

# Устройство для исследования сопротивления материалов

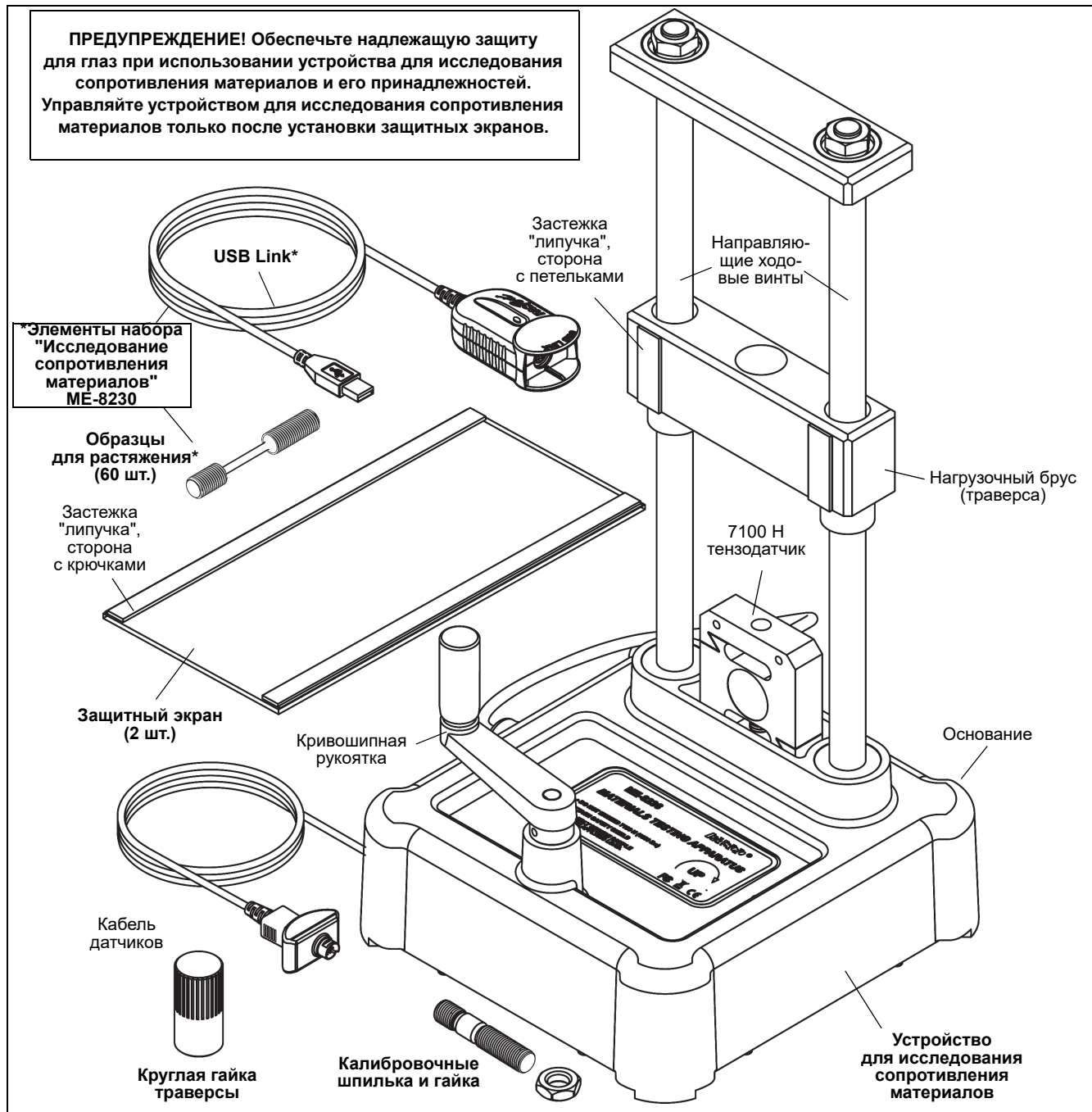
ME-8236

Входит в состав

## полного набора "Исследование сопротивления материалов"

ME-8244

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ!** Обеспечьте надлежащую защиту для глаз при использовании устройства для исследования сопротивления материалов и его принадлежностей. Управляйте устройством для исследования сопротивления материалов только после установки защитных экранов.



## Устройство для исследования сопротивления материалов (ME-8236)

В комплект входит	В комплект входит
Устройство для исследования сопротивления материалов	Калибровочные шпилька и гайка
Круглая гайка траверсы	Защитный экран (2 шт.)

Требуемые компоненты*
Интерфейс PASCO (совместимый с PASPORT)
Программа для сбора данных PASCO Capstone

\*См. каталог PASCO или веб-сайт  
WWW.PASCO.COM

## Набор "Исследование сопротивления материалов" (ME-8230)

Комплект набора "Исследование сопротивления материалов", состоящего из всех элементов устройства для исследования сопротивления материалов, интерфейса, программного обеспечения и шестидесяти образцов для растяжения приведен в Таблице 1.

**Таблица 1: Набор "Исследование сопротивления материалов".**

Артикул	Элементы набора "Исследование сопротивления материалов"
ME-8236	Устройство для исследования сопротивления материалов
PS-2100A	USB Link
UI-5401	Программа PASCO Capstone
ME-8231	Образец для растяжения, алюминий (10 шт.)
ME-8232	Образец для растяжения, латунь (10 шт.)
ME-8233	Образец для растяжения, отожженная сталь (10 шт.)
ME-8234	Образец для растяжения, акрил (10 шт.)
ME-8235	Образец для растяжения, полиэтилен (10 шт.)
ME-8243	Образец для растяжения, сталь (10 шт.)

## Полный набор "Исследование сопротивления материалов" (ME-8244)

Полный набор "Исследование сопротивления материалов" включает в себя все элементы набора "Исследование сопротивления материалов", перечисленные в Таблице 1 ПЛЮС принадлежности и прочие элементы, перечисленные в Таблице 2.

**Таблица 2: Полный набор "Исследование сопротивления материалов"**

Артикул	Элементы полного набора "Исследование сопротивления материалов"
ME-8230	Набор "Исследование сопротивления материалов"
ME-8229	Основание-хранилище набора "Исследование сопротивления материалов"
ME-8237	Дополнительный набор принадлежностей для изгиба
ME-8238	Дополнительный набор принадлежностей для работы с плоскими купонами материалов
ME-8239	Дополнительный набор принадлежностей для среза
ME-8240	Дополнительный набор принадлежностей для среза (3 шт. из 3)
ME-8241	Дополнительный набор принадлежностей для поляризационно-оптического метода исследования напряжений материалов
ME-8242	Дополнительный набор принадлежностей для работы с конструкционными балками
ME-8245	Набор тяговых скоб
ME-8246	Переходники на резьбу 10 – 32
ME-8247	Набор платформ для сжатия
ME-8248	Набор образцов для сжатия (20 шт.)
ME-8249	Двухточечный толкатель
ME-6983	Запчасти для изготовления литых армированных балок (10 опалубок)
ME-7011	Фотоупругие двутавровые балки (по 24 шт. каждого размера)
ME-7012	Тонкие двутавровые балки (по 24 шт. каждого размера)
AP-8222*	Пластиковые купоны (по 10 шт. каждого из 4 типов)
AP-8223*	Металлические купоны (по 10 шт. каждого из 5 типов)

\*AP-8217A Набор купонов (полный), состоит из набора пластиковых купонов AP-8222 и набора металлических купонов AP-8223.

## Введение

Устройство для исследования сопротивления материалов представляет собой установку для измерения силы

и смещения при растяжении, сжатии, срезе или изгибе образцов различных материалов. Устройство для исследования сопротивления материалов оснащено встроенным датчиком нагрузки (тензодатчиком), способным измерять силу до 7100 ньютонов (Н) (что равно весу 1600 фунтов или примерно 725 кг), а также оптическим датчиком, измеряющим смещение нагрузочной траверсы. Нагрузочная траверса поднимается или опускается по вращающимся направляющим винтам (еще их называют ходовыми винтами), приводимым в движение при помощи кривошипной рукоятки через систему шестерней. Данные о силе, измеряемой тензодатчиком, и смещении, измеряемым оптическим датчиком, могут быть переданы через интерфейс PASCO и записаны, отображены и проанализированы программным обеспечением для сбора данных PASCO. Кабель датчиков устройства для исследования сопротивления материалов подключается к входному порту PASPORT. (Дополнительную информацию об интерфейсах PASCO и ПО для сбора данных можно найти в каталоге PASCO или на веб-сайте [www.pasco.com](http://www.pasco.com).)

### В комплект входит

В комплект устройства для исследования сопротивления материалов (ME-8236) входят также калибровочные шпилька и гайка, круглая гайка нагрузочной траверсы и пара защитных экранов, крепящихся к устройству при помощи застёжки "липучка".

### Калибровочные шпилька и гайка, круглая гайка нагрузочной траверсы, защитные экраны

- Калибровочные шпилька и гайка используются для определения того, насколько само устройство деформируется при приложении силы, как при растяжении, так и при сжатии.
- Круглая гайка нагрузочной траверсы используется для присоединения одного из концов образца для растяжения к нагрузочной траверсе, а также для крепления дополнительных принадлежностей к нижней стороне нагрузочной траверсы.
- Защитные экраны присоединяются при помощи "липучки" к нагрузочной траверсе спереди и сзади.

## Набор "Исследование сопротивления материалов"

Набор "Исследование сопротивления материалов" (ME-8230) состоит из устройства для исследования сопротивления материалов, интерфейса PASPORT под названием USB Link, программы PASCO Capstone и шестидесяти образцов для растяжения.

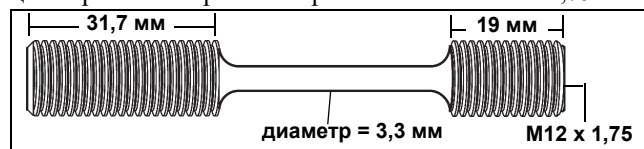
Интерфейс USB Link позволяет подключить кабель датчиков устройства для исследования сопротивления материалов к USB-порту компьютера. Программа PASCO Capstone записывает, отображает и анализирует данные датчиков устройства для исследования сопротивления

материалов. (Программное обеспечение поставляется в виде возможности скачать его через систему цифровой дистрибуции PASCO.)

Образцы для исследования предела прочности на разрыв изготовлены из четырех металлов: алюминия, латуни, стали и отожженной стали, а также из двух видов пластика: акрила и полиэтилена. В комплект входит по десять образцов из каждого материала.

### Параметры образцов для растяжения

Все образцы для растяжения (начиная с ME-8231 до ME-8235 и ME-8243) имеют общую длину 90 миллиметров (мм) или 3,5 дюйма. Центральная часть каждого образца имеет диаметр 3,3 мм или 0,131 дюйма. На концах нарезана метрическая резьба M12 с шагом 1,75 мм.



Образцы для растяжения можно заказать отдельно.

В таблице приведены типичные значения.

Таблица 3: Типичные значения

Материал	Предел прочности на разрыв	Модуль Юнга
Алюминий (2024-T3)	400 МПа	70 ГПа
Латунь (360)	500 МПа	80 ГПа
Сталь (1018)	700 МПа	200 ГПа
Отожженная сталь (1018)	400 МПа	200 ГПа
Полиэтилен	30 МПа	1 ГПа
Акрил	80 МПа	3 ГПа

### Принадлежности

В Таблице 2 приведены принадлежности и дополнительные наборы, входящие в Полный набор "Исследование сопротивления материалов", доступные также отдельно от устройства для исследования сопротивления материалов.

Другие принадлежности и дополнительные наборы находятся в разработке.

### Расходные материалы

Также отдельно доступны такие расходные материалы, как ранее упомянутые образцы для растяжения, образцы для среза (ME-8240), представляющие собой девять металлических стержней (по три образца из алюминия, латуни и стали), пластиковые купоны (AP-8222) по десять образцов из четырех видов пластика, металлические купоны (AP-8223) по десять образцов из пяти различных металлов, а также образцы для сжатия (ME-8248).

## О данном руководстве

В данном руководстве описана основная настройка устройства для исследования сопротивления материалов, а также дополнительные принадлежности и расходные материалы полного набора "Исследование сопротивления материалов". Также описана процедура калибровки устройства для исследования сопротивления материалов с использованием калибровочных шпильки и гайки.

## Руководство по проведению эксперимента

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Руководство по проведению эксперимента в электронном формате можно загрузить с веб-сайта [www.pasco.com](http://www.pasco.com).

Введите "Materials Testing System" (набор "Исследование сопротивления материалов") в поле поиска и ищите файлы для загрузки на вкладке "Resources" (Ресурсы).

## Принцип работы

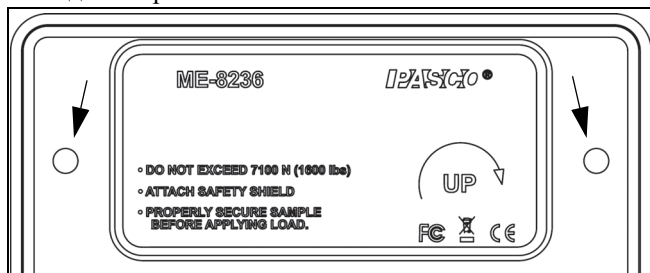
**ВНИМАНИЕ!** Обязательно надевайте защиту для глаз при использовании устройства для исследования сопротивления материалов или его принадлежностей. Управляйте устройством только после установки защитных экранов.

Основные этапы работы устройства для исследования сопротивления материалов состоят в его закреплении на прочной опоре, калибровке устройства, закреплении исследуемого образца материала, подключении устройства к интерфейсу для сбора данных, а затем во вращении рукоятки для приложения напряжения (растяжение, сжатие, изгиб или срез) к исследуемому образцу.

### ME-8229 Основание-хранилище

#### Закрепление устройства для исследования сопротивления материалов

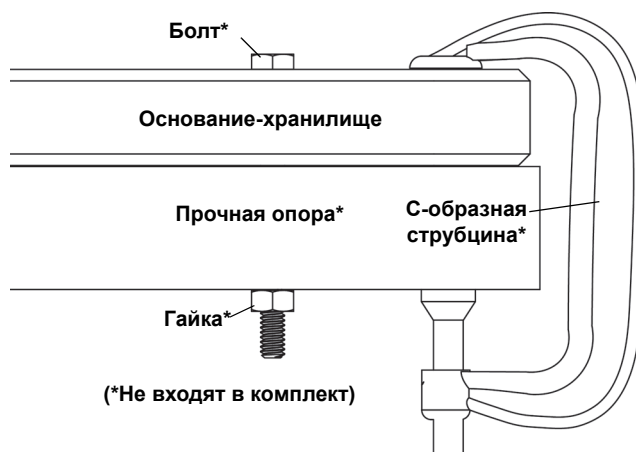
Два отверстия в основании устройства для исследования сопротивления материалов можно использовать для его закрепления на прочной опоре при помощи болтов. Два отверстия диаметром 6 миллиметров (мм) находятся на расстоянии 15 сантиметров друг от друга, по одному с каждой стороны от этикетки.



Закрепление устройства при помощи болтов позволит избежать его движения и смещения во время проведения эксперимента. Основание-хранилище (ME-8229) разра-

ботано для двух целей: служить прочным и надежным основанием, на котором может быть закреплено устройство для исследования сопротивления материалов, а также служить хранилищем для принадлежностей, инструментов и других элементов полного набора "Исследование сопротивления материалов".

В комплект основания-хранилища входят два винта с шайбами. Также в нем есть два отверстия с резьбой, местонахождение которых совпадает с отверстиями на основании устройства для исследования сопротивления материалов. Поместите устройство для исследования сопротивления материалов на основание-хранилище. Наденьте шайбы на винты, вставьте один винт в отверстие в основании установки. Совместите винт с резьбовым отверстием в основании-хранилище и закрутите его при помощи пальцев. Вставьте другой винт во второе отверстие в основании и совместите его со вторым резьбовым отверстием. Используйте ключ на 11 мм (7/16 дюйма) для финальной затяжки винтов. Используйте С-образные трубины для закрепления основания-хранилища на прочном столе или верстаке. Еще один вариант закрепления устройства – непосредственно к столу или верстаку, как показано на рисунке. Основание-хранилище имеет сквозные отверстия в каждом из его углов.



### Настройка калибровки

Калибровочные шпилька и гайка используются для калибровки устройства для исследования сопротивления материалов для его корректной работы на растяжение или на сжатие. В программе для сбора данных PASCO Capstone есть "мастер калибровки", который позволяет сохранять информацию о калибровке устройства (данные калибровки деформации) для дальнейшего использования. (Программа PASCO Capstone входит в комплект набора для исследования сопротивления материалов ME-8230.)

#### Эксп. 02. Инструкция по калибровке деформации

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Инструкцию по проведению калибровки деформации в программе PASCO Capstone можно загрузить с веб-сайта PASCO. Зайдите на сайт

www.pasco.com и введите "Materials Testing System" (Набор "Исследование сопротивления материалов") в поле поиска. На открывшейся веб-странице выберите "Materials Testing System". Выберите "Sample Labs" (Эксперименты) и скачайте ZIP файл эксперимента 02 (Lab 02).

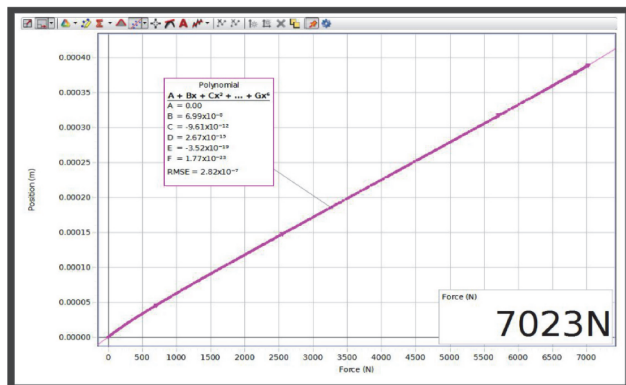
Инструкция по калибровке деформации включает в себя следующую информацию:

- Как проводить калибровку деформации.
- Как создать, сохранить и удалить данные калибровки.
- Подсказки и практические советы для проведения точной калибровки.

### Причины проведения калибровки

Причина необходимости проведения калибровки деформации состоит в следующем: если бы устройство для исследования сопротивления материалов было абсолютно жестким, это позволило бы производить абсолютно точные измерения силы и смещения. Однако, устройство не является абсолютно жестким, оно также деформируется. Чтобы исправить эффект "небольшой деформации" самого устройства, его жесткость рассчитывается программой для корректировки данных исходного положения и вычисляется смещение, которое обусловлено только искажением тестируемого образца. Данные калибровки деформации устройства можно впоследствии сохранить в памяти самого устройства или в файле программы Capstone.

Калибровочная шпилька практически не деформируется ни при растяжении, ни при сжатии. Это означает, что любое смещение, измеренное при использовании калибровочной шпильки, связано с деформацией самого устройства для исследования сопротивления материалов.



Например, на приведенной диаграмме видно, что устройство деформируется на 0,2 мм на каждые 3500 ньютон приложенной силы при растяжении калибровочной шпильки. При растяжении исследуемого образца необходимо вычитать величину деформации в 0,2 мм на каждые 3500 Н.

### Создание данных калибровки деформации

Программа подбирает полиномиальную кривую к графику зависимости положения от силы. Коэффициенты этой полиномиальной кривой сохраняются в качестве данных калибровки.

После проведения калибровки деформации, программа автоматически вычитает величину деформации из исходных данных. После сохранения данных калибровки в памяти устройства, их невозможно будет отредактировать. Однако, при проведении следующей калибровки ранее сохраненные данные калибровки могут быть заменены новыми.

### Сохранение данных калибровки

Данные калибровки могут быть сохранены двумя способами: в файле программы Capstone или в памяти самого устройства для исследования сопротивления материалов. Если данные калибровки сохраняются в файле программы Capstone, они могут быть применены к любому другому устройству для исследования сопротивления материалов. Если данные калибровки сохраняются в памяти самого устройства, они остаются там (даже при отключении устройства от электропитания) и могут использоваться с любым файлом Capstone в будущем.

### Монтаж калибровочной шпильки для растяжения

Для монтажа калибровочной шпильки для растяжения, вкрутите конец калибровочной шпильки с короткой резьбой в отверстие в верхней части корпуса тензодатчика.

Опустите нагрузочную траверсу настолько, чтобы верхний конец с резьбой калибровочной шпильки полностью вошел в отверстие в траверсе. Накрутите круглую гайку нагрузочной траверсы на калибровочную шпильку.



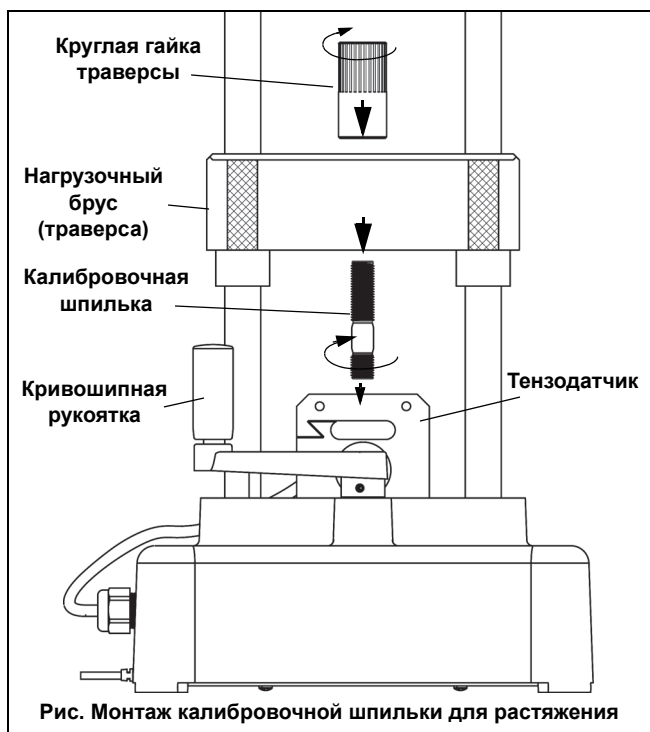


Рис. Монтаж калибровочной шпильки для растяжения

### Монтаж калибровочной шпильки для сжатия

Для монтажа калибровочной шпильки для сжатия, вкрутите конец калибровочной шпильки с короткой резьбой в отверстие в верхней части корпуса тензодатчика. На верхний конец калибровочной шпильки с длинной резьбой накрутите до упора калибровочную гайку. Опустите нагрузочную траверсу настолько, чтобы её нижняя грань коснулась калибровочной гайки.

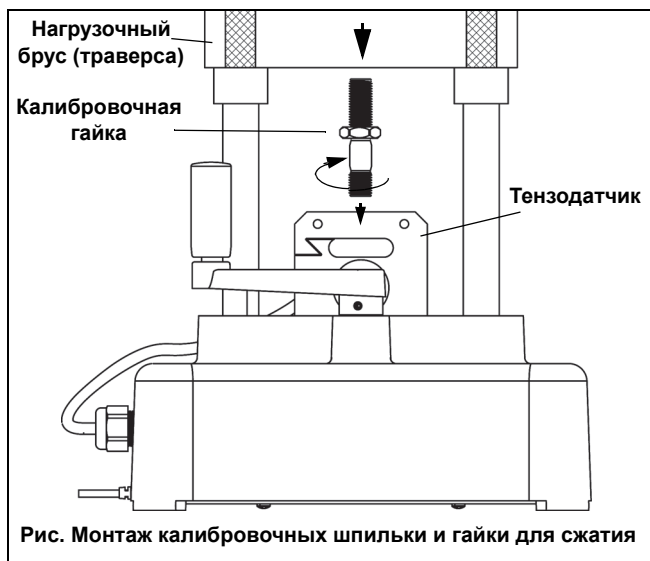


Рис. Монтаж калибровочных шпильки и гайки для сжатия

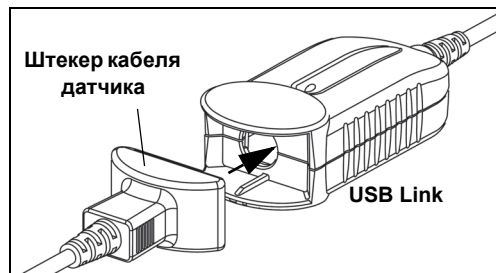
### Монтаж защитных экранов

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе. Отрегулируйте положение защитных экранов таким образом, чтобы они блоки-

ровали возможный вылет любых фрагментов калибровочной шпильки в случае ее внезапного разрушения.

### Подготовка к записи данных калибровки

Подключите штекер кабеля датчиков к интерфейсу PASPORT, например к USB Link (входит в комплект набора). Подключите интерфейс к USB-порту компьютера.



Подробные сведения о процедуре калибровки см. в Приложении А.

После завершения процедуры калибровки возвращайтесь к данному месту Руководства.

### Монтаж образца для растяжения

Выберите образец для растяжения для установки его в устройство. Поместите конец образца с короткой резьбой в отверстие в верхней части корпуса тензодатчика. Полностью вкрутите образец в отверстие, так, чтобы вся резьба на образце вошла в верхнюю часть корпуса тензодатчика.

Опустите нагрузочную траверсу настолько, чтобы верхний конец с резьбой образца прошел в отверстие в траверсе. Отрегулируйте положение нагрузочной траверсы таким образом, чтобы нижняя часть верхнего конца с резьбой образца вошла в нагрузочную траверсу глубже ее нижней грани. Удерживая образец, чтобы он не вращался, накрутите на его верхнюю часть круглую гайку траверсы, плотно прикрепив его к траверсе.

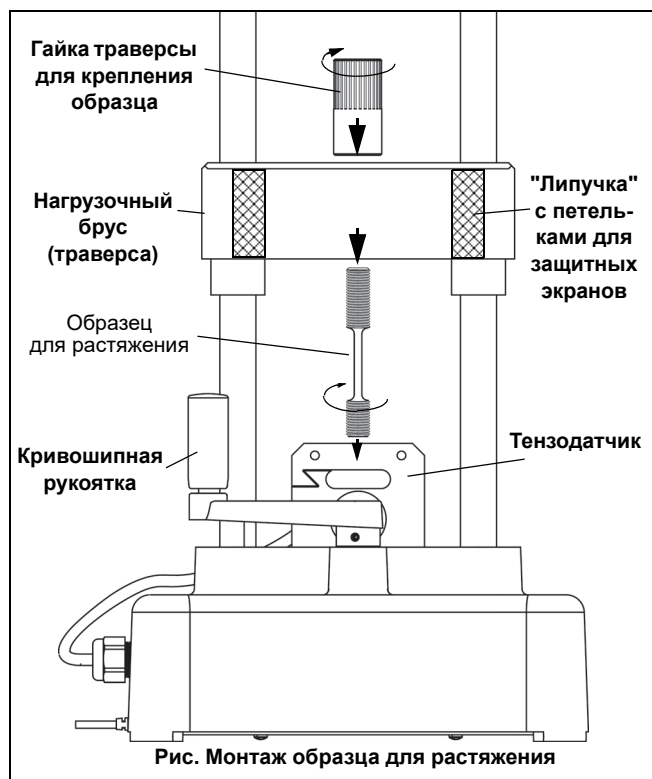


Рис. Монтаж образца для растяжения

**Монтаж защитных экранов**

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе. Отрегулируйте положение защитных экранов таким образом, чтобы они блокировали возможный вылет любых осколков образца.

**Запись данных**

Приготовьте программу PASCO Capstone к записи данных. (Если существует сохраненный файл с данными калибровки, который предполагается использовать, выберите его в окне "Calibration" (калибровка).)

Запустите запись данных. Вращайте кривошипную рукоятку по часовой стрелке для приложения силы на растяжение образца. Наблюдайте за диаграммой зависимости силы от положения на дисплее. (Обратите внимание, что при приложении силы на растяжение устройством для исследования сопротивления материалов, программа по умолчанию показывает значения силы и положения, как отрицательные. Дополнительные сведения об изменении знаков величин см. в Приложении А.)

Когда образец растянется до максимума или разрушится, остановите запись данных.

**Дополнительный набор принадлежностей для изгиба (ME-8237)**

Дополнительный набор принадлежностей для изгиба состоит из толкателя, двух регулируемых упоров и маленького шестигранного ключа. Толкатель крепится к нижней грани нагрузочной траверсы при помощи круглой

гайки. Основание для регулируемых упоров крепится к верхней части корпуса тензодатчика.

Расстояние между двумя треугольными упорами можно регулировать. Для этого шестигранным ключом необходимо ослабить винты, крепящие упоры к основанию, а затем сдвинуть упоры ближе друг к другу или раздвинуть их. После чего вновь плотно затянуть винты ключом.

Для прикрепления толкателя на нагрузочной траверсе используйте круглую гайку траверсы. Выкрутите винты из основания для регулируемых упоров и поместите его на верхнюю часть корпуса тензодатчика, совместив отверстия в корпусе тензодатчика и в основании. Прикрепите основание к корпусу тензодатчика винтами, при помощи шестигранного ключа.

Поместите образец для исследования на два упора.

**Монтаж защитных экранов**

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе и отрегулируйте при необходимости положение экранов.

**Приложение силы**

Вращайте кривошипную рукоятку против часовой стрелки для приложения силы на изгиб образца при помощи толкателя.

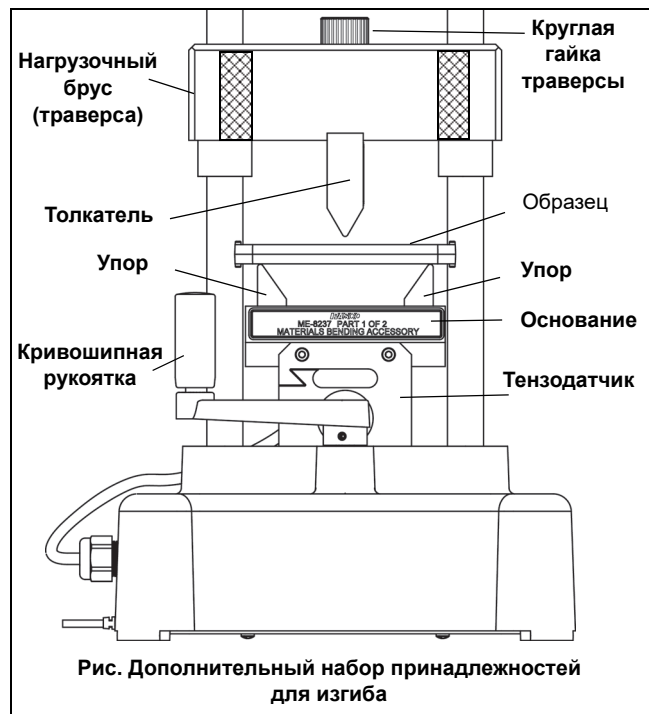
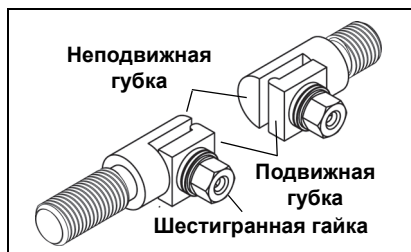


Рис. Дополнительный набор принадлежностей для изгиба

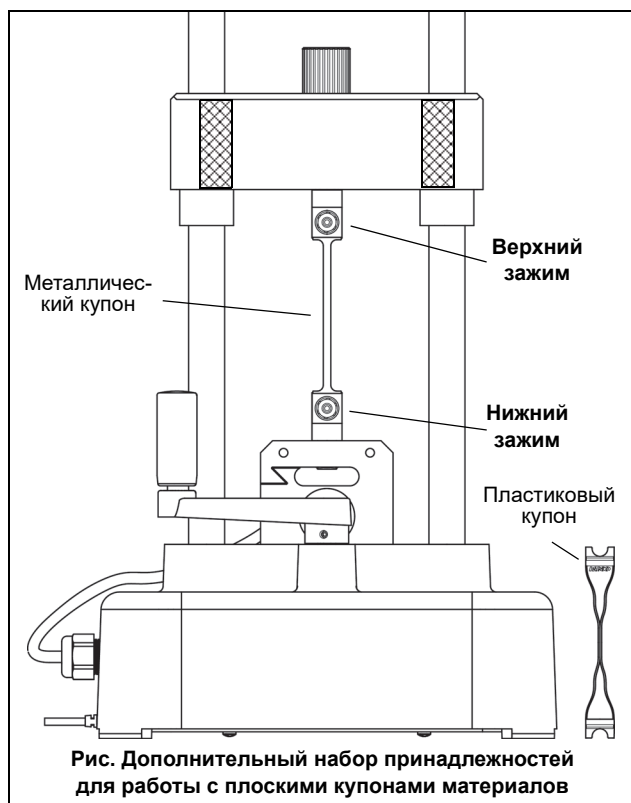
**Дополнительный набор принадлежностей для работы с плоскими купонами материалов (ME-8238)**

Дополнительный набор принадлежностей для работы с плоскими купонами состоит из двух зажимов

для купонов и торцевого ключа на 3/8 дюйма с удобной рукояткой. Один зажим крепится к корпусу тензодатчика, а второй к нагрузочной траверсе. Они используются для закрепления пластиковых купонов (AP-8222) или металлических купонов (AP-8223) и последующего исследования их предела прочности на разрыв.



Ослабьте гайки на обоих зажимах, но не откручивайте их полностью. Губки на зажимах подпружинены, поэтому подвижная губка отодвинется от неподвижной. Вкрутите зажим с короткой резьбой в отверстие в верхней части корпуса тензодатчика. Вставьте длинную резьбу другого зажима снизу в отверстие в нагрузочной траверсе и накрутите на него сверху траверсы круглую гайку, зафиксировав зажим. **ПРИМЕЧАНИЕ.** Не затягивайте полностью круглую гайку на данном этапе.



Аккуратно вставьте один конец купона между губками нижнего зажима. Удерживая подвижную губку точно напротив неподвижной и не давая ей вращаться, затяните гайку на зажиме при помощи торцевого ключа. **ВНИМАНИЕ!** Все купоны непрочны. Не позволяйте подвижной губке зажима поворачиваться относительно неподвижной, поскольку это может повредить купон.

Поверните верхний зажим таким образом, чтобы плоскость его губок совпадала с плоскостью губок нижнего зажима. Переместите нагрузочную траверсу таким образом, чтобы было достаточно места аккуратно поместить другой конец купона между губками верхнего зажима. Удерживайте подвижную губку на своем месте, чтобы не скрутить или не изогнуть купон. Затяните гайку зажима.

Удерживая верхний зажим в одной плоскости с нижним, слегка затяните круглую гайку траверсы на верхнем зажиме до удаления люфта купона.

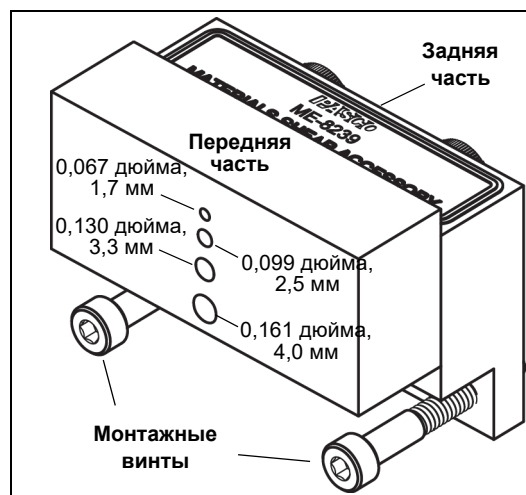
### Монтаж защитных экранов

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе и отрегулируйте при необходимости положение экранов.

### Дополнительный набор принадлежностей для среза (ME-8239)

Дополнительный набор принадлежностей для среза состоит из двух частей из закаленной стали – передней и задней части, удерживаемых вместе при помощи пары винтов, а также набора образцов для среза из различных материалов. Передняя часть может вертикально скользить относительно задней части, которая прикручивается винтами к корпусу тензодатчика при помощи шестигранного ключа. Каждая из двух частей имеет несколько совпадающих между собой отверстий разного диаметра для исследования различных образцов. Приблизительные диаметры отверстий 1/16 дюйма, 3/32 дюйма, 1/8 дюйма и 5/32 дюйма. Образцы для среза в комплекте представляют собой стержни диаметром 1/8 дюйма из трех металлов: алюминия, латуни и мягкой стали.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Не используйте образцы, жесткость которых превышает жесткость мягкой стали.



Для крепления задней части дополнительного набора принадлежностей для среза к корпусу тензодатчика используйте два монтажных винта и входящий в комплект набора шестигранный ключ. Обратите внимание



на то, что отверстия в передней и задней частях совпадают между собой, если поднять рукой переднюю часть относительно задней до максимально возможного положения.

Вставьте исследуемый образец в пару совпадающих отверстий, максимально подходящих ему по диаметру. Используйте образцы достаточной длины для того, чтобы они выступали за пределы передней и задней частей хотя бы на 6 мм (1/4 дюйма) с каждой стороны. Это облегчит удаление остатков образца после завершения его среза.

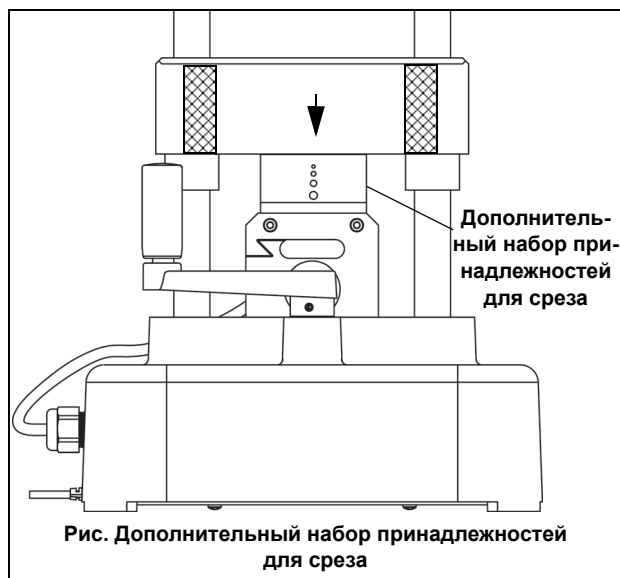


Рис. Дополнительный набор принадлежностей для среза

Переместите нагрузочную траверсу таким образом, чтобы ее нижняя грань коснулась передней части.

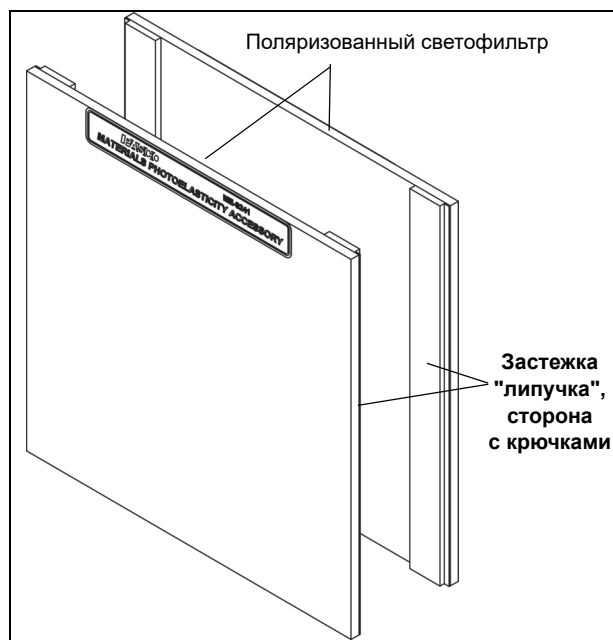
### Монтаж защитных экранов

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе. При необходимости отрегулируйте положение экранов.

### Дополнительный набор принадлежностей для поляризационно-оптического метода исследования напряжений материалов (ME-8241)

При наблюдении напряженных образцов из прозрачного фотоупругого пластика через скрещенные поляризаторы можно видеть зоны разных цветов, которые показывают распределение напряжений. Дополнительный набор принадлежностей для поляризационно-оптического метода разработан для демонстрации явления фотоупругости в образцах из прозрачного пластика.

Этот набор состоит из двух прямоугольных поляризованных светофильтров, прикрепляемых при помощи "липучки" к нагрузочной траверсе устройства для исследования сопротивления материалов.



Для закрепления поляризованного светофильтра на нагрузочной траверсе, совместите полосы "липучки" на светофильтре с полосами "липучки" на траверсе, прижмите края светофильтра к траверсе, чтобы полосы "липучки" соединились друг с другом. Повторите ту же процедуру со вторым поляризованным светофильтром, прикрепив его к другой стороне траверсы.



Поместите за поляризованными светофильтрами источник света.

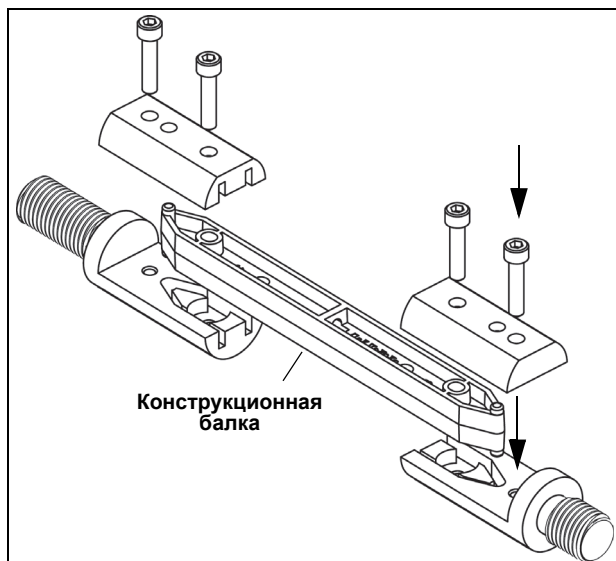
### Дополнительный набор принадлежностей для работы с конструкционными балками (ME-8242)

Набор элементов конструкций PASCO состоит из разнообразных балок, которые можно исследовать при помощи устройства для исследования сопротивления материалов. В основном это двутавровые балки, а также и другие элементы конструкций. Дополнительный набор принадлежностей для работы с конструкционными балками разработан для исследования работы балок на сжатие и на растяжение.

Данный набор состоит из двух специальных зажимов и шестигранного ключа. Каждый зажим состоит из двух частей, одна из которых снимается для того, чтобы поместить в зажим конец балки. Концы зажимов с резьбой предназначены для вкручивания их в корпус тензодатчика и в нагрузочную траверсу.



С помощью шестигранного ключа, входящего в комплект, открутите два винта, соединяющие две части зажима. Поместите концы конструкционной балки, например двутавровой балки №3, в неподвижные части обоих зажимов, а затем при помощи винтов прикрутите к ним подвижные части зажимов.



Вкрутите зажим с короткой резьбой в верхнюю часть корпуса тензодатчика, а конец с длинной резьбой другого зажима вставьте в снизу в отверстие в траверсе. Для закрепления зажима на нагрузочной траверсе используйте круглую гайку траверсы.

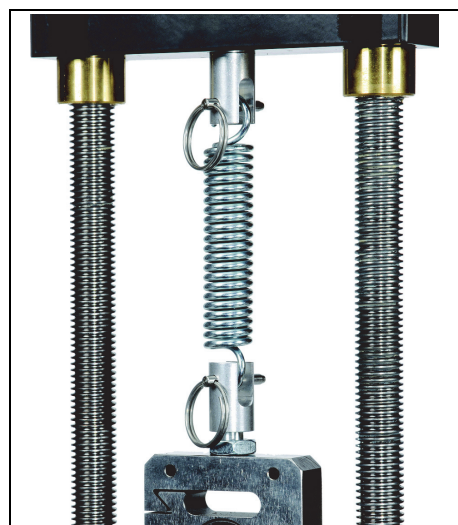
#### Монтаж защитных экранов

Прикрепите два защитных экрана, соединив "липучку" с крючками на них с "липучкой" с петельками спереди и сзади на нагрузочной траверсе. При необходимости отрегулируйте положение экранов.

### Набор тяговых скоб (ME-8245)

Тяговые скобы для устройства для исследования сопротивления материалов разработаны специально для экспериментов растяжения различных образцов, имеющих на концах крюки или сквозные отверстия. Тяговые скобы замыкаются штифтами диаметром 4,7 мм (0,187 дюйма). В конец каждого штифта вставлена пара подпружиненных шариков, играющая роль защелки, предотвращающей выскальзывание штифта из отверстия в скобе.

Тяговая скоба с длинной резьбой крепится к нагрузочной траверсе, а скоба с короткой резьбой и шестигранной гайкой на ней крепится к корпусу тензодатчика.

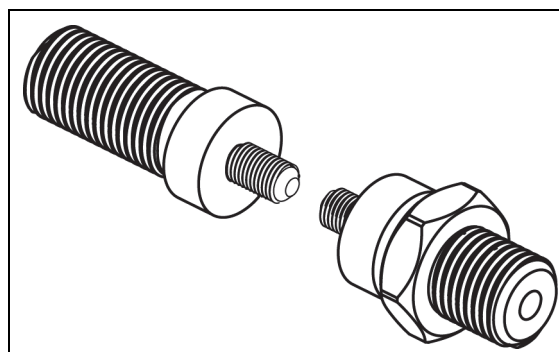


Не забудьте прикрепить два защитных экрана к нагрузочной траверсе.

### Переходники на резьбу 10 – 32 (ME-8246)

Некоторые устройства, используемые устройством для исследования материалов в экспериментах, имеют отверстия с резьбой 10 - 32. Переходники на резьбу 10 - 32 разработаны для присоединения этих устройств с резьбовыми отверстиями 10 - 32 к нагрузочной траверсе и к корпусу тензодатчика.

Переходник с длинной резьбой большего диаметра крепится к нагрузочной траверсе, а переходник с короткой резьбой большего диаметра и шестигранной гайкой на ней крепится к корпусу тензодатчика.



### Набор платформ для сжатия (ME-8247)

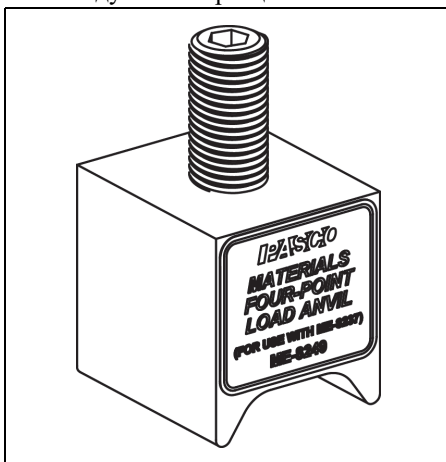
Дополнительный набор платформ для сжатия разработан для удобства экспериментов по сжатию специальных образцов. Этот набор состоит из двух платформ диаметром один дюйм (2,54 см), обеспечивающих надежное и прочное основание для сжимаемых образцов.



Также в этот набор входит двадцать образцов для сжатия (ME-8248). Это полиэтиленовые цилиндры диаметром 1,3 см и длиной 2 см.

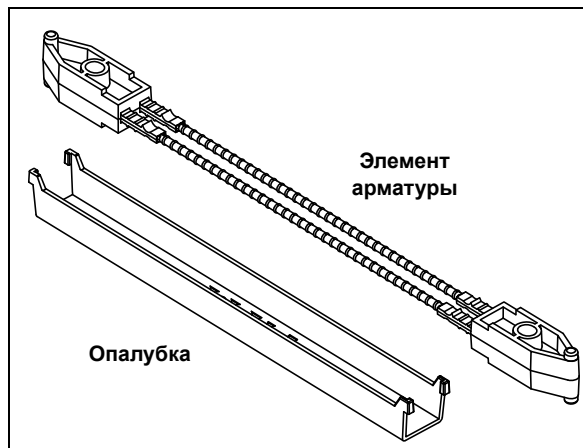
### Двухточечный толкатель (ME-8249)

Двухточечный толкатель расширяет возможности набора принадлежностей для изгиба. При использовании этого набора вместе с двухточечным толкателем можно измерить, записать и проанализировать данные для определения модуля упругости при изгибе и предел прочности при изгибе исследуемых образцов.



### Комплект для изготовления литых армированных балок (ME-6983)

Данный комплект состоит из 30 элементов "арматуры" и 10 "опалубок". Литая армированная балка состоит из балки, являющейся моделью стержней арматуры, используемых в строительстве, и опалубки, позволяющей изготовить модель балки из "железобетона" или даже преднапряженного "бетона". В опалубку, соединенную с арматурной балкой, заливается смесь гипса с мелким песком и водой. После отвердевания смеси опалубка снимается, и готовая литая балка может использоваться как балка №4 из любого набора конструкций PASCO или подвергаться исследованию на устройстве для исследования сопротивления материалов.



На рисунке изображен эксперимент с использованием литой балки и двухточечного толкателя вместе с набором для изгиба.



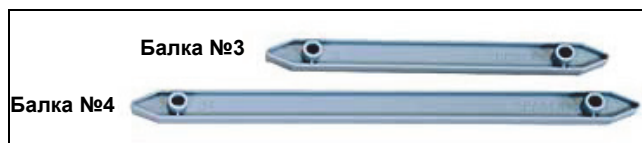
### Фотоупругие двутавровые балки (ME-7011)

Фотоупругие двутавровые балки идентичны двутавровым балкам №3 и №4, входящим в состав наборов конструкций PASCO (таких как набор балок для сборки ферм ME-6990). Однако фотоупругие балки отличаются тем, что они изготовлены из прозрачного поликарбонатного пластика, а также отсутствием отверстий на центральной плоскости балок. Закрепить их в устройстве для исследования сопротивления материалов можно при помощи набора для работы с конструкционными балками. Исследуя эти балки при помощи набора для поляризационно-оптического метода можно воочию наблюдать зоны распределения напряжения.

Набор фотоупругих двутавровых балок состоит из двадцати четырех балок каждого из двух размеров. Длина балок №3 11,5 см, а балок №4 – 17 см.

### Тонкие двутавровые балки (ME-7012)

Набор тонких двутавровых балок состоит из 48 тонких балок двух размеров – №3 (24 шт.) и №4 (24 шт.). Балки такие же, как в наборах конструкций PASCO, только без отверстий на центральной плоскости. Поэтому результаты экспериментов с ними на устройстве для исследования сопротивления материалов более соответствуют результатам для двутавровых металлических балок, используемых в строительстве.



## Техническое обслуживание

Регулярное техническое обслуживание данного оборудования минимально. Направляющие ходовые винты необходимо содержать в чистоте и иногда смазывать. Используйте пищевую противозадирную смазку, содержащую PTFE (политетрафторэтилен, широко известный как Тефлон®).

При возникновении проблем с устройством для исследования сопротивления материалов обращайтесь в компанию PASCO scientific. Не рекомендуется пытаться самостоятельно ремонтировать данное оборудование. (См. раздел "Техническая поддержка" в конце данного Руководства.)

## Технические характеристики

Параметр	Описание
Допустимая нагрузка на тензодатчик	7100 Н (725 кг)
Максимальная нагрузка на тензодатчик	100% допустимой нагрузки

## Руководство по проведению эксперимента

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Руководство по проведению эксперимента в электронном формате можно загрузить с веб-сайта [www.pasco.com](http://www.pasco.com). Руководство по проведению эксперимента содержит описание процедуры калибровки, а также описывает доступные файлы инструкций Capstone для устройства для исследования сопротивления материалов.

Введите "Materials Testing System" (Набор "Исследование сопротивления материалов") в поле поиска и ищите файлы для загрузки на вкладке "User Resources" (Ресурсы пользователя).

Список файлов инструкций Capstone для устройства для исследования сопротивления материалов выглядит следующим образом. Руководство к каждому эксперименту можно скачать в виде ZIP файла, содержащего заархивированную папку с файлом настроек в формате PDF и файлом данных Capstone:

### Эксперименты

- Эксп. 01. Знакомство с устройством для исследования сопