

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА " ОБЩЕИНЖЕНЕРНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И НАЗЕМНЫЙ  
ТРАНСПОРТ "

**ИСПЫТАНИЕ НА СЖАТИЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания к лабораторной работе № 2  
по курсу «Сопротивление материалов»  
для студентов технических специальностей

Составили:

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

Климова Е.В., 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 на сжатие различных материалов. Методические указания к лабораторной работе № 2 по курсу «Сопротивление материалов» для студентов технических специальностей / АГТУ; Сост. С.Б. Джахьяева, Е.В. Климова – Астрахань, 2024. - 15 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

|                                     | Стр. |
|-------------------------------------|------|
| 1. Цель работы.                     | 4    |
| 2. Задачи работы.                   | 4    |
| 3. Оборудование, инструмент.        | 4    |
| 4. Теоретические основы.            | 5    |
| 5.Порядок проведения испытаний.     | 6    |
| 6. Подготовка к лабораторной работе | 10   |
| 7. Подготовка к испытанию           | 10   |
| 8. Проведение лабораторной работы   | 14   |
| 9. Форма отчета.                    | 15   |
| 10. Контрольные вопросы.            | 16   |
| Литература                          | 16   |
| Приложение                          | 17   |

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение диаграммы растяжения и исследование механических характеристик материалов при испытании на сжатие.

## 2. ЗАДАЧИ РАБОТЫ

2.1. Определить механические характеристики полимерных материалов и дерева при сжатии.

2.2. Определить коэффициент анизотропии прочностных свойств дерева.

## 3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ

3.1 Образцы: при испытаниях на сжатие необходимо осуществить приложение сжимающей нагрузки строго по оси образца. Во избежание искривления образца, т.е. потери им устойчивости при продольном сжатии, металлические образцы изготавливаются в виде цилиндров диаметром  $d = 10-25\text{мм}$  и высотой  $h \leq 3d$ , образцы из неметаллов (дерево, бетон) изготавливают кубической формы с длиной ребра от 20 до 50 мм

3.2 Испытательная машина: лабораторная установка для испытаний материалов УИМ – 2 ПС.

3.3 Измерительный инструмент: штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм.

3.4 Персональный компьютер (ноутбук)



Рисунок 1 – Универсальная машина для исследования свойств материала  
УИМ – 2 ПС

#### 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Для пластичных материалов (сталь, алюминий, медь и др.) испытания на сжатие являются дополнением к испытаниям этих материалов на растяжение. Хрупкие материалы (чугун, бетон) на сжатие работают значительно лучше, чем на растяжение, и обычно используются в сжатых элементах конструкций. Поэтому для хрупких материалов испытания на сжатие являются основными. При сжатии образца вдоль оси силой  $F$  (рисунок 2,а) в его поперечных сечениях возникают нормальные напряжения (рисунок 2,б), которые определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{A_0}$$

где  $A_0$ - площадь поперечного сечения образца до испытания,

$N = F$  - нормальная сила в сечении.

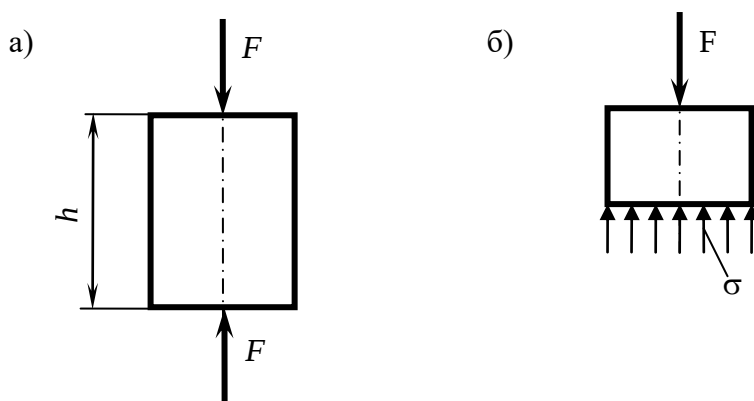


Рисунок 2 - Распределение напряжений в сечении образца

При испытаниях на сжатие определяются в основном две механические характеристики: предел текучести  $\sigma_T$  (для пластичных материалов) и предел прочности  $\sigma_B$  (для хрупких материалов)

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0}; \quad \sigma_B = \frac{F_B}{A_0}$$

где :  $F_T$ - усилие, соответствующее текучести материалов;

$F_B$ - максимальное усилие, при котором образец разрушается.

