



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»

ИСПЫТАНИЕ БАЛКИ НА ИЗГИБ

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

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»

Испытание балки на изгиб. Методические указания к лабораторной работе № 2 по курсу «Сопротивление материалов» для студентов технических специальностей / АГТУ; Сост. С.Б. Джахьяева, Е.В. – 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 «Сопротивление 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

Целью данной лабораторной работы является проверка формул определяющих прогиб балки установленной на двух шарнирных опорах. А также определение максимальных моментов и напряжений, возникающих в балке.

2. Инструменты и оборудование

- Испытательная машина (рисунок 2.1)
- Балка
- Двухтавовая опора
- Две опоры
- Нагружающий элемент
- Персональный компьютер (ноутбук)
- Электронный блок
- Штангенциркуль
- Линейка

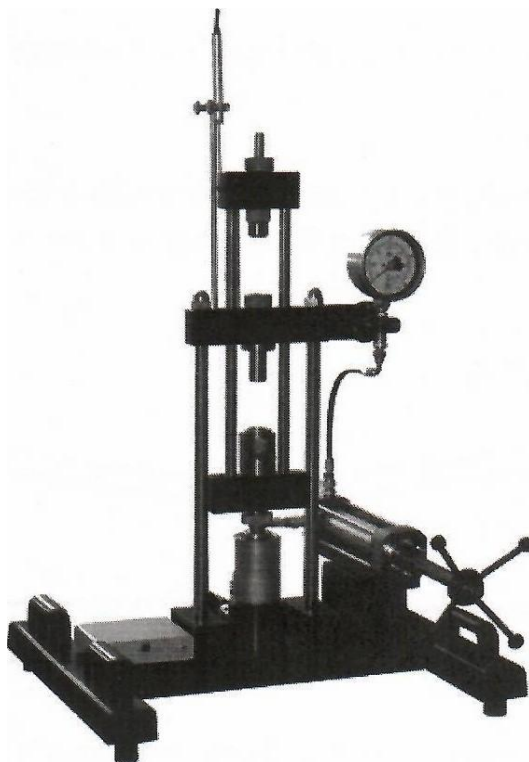


Рисунок 2.1 — Универсальная машина для исследования свойств материала.

3. Краткие теоретические сведения

Изгиб - такой вид нагружения, при котором в поперечных сечениях стержня возникают изгибающие моменты.

Для правильного расчета балок на изгиб, прежде всего, необходимо правильно определять возникающие внутренние силы, т.е. строить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

В данной лабораторной работе будет рассмотрен простейший двух опорный стержень, нагруженный поперечной силой F (рисунок 3. 1).

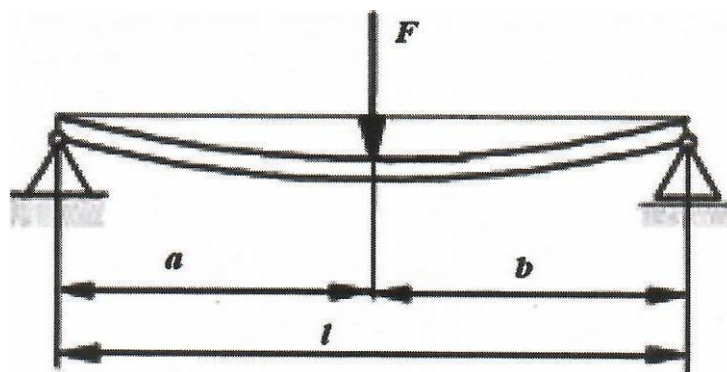


Рисунок 3.1 — Расчетная схема

Анализ внутренних сил обычно начинают с определения действующих внешних сил. В данном случае определяют реакции опор R_1 и R_2 (рисунок 3.2).

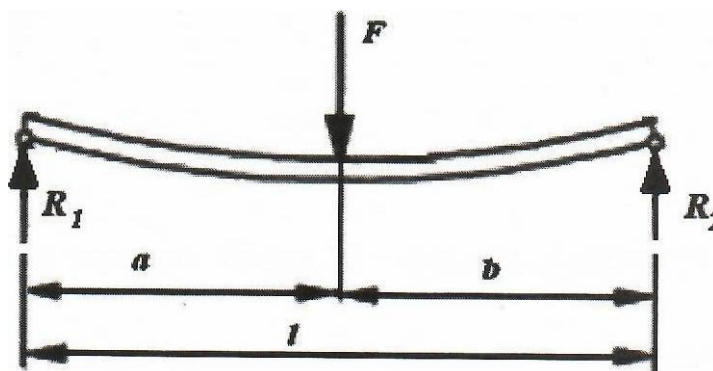


Рисунок 3.2. — Расчетная схема с отброшенными опорами

Для их определения используют условия равновесия, а именно равенство нулю моментов по краям балки. Это обусловлено шарнирными опорами в которых изгибающий момент всегда равен нулю. Составим два уравнения равновесия моментов относительно левой и правой опоры:

$$\begin{cases} F \cdot a - R_2 \cdot l = 0 \\ F \cdot b - R_1 \cdot l = 0 \end{cases} \quad (3.1)$$

Из данной системы получаем значения R_1 и R_2 :

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{F \cdot a}{l} \\ R_1 &= \frac{F \cdot b}{l} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Определив реакции опор перейдем к построению эпюры изгибающих моментов (рисунок 3.3).

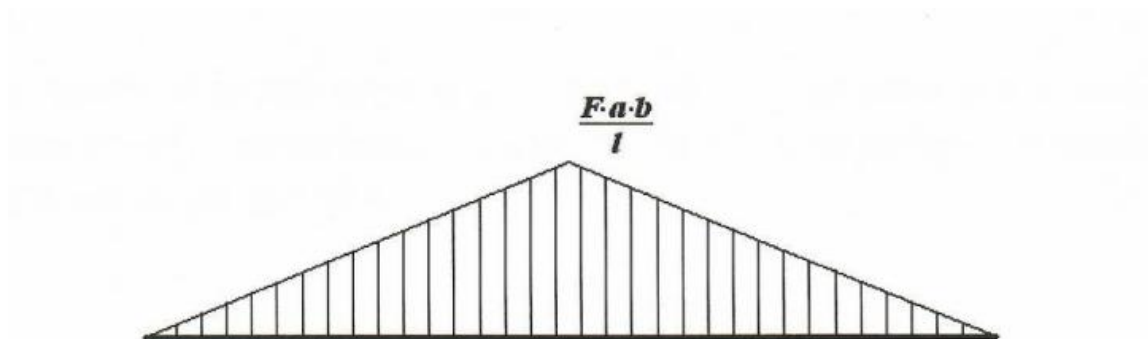


Рисунок 3.3 — Эпюра изгибающих моментов

Используя графоаналитический метод Верещагина можно получить значение прогиба в месте приложения силы. Он будет вычисляться по следующей формуле:

$$v = \frac{F a^2 b^2}{3 l E I_x} \quad (3.3)$$

Где I_x — момент инерции балки,

E — модуль упругости первого рода равный $2.1 \cdot 10^{11}$ Па.

Так как балка имеет прямоугольное сечение с размерами B и H (рисунок 3.4) то момент инерции будет вычисляться по формуле 3.4.

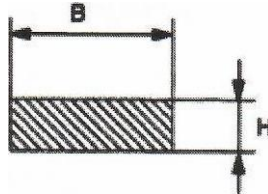


Рисунок 3.4 - Сечение балки

$$I_x = \frac{BH^3}{12} \quad (3.4)$$

Для частного случая, когда сила приложена посередине балки, т.е. $a = b = l/2$ - формула 3.3 примет следующий вид:

$$v = \frac{Fl^3}{48EI_x} \quad (3.5)$$

При изгибе верхние слои будут сжиматься, а нижние растягиваться. При упругом изгибе распределение напряжений по сечению будет линейным, и выглядеть как на рисунке 3.5.

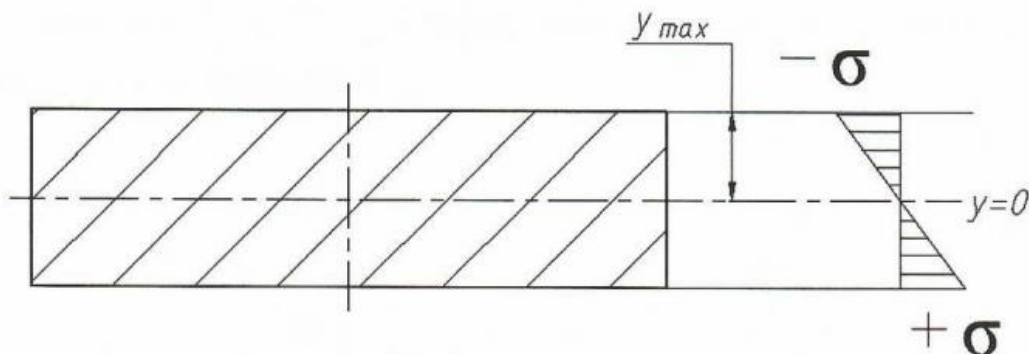


Рисунок 3.5 — Распределение напряжений по сечению балки

Как видим из рисунка 3.5 максимальные напряжения находятся слоях самых удаленных от срединного слоя. Для вычисления напряжений используют следующую формулу:

$$\sigma = \frac{M}{I_x} y \quad (3.5)$$

Где y - расстояние от срединного слоя, до слоя в вычисляются напряжения. В литературе при $y = y_{max} = H/2$, $\frac{I_x}{y}$ заменяют на W_x и называют моментом сопротивления. На поверхностных слоях для балки прямоугольного

сечения $W_x = \frac{BH^2}{6}$. Формула 3.5 будет выглядеть так:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \quad (3.6)$$

Из формулы 3.6 очевидно что максимальные напряжения будут при максимальном изгибающем моменте, который, как видно из рисунка 3.3, равен:

$$M_{max} = \frac{F \cdot a \cdot b}{l} \quad (3.7)$$

Тогда:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \quad (3.8)$$

Важно! Для избегания пластической деформации балки был построен график допустимых нагружающих сил в зависимости от расстояния между

опорами (рисунок 3.6). При условии, что $a = b = l/2$ (сила прикладывается по середине) и $\sigma_T = 400$ МПа:

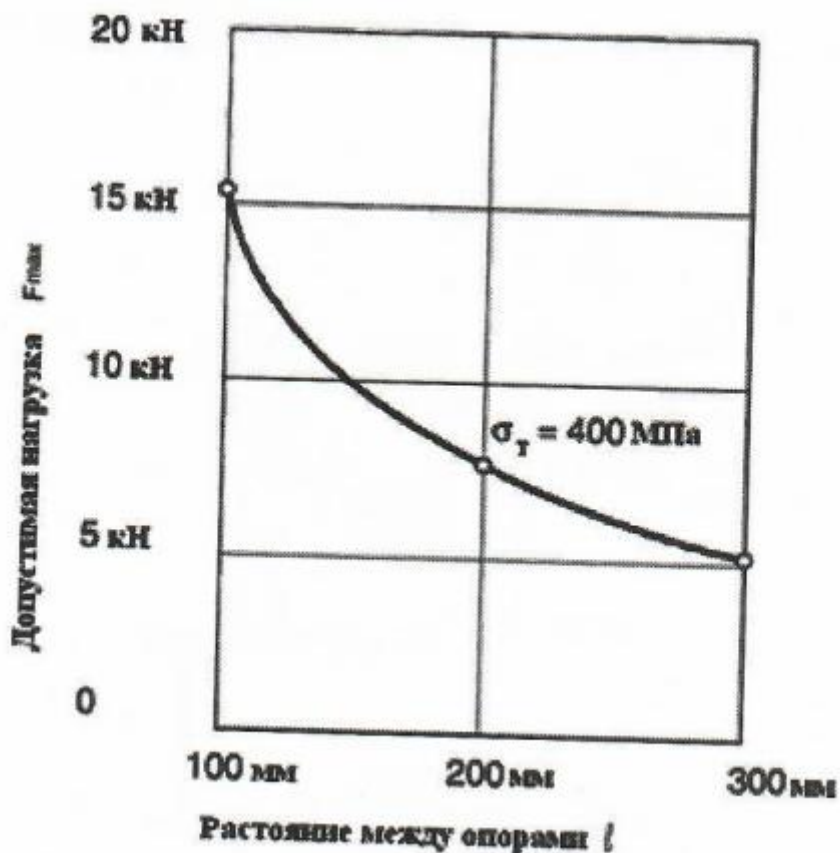


Рисунок 3.6 — Зависимость максимально допустимой силы приложенной посередине балки от расстояния между опорами

4. Подготовка к испытанию

Зона сжатия в стенде находится между средней и нижней траверсой. Прикрутим двутавровую опору к нижней траверсе, как изображено на рисунке 4.1.

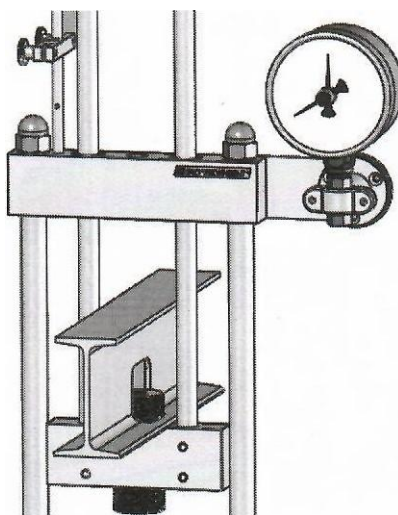


Рисунок 4.1 — Установка двутавровой опоры к нижней траверсе стенда

Далее к средней траверсе необходимо прикрутить нагружающее приспособление. Важно чтобы острая кромка была расположена перпендикулярно двутавровому основанию. Если приспособление не влезает, то выкрутите штурвал давления, чтобы опустить нижнюю траверсу.

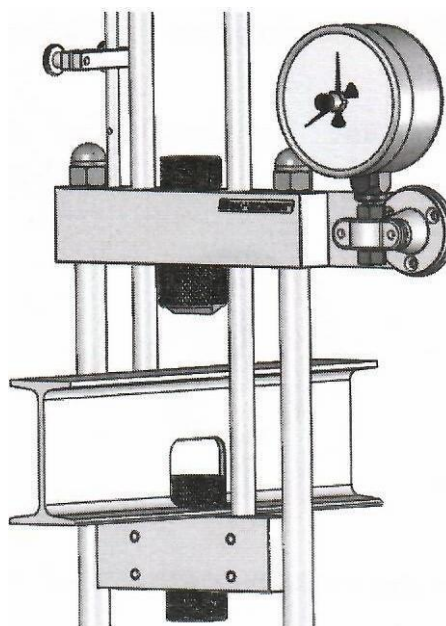


Рисунок 4.2 — Установленное нагружающее приспособление

Следующими этапом сборки стенда будет установка двух опор и на них нагружаемой балки (рисунок 4.3). Расстояние между опорами следует

проверить линейкой. После установки опор и балки, подкрутите штурвал до касания балки с приспособлением средней траверсы по всей ширине.

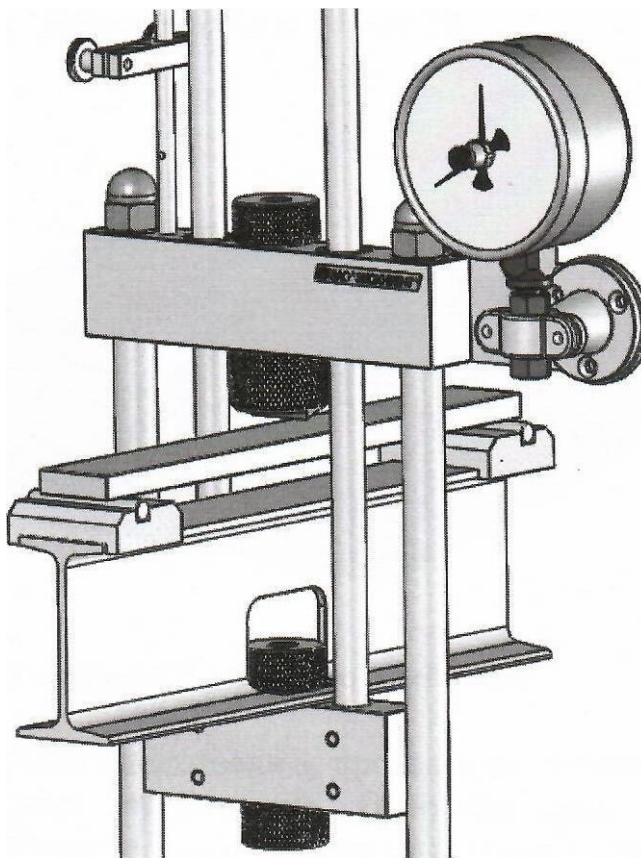


Рисунок 4.3 — Вид собранной установки

Установите указатель максимального давления (красная стрелка) в нулевую позицию (рисунок 4.4).

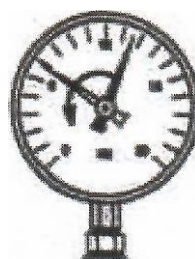


Рисунок 4.4— Обнуление максимального давления

Далее подключим стенд к компьютеру для снятия показаний с датчиков и получения диаграммы растяжения. Для этого используем специальный

электронный блок, изображенный на рисунке 4.5. Подключите к нему следующие устройства:

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



Рисунок 4.5 — Электронный блок

Завершающим шагом подготовки к проведению лабораторной работы будет настройка датчика перемещения. Основная цель данного этапа: выставить показания датчика в ноль. Показания датчика будем наблюдать на компьютере.

При испытании на изгиб балки нижняя и верхняя траверсы, вместе с балкой и опорами перемещаются вверх, упирая балку в приспособление средней траверсы. Датчик перемещения закреплен неподвижно относительно средней траверсы (рисунок 4.6). А стержень датчика в свою очередь закреплен за верхнюю траверсу, и движется совместно с ней.

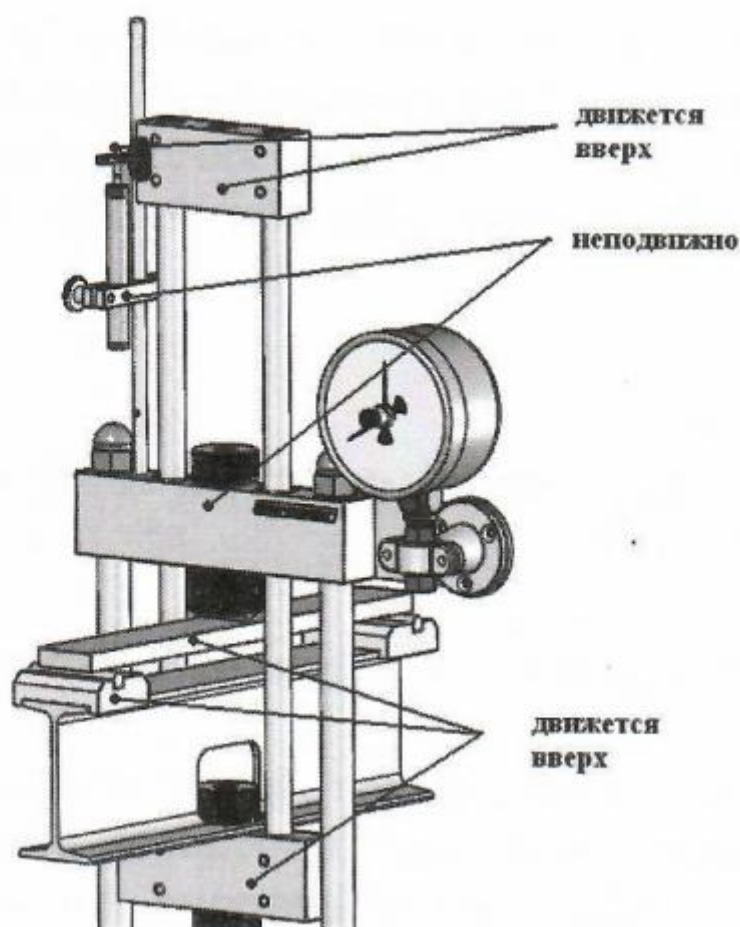


Рисунок 4.6— направления перемещения частей стенда

Следовательно, перед проведением испытаний, стержень необходимо задвинуть в датчик. Следует отметить, что датчик работает не на всем диапазоне перемещения стержня. В крайних положениях стержня присутствует зона нечувствительности, выявить которую можно с помощью ПК. Для этого запустим специальный программный продукт, предназначенный для работы со стендом (рисунок 4.7). Если стержень находится в зоне нечувствительности, данные с датчика перестают передаваться в программу, в следствии чего программа переходит в режим ожидания, и каких либо изменений на графиках происходить не будет.

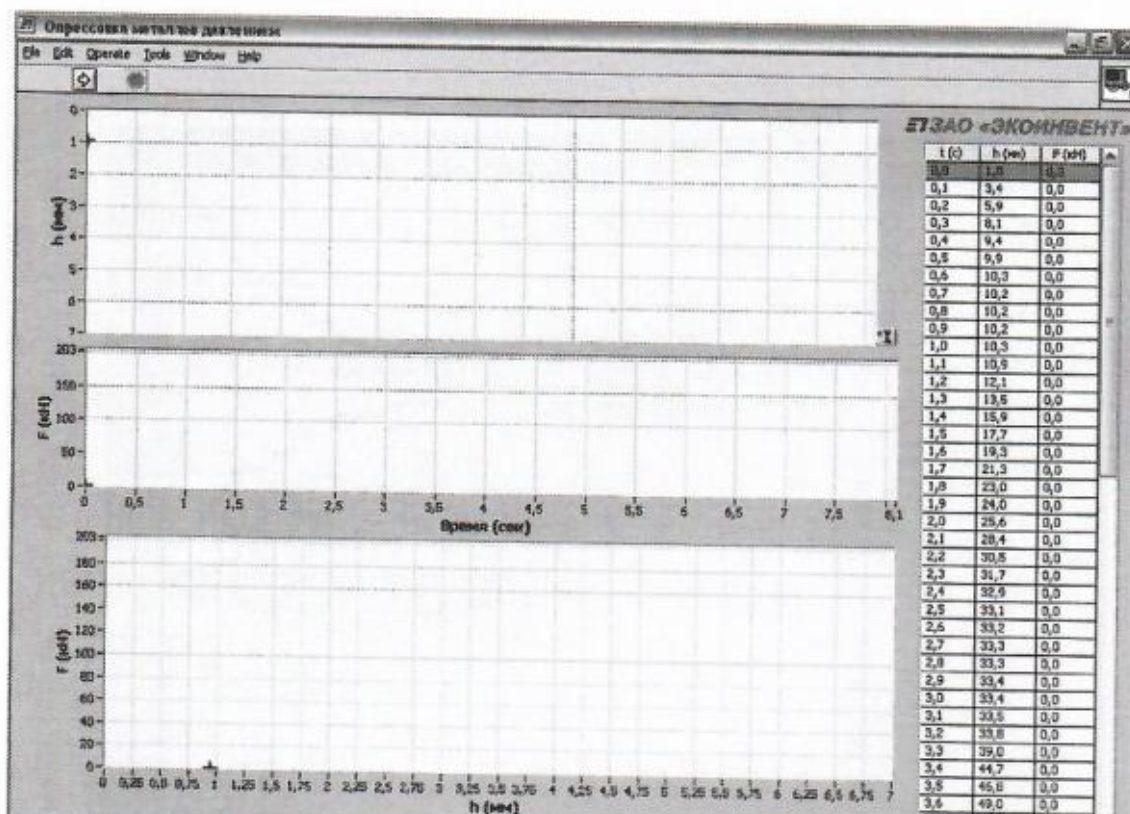


Рисунок 4.7 — Вид программы для работы со стендом

Выдвигая стержень необходимо отслеживать показания датчика на компьютере. Добившись отображением на графике нулевого перемещения, необходимо зафиксировать датчик винтом в специальном креплении. Для более точной доводки в ноль можно использовать гайку на конце стержня датчика.

5, Проведение лабораторной работы

Используя штангенциркуль, измерьте размеры сечения балки. Т.е. определите В и Н.

Линейкой проверьте расстояние между опорами и при необходимости выставите нужное значение, переместив опору вдоль основания.

Используя рисунок 3.6, определите максимальную допустимую силу нагружения.

Приступите 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 прогиб будет отображен на мониторе компьютера зеленым графиком (первый график) (рисунок 5.2).

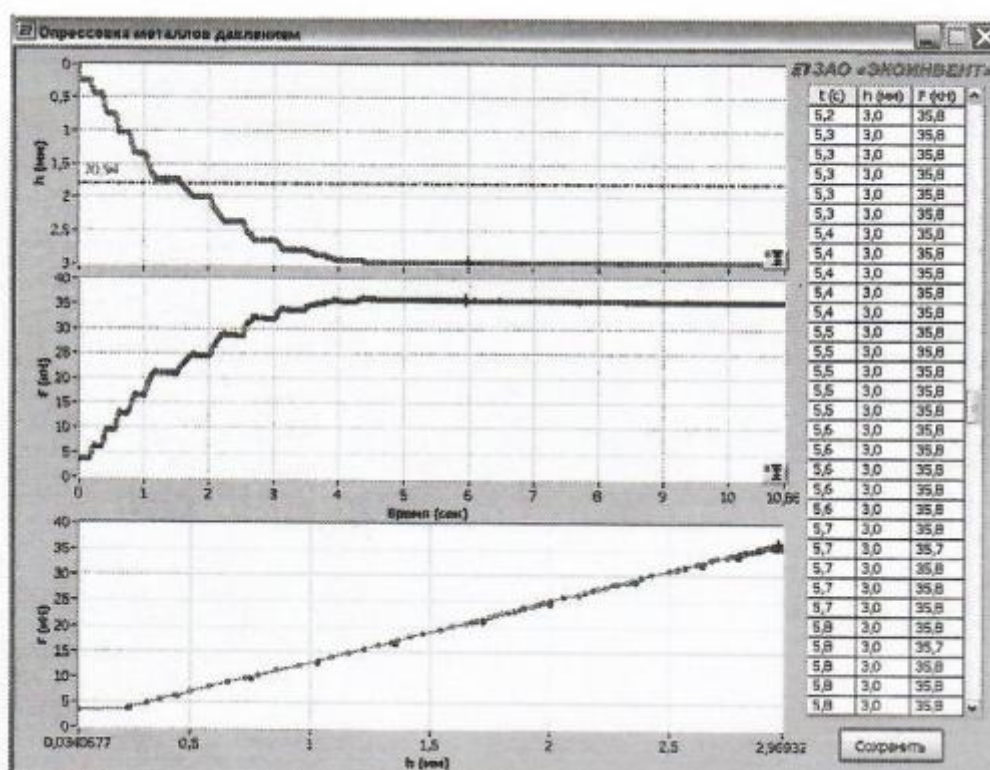


Рисунок 5.2 — Внешний вид программного обеспечения

Нагрузив до заданной силы, и сняв показания с датчика перемещения, балку необходимо разгрузить.

Посчитайте:

- Момент инерции стержня
- Прогиб (и сравните его с прогибом, полученным из опыта)
- Максимальный момент
- Максимальное напряжение

6. Контрольные вопросы

1. Что такое изгиб?
2. Где находятся максимальные напряжения при изгибе балки опертой на две шарнирные опоры?
3. Как определяется момент сопротивления изгибу?
4. Как выглядит формула момента инерции балки прямоугольного сечения?
5. Как распределены напряжения по сечению балки при изгибе?
6. Изобразите эпюру изгибающих моментов при изгибе балки опертой на две шарнирные опоры?
7. Выведите формулу для теоретического расчета прогиба?
8. Как будет выглядеть распределение напряжений в сечении при присутствии пластических деформаций?