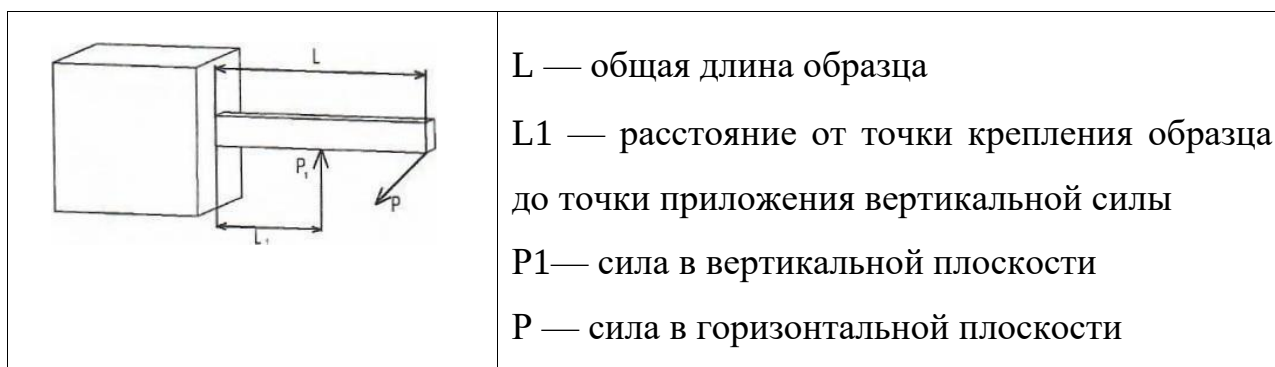


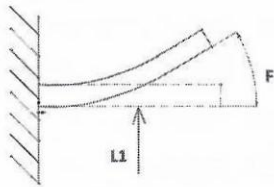
Рисунок 3.1 — Схема нагружения

При нагружении стержня вертикально вверх верхние слои будут сжиматься, а нижние растягиваться. Поскольку вертикальная сила прикладывается посередине образца данная деформация будет проявляться по длине стержня от закреплённого конца до точки приложения силы.

Аналогично под действием силы в горизонтальной плоскости внутренние слои сжимаются, а наружные растягиваются. При этом деформация проявляется по всей длине образца.

При аналитическом решении максимальные значения: поперечного перемещения W , угла поворота F , изгибающего момента M

определяются по следующим формулам:

В вертикальной плоскости	В горизонтальной плоскости
$W1 = - \frac{P1 \cdot L1^3}{3 \cdot E \cdot I}$	$W = - \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$
$F1 = \frac{P1 \cdot L1^2}{2 \cdot E \cdot I}$	$F = \frac{P \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot I}$
$M1 = - P1 \cdot L1$	$M = - P \cdot L$
$W3 = W1 + (L-L1) \cdot \sin (F1)$ Перемещение свободного конца образца	
	

Где P1, P — значения сосредоточенной силы,

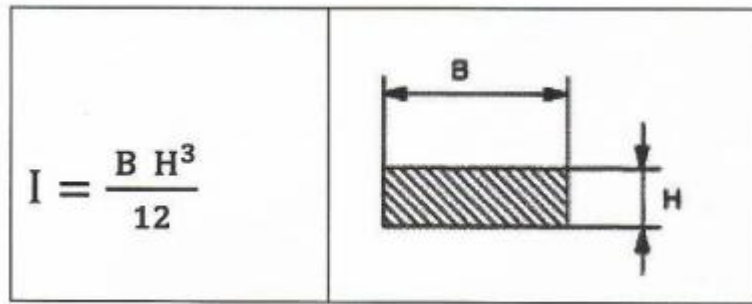
L1 - расстояние от точки крепления стержня до точки приложения вертикальной силы,

L - расстояние от точки крепления стержня до точки приложения горизонтальной силы

I - момент инерции поперечного сечения

E — модуль упругости ($2.1 \cdot 10^{11}$ Па для стального образца, $7 \cdot 10^{10}$ Па для алюминия)

Для балки прямоугольного сечения В×Н момент инерции определяется по формуле:



4. Подготовка к испытанию

1. Установить и закрепить на основании стенда заднюю и переднюю П-образные опоры.

2. Установить в отверстие штока насадку - толкатель. Закрепить на задней опоре образец.

3. Установить на передней опоре электронный датчик перемещения и динамометрический электронный адаптер

Подключить стенд к компьютеру для снятия показаний с датчика силы (давления) и датчика перемещения в вертикальной плоскости.

Для этого используется специальный электронный блок, изображенный на рисунке 4.1, к которому подключаются:

- Датчик давления,
- Датчик перемещения,
- Блок питания на 24В в разъем DC/24V,
- Компьютер USB-проводом в разъем PC



Рисунок 4.1 — Электронный блок

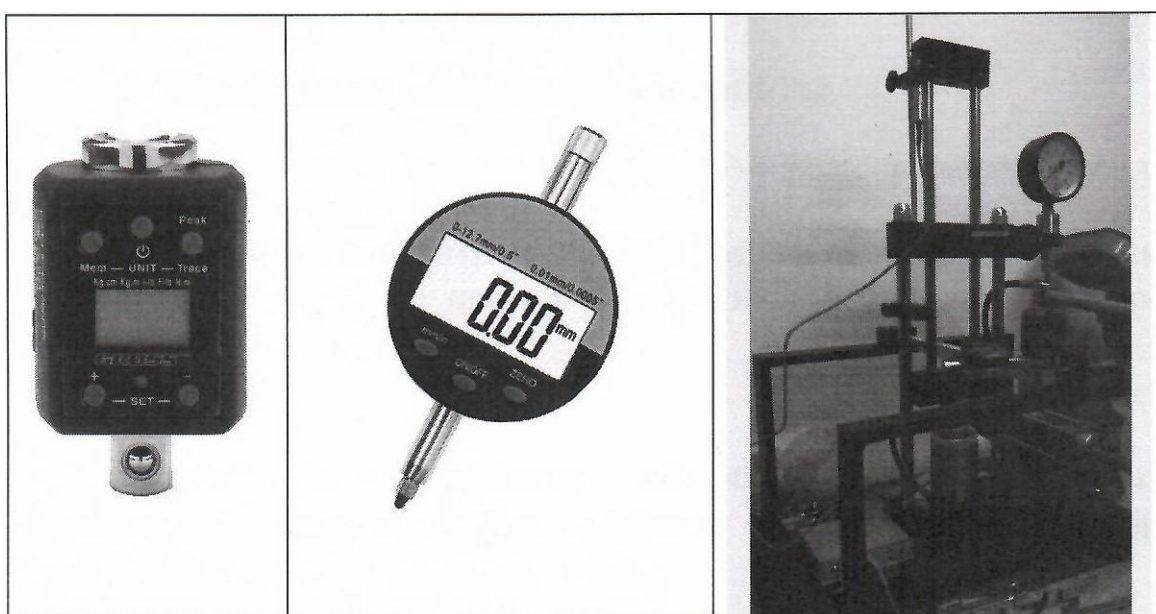


Рисунок 4.2 — Динамометрический электронный адаптер и электронный датчик перемещения, установка приборов на передней П-образной опоре

Момент силы и перемещение в горизонтальной плоскости отображаются на индикаторах электронного адаптера и датчика перемещения.

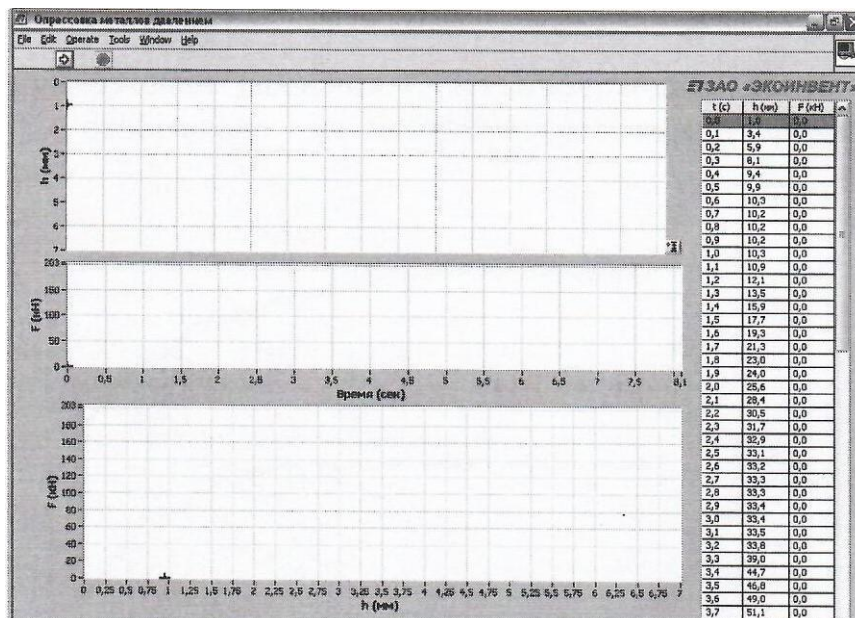


Рисунок 4.3 — Вид программы для работы со стендом

Верхнее окно — график смещения во времени

Среднее окно — график величины приложенной силы во времени

Нижнее окно — график прилагаемой силы в зависимости от смещения образца.

5. Проведение лабораторной работы

1) С помощью штангенциркуля измерить размеры сечения балки (определить В и Н).

2) Линейкой измерить расстояние от места крепления образца на задней опоре до точки приложения вертикальной силы и до свободного конца образца.

Важно! При нагружении образца следить за показаниями стрелочного манометра. Для избегания пластической деформации не превышать величину давления 1 МПа.

Приступить к нагружению балки, вращая штурвал по часовой стрелке.

Приложенная сила будет отображаться на мониторе красным графиком (второй график). В случае выхода графика за пределы шкалы, следует нажать кнопку для автоматического масштабирования. Она находится в правом нижнем углу графиков и изображена на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 — Кнопка автоматического масштабирования графиков.

По мере увеличения давления будет происходить изгиб балки. Ее перемещение отображено на мониторе зеленым графиком (первый график) (рисунок 5.2).

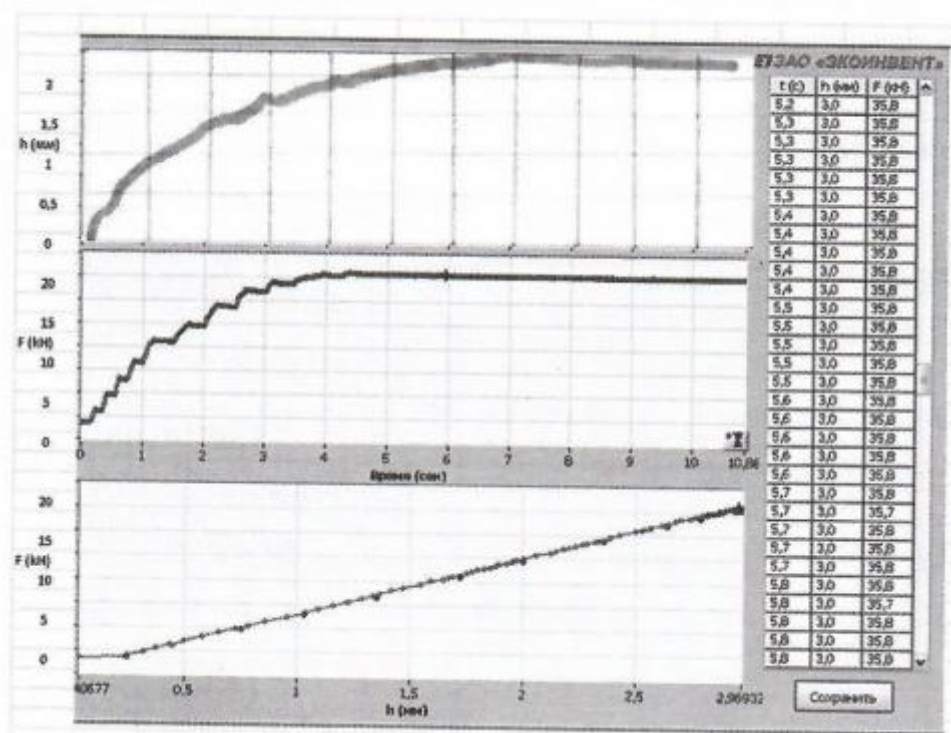


Рисунок 5.2 – Диаграмма нагружения

Рассчитать момент инерции стержня.

Для 5 значений нагрузки P 1 произвести расчет:

Вертикальная плоскость	Расчет	Эксперимент
Значение P_1 (1) (измеренное)		
Прогиб в точке приложения силы		
Максимальный угол поворота		
Вертикальное смещение свободного конца образца		
Значение P_1 (2) (измеренное)		
Прогиб в точке приложения силы		
Максимальный угол поворота		
Вертикальное смещение свободного конца образца		
Значение P_1 (3) (измеренное)		

Нагрузив до заданной силы, и сняв показания с датчика перемещения, приступить к нагружению балки в горизонтальной плоскости (Рисунок 4.2) Вставить рычаг в электронный адаптер.

Последовательно нагружая рычаг по часовой стрелке, фиксировать образец с помощью упорного винта и снимать показания адаптера Р и цифрового датчика перемещения. Нагружение производить до максимального перемещения 5 мм с шагом 1 мм.

Горизонтальная плоскость	Расчет	Эксперимент
Значение Р (1) (измеренное)		
Прогиб смещение конца образца		
Максимальный угол поворота		
Значение Р (2) (измеренное)		
Прогиб в точке приложения силы		
Максимальный угол поворота		
Значение Р (3) (измеренное)		

Для 5 пар значений Р1 и Р построить вектор смещения конца образца.

6. Контрольные вопросы

1. Перечислите простые виды деформации.
2. Что такое сложное сопротивление?
3. Где находятся максимальные напряжения при изгибе консольной балки?
4. Как выглядит формула момента инерции балки прямоугольного сечения?
5. Как распределены напряжения по сечению консольной балки при изгибе?