Результаты испытаний на сжатие зависит от условий проведения опыта. Практически очень трудно добиться приложения сжимающей силы точно по оси

образца. Поэтому образец не только сжимается, но и изгибается. Чем длиннее образец, тем больше влияние изгиба. Для уменьшения этого влияния образцы делают высотой не больше двух диаметров. На контактных поверхностях между образцом и плитами машины возникает трение, которое уменьшает поперечные деформации образца у его торцов, вследствие чего он принимает бочкообразную форму (рисунок 3,а). Чтобы трение не очень существенно влияло на поведение материала, образцы изготавливаются высотой не менее одного диаметра. Для уменьшения сил трения между образцом и плитами машины применяют различные смазочные материалы или используют образцы более сложных форм, например, с входящими конусами (рисунок 3,б), в которых угол  $\alpha$  зависит от коэффициента трения образца по плитам машины (рисунок 3,б).

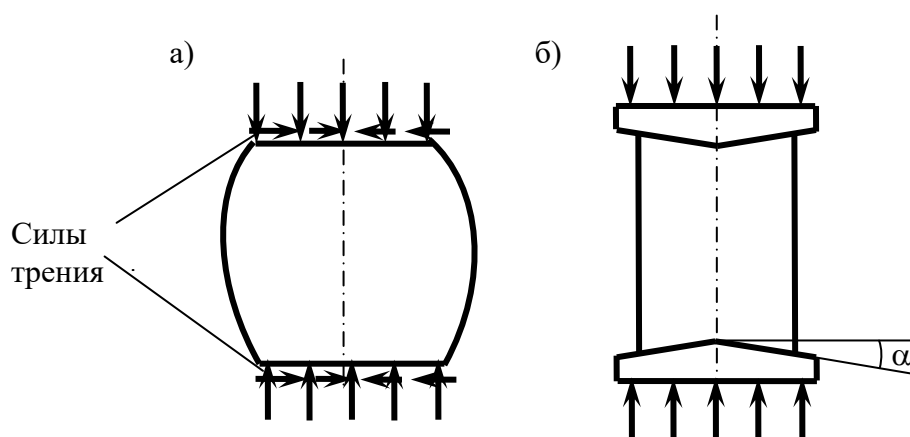


Рисунок 3 - Образцы с гладкими торцами (а) и с входящими конусами (б)

## 5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Нарисовать эскизы образцов до испытания, замерить основные размеры образцов: высоту и диаметр для стального и чугунного образцов; длину, ширину и высоту деревянных образцов и записать в таблицу (приложение 1).

### 5.1 Сжатие изотропного пластичного материала (сталь)

Образец помещают между плитами испытательной машины и постепенно статически нагружают непрерывно возрастающей нагрузкой. Пишущий прибор при этом вычерчивает диаграмму сжатия в координатных осях: нагрузка ( $F$ ) - абсолютная деформация  $\Delta l$  (рисунок 4), начало которой представляет прямую  $OA$ ,

выражающую прямолинейную зависимость между нагрузкой и абсолютной деформацией.

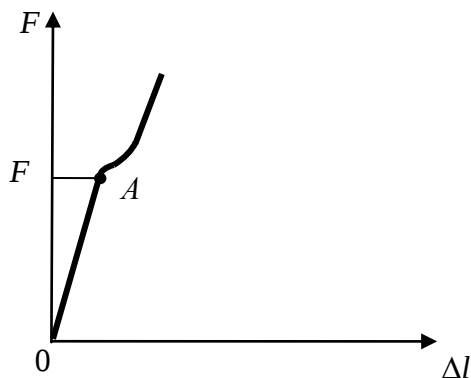


Рисунок 4 - Диаграмма сжатия пластичного материала (сталь)

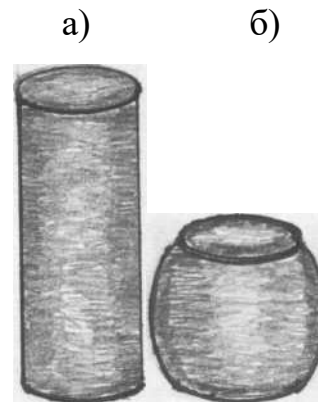


Рисунок 5 - Характер деформации пластичного материала (сталь):

- а) вид образца до деформации,
- б) вид образца после деформации

Кратковременная остановка стрелки силоизмерительного прибора испытательной машины или замедление скорости ее движения указывают на то, что материал образца начал пластически деформироваться. Нагрузка, зафиксированная в этот момент, есть нагрузка, соответствующая пределу текучести  $F_T$ . При дальнейшем нагружении образец значительно деформируется (рисунок 5), происходит значительное увеличение поперечного сечения образца.

Увеличивающееся поперечное сечение приобретает способность выдерживать всё большую нагрузку, чем и объясняется характер диаграммы (рисунок 4): кривая всё время идет вверх. Разрушить образец из пластичного материала невозможно, поэтому предел прочности при сжатии стали не может быть определен, испытания прекращают при достижении нагрузки в 3-5 раз превышающей  $F_T$ .

## 5.2 Сжатие изотропного хрупкого материала (чугун)

Испытание проводят в той же последовательности, как для стального образца. Диаграмма сжатия, полученная при испытании чугуна, будет иметь вид, показанный на рисунок 6.

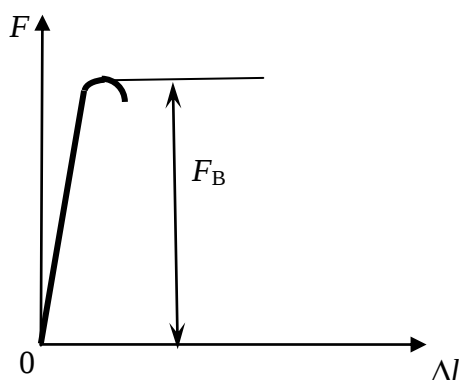


Рисунок 6 Диаграмма сжатия хрупкого материала (чугун)

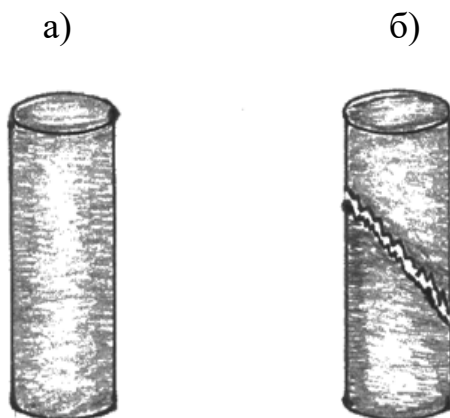


Рисунок 7 Характер разрушения хрупкого материала (чугун):

- а) вид образца до деформации,
- б) вид образца после деформации

От начала координат диаграмма идет практически по прямой линии: нагрузка интенсивно растет, а деформации незначительны. Затем, всё более искривляясь, диаграмма достигает максимума и резко обрывается: нагрузка, достигнув разрушающего значения  $F_B$ , быстро падает – прочность образца исчерпана. Разрушение чугуна происходит внезапно. Образец разрушается по сечению, расположенному примерно под углом  $45^\circ$  к оси образца. (рисунок 7).

### 5.3 Сжатие дерева вдоль и поперек волокон.

Дерево является анизотропным материалом, то есть имеет разные свойства в разных направлениях. Поэтому испытания, как правило, проводятся вдоль и поперек волокон.

Испытание проводится в той же последовательности, что и предыдущие. Диаграмма сжатия дерева вдоль волокон напоминает диаграмму сжатия хрупкого материала (рисунок 8).

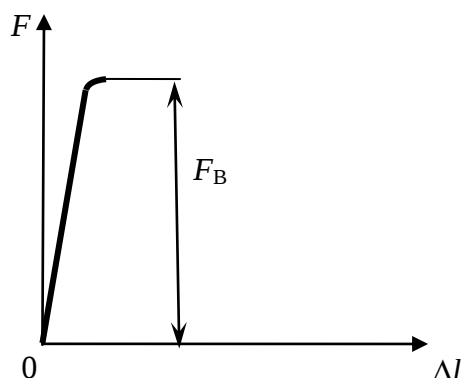


Рисунок 8 Диаграмма сжатия дерева вдоль волокон

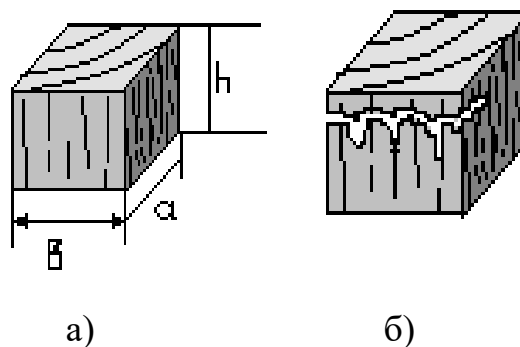


Рисунок 9 Характер разрушения дерева вдоль волокон:

- а) вид образца до деформации,
- б) вид образца после деформации

Из диаграммы видно, что до разрушения в образце возникают сравнительно небольшие остаточные деформации (диаграмма мало отклоняется от оси сил). После достижения наибольшей сил  $F_B$  начинается разрушение с уменьшением нагрузки. Обычно разрушение происходит с образованием поперечных складок и обмятием торцов (рисунок 9).

Диаграмма сжатия дерева поперек волокон напоминает диаграмму сжатия пластичного материала (рисунок 10). Сначала диаграмма идёт по наклонной прямой-образец деформируется упруго. Резкое замедление движения или остановка стрелки силоизмерительного прибора испытательной машины свидетельствует о том, что образец начал пластически деформироваться. Эта нагрузка соответствует пределу текучести  $F_T$ . Дальнейшая деформация образца происходит почти без увеличения нагрузки, но, при отсутствии пороков в образце, разделение его на части не происходит, он лишь спрессовывается. Значительный рост деформаций без увеличения нагрузки свидетельствует о том, что прочность образца исчерпана. Поэтому испытания дерева поперек волокон прекращают, если кубик сжался на 1/3 своей первоначальной высоты (рисунок 11).

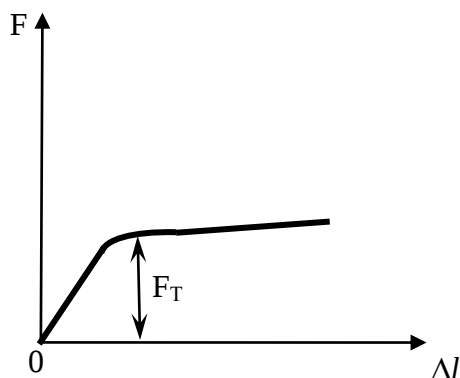


Рисунок 10 Диаграмма сжатия дерева поперек волокон

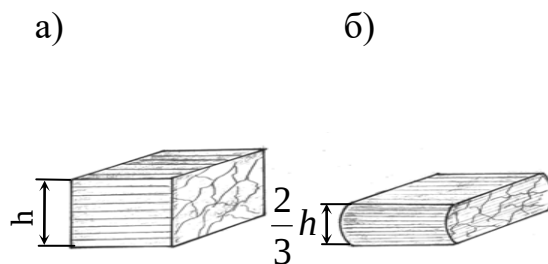


Рисунок 11 Характер деформации дерева поперек волокон:  
а) вид образца до деформации,  
б) вид образца после деформации

Свойства дерева вдоль и поперек волокон различны. Отношение предельных механических характеристик материала вдоль волокон и поперек волокон называется коэффициентом анизотропии для дерева  $K$ .

$$K = \sigma_L \text{ вдоль волокон} / \sigma_L \text{ поперек волокон},$$

где  $\sigma_L$  – предельная механическая характеристика материала.

## 6. ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Изучить методические указания к лабораторной работе.
2. Записать тему, цель, задачи работы и оборудование.
3. Начертить таблицу первичных данных и результатов испытаний (Приложение 2).

## 7. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

Зона сжатия в стенде находится между средней и нижней траверсой. Начните сборку с установки двух плит, между которыми зажимается образец. Плита с вкрученной в нее шпилькой изображена на рисунке 12.

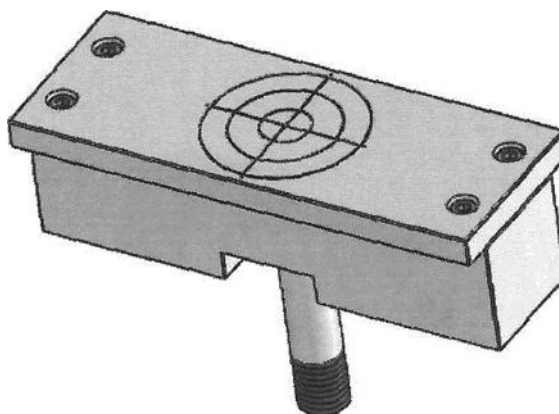


Рисунок 12 - Плита

Две плиты необходимо установить в нижнюю и среднюю траверсу и прикрутить гайками, так как показано на рисунке 13.

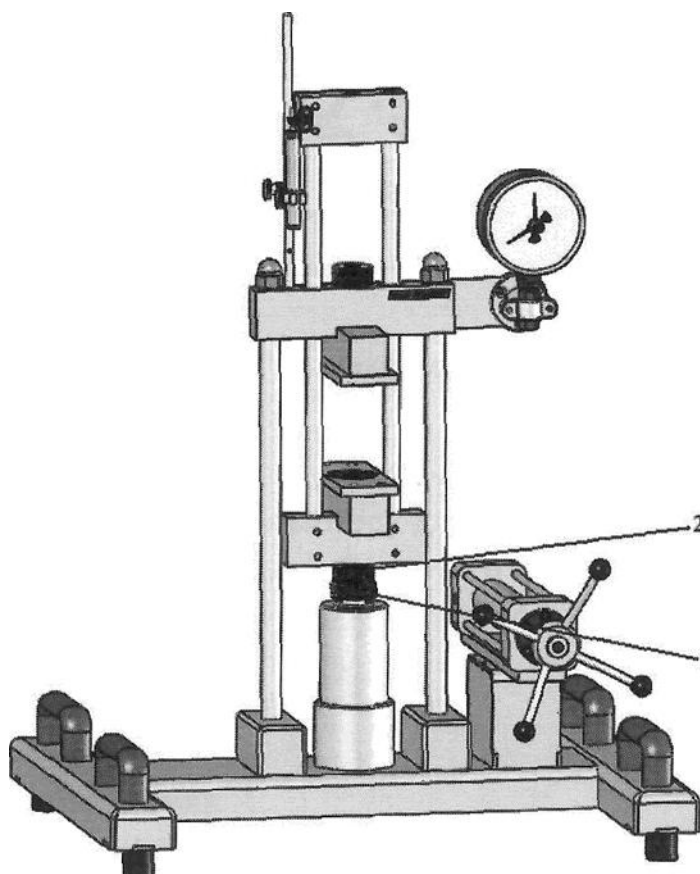


Рисунок 13 – Стенд в сборе

В случае если расстояние между плитами слишком большое, то для удаления зазора, можно выкрутить упорный винт 1, либо вместо гайки 2 прикрученной к нижней плите, прикрутить вытянутую гайку, изображенную на рисунке 14.

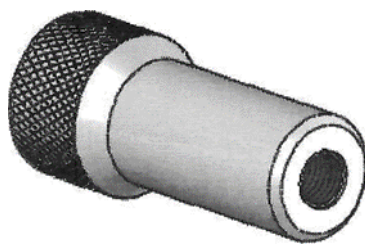


Рисунок 14 – Вытянутая гайка

Установите указатель максимального давления (красная стрелка) в нулевую позицию (рисунок 15).



Рисунок 15 - 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 16. Подключить к нему следующие устройства:

- Датчик давления
- Датчик перемещения
- Блок питания па 24В в разъем DC/24V
- Компьютер USB-проводов в разъем PC

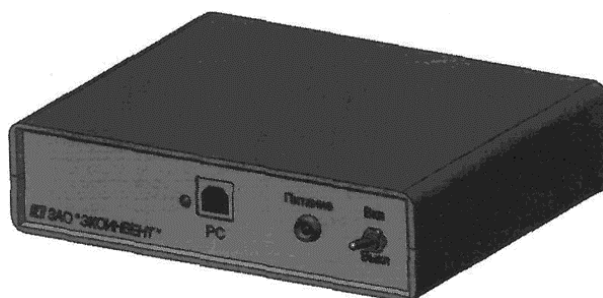


Рисунок 16 – Электронный блок

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

При испытании на сжатие нижняя и верхняя траверсы, перемещаются вверх, сжимая образец между плитами. Датчик перемещения закреплён неподвижно относительно средней траверсы (рисунок 17). А стержень датчика в свою очередь закреплён за верхнюю траверсу, и двигается вместе с ней.

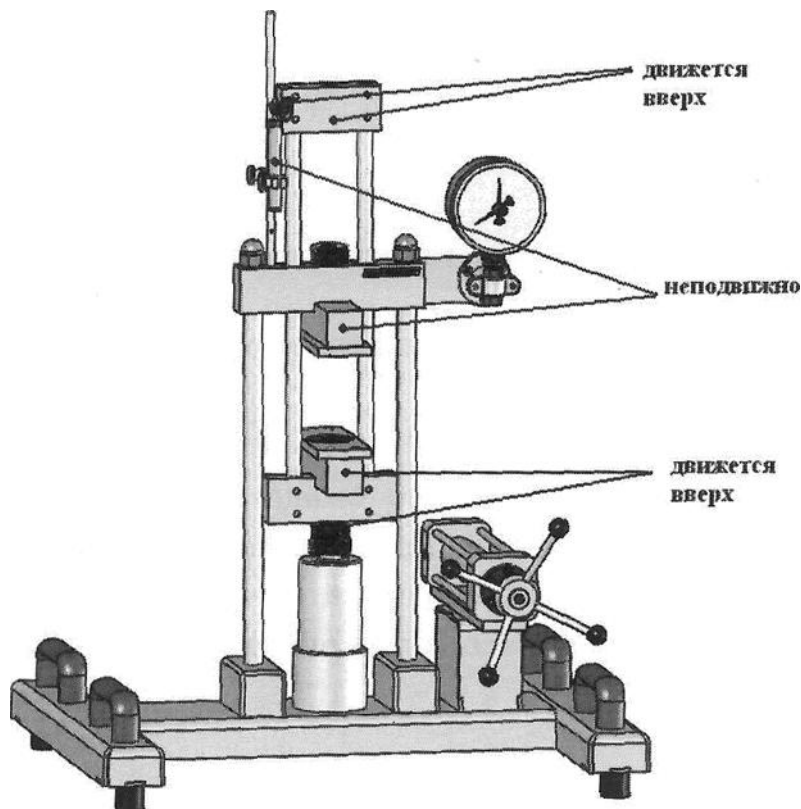


Рисунок 17 - Направления перемещения частей станда

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 станком (рисунок 18). 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.

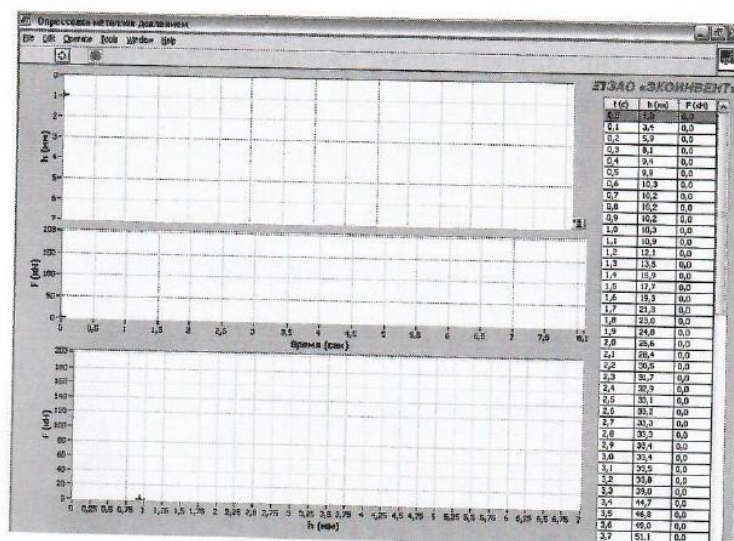


Рисунок 18 – Вид программы для работы со стендом

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.

## 8. ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Произвести замеры испытуемого образца. Установить образец на нижнюю, подвижную плиту (рисунок 12).

Основной задачей будет главное повышение прилагаемой к образцу силы сжатия. Для этого необходимо повышать давление в гидравлической системе. Повышение давление происходит путем вращения по часовой стрелке штурвала стенда.

Приложенная сила сжатия будет отображаться на мониторе красным графиком. В случае выхода графика за пределы шкалы, следует нажать кнопку для автоматического масштабирования. Она находится в правом нижнем углу графиков.

По мере увеличения давления будет происходить сжатие образца. Что и будет отображено на мониторе компьютера зеленым графиком (первый график) (рисунок 19).

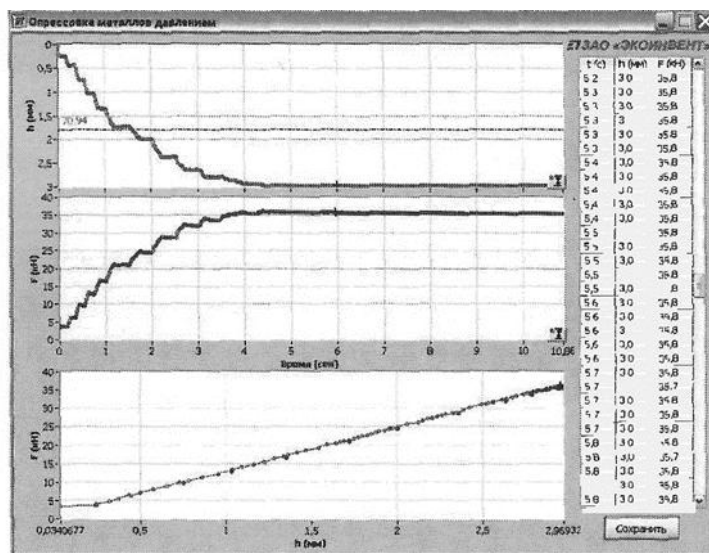


Рисунок 19 – Внешний вид программного обеспечения

На синем графика будем наблюдать диаграмму сжатия в зависимости от приложенной силы.

Нагрузив до заданной силы, и сняв показания с датчика перемещения, образец необходимо разгрузить, вращая штурвал против часовой стрелки до освобождения испытуемого образца. Снять образец с подвижной плиты. Произвести замеры испытуемого образца.

Имея датчик давления, можно подсчитать приложенную силу воспользовавшись формулой:

$$F = P \cdot A \quad (8.1)$$

Здесь  $P$  - давление в системе,  $A$  – площадь поршня толкающего нижнюю траверсу и равна  $1,257 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

## 9 .ФОРМА ОТЧЕТА

Лабораторная работа № 2

Тема:

Цель работы:

Задачи работы:

Используемое оборудование:

Таблица первичных данных и результатов испытаний (приложение 2)

Выводы по работе:

1) описание поведения анизотропного материала и характера разрушения пластичных и хрупких материалов;

2) указание предельной механической характеристики для пластичного и хрупкого материалов.

## **10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

10.1. Какие напряжения возникают в поперечном сечении сжатого образца и как определить их величину?

10.2. Какие механические характеристики определяются при сжатии хрупкого материала?

10.3. Какие механические характеристики определяются при сжатии пластичного материала?

10.4. Какой материал называют анизотропным?

10.5. Как ведет себя пластичный материал при сжатии и как хрупкий?

10.6. Какой вид имеет диаграмма сжатия для пластичного материала и какой вид для хрупкого?

10.7. Каков характер разрушения при сжатии различных материалов?

10.8. Как выглядят диаграммы растяжения хрупкого и пластичного материала? Что для них характерно?

10.9. Как происходит подготовка стенда к работе?

10.10. В чем заключается проведение лабораторной работы?

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сопротивление материалов. Учебник для вузов Г.С.Писаренко, В. А. Агаев и др.; под общей редакцией Г.С. Писаренко. Киев: “Вища школа”, 1986. 775с.

2. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. М., “Наука”, 1975. 287с.

3. Ермаков В.И., Минин Л.С., Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. М., “Высшая школа”, 1961. 186с.

Таблица первичных данных

| Материал               | Вид образца до испытания | Размеры образца до испытания, мм   |
|------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Полимер белый          |                          | $d =$<br>$h =$<br>$A_0 =$          |
| Полимер прозрачный     |                          | $d =$<br>$h =$<br>$A_0 =$          |
| Дерево вдоль волокон   |                          | $a =$<br>$b =$<br>$h =$<br>$A_0 =$ |
| Дерево поперек волокон |                          | $a =$<br>$b =$<br>$h =$<br>$A_0 =$ |

Таблица первичных данных и результатов испытаний

| Материал               | Размеры образца после испытания, мм | Вид образца после испытания | Нагрузки, кГ ,<br>напряжения,<br>кг/мм <sup>2</sup> |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Полимер белый          | $d =$<br>$h =$<br>$A_0 =$           |                             | $F_T$<br>$\sigma_T$                                 |
| Полимер прозрачный     | $d =$<br>$h =$<br>$A_0 =$           |                             | $F_B$<br>$\sigma_B$                                 |
| Дерево вдоль волокон   | $a =$<br>$b =$<br>$h =$<br>$A_0 =$  |                             | $F_B$<br>$\sigma_B$                                 |
| Дерево поперек волокон | $a =$<br>$b =$<br>$h =$<br>$A_0 =$  |                             | $F_T$<br>$\sigma_T$                                 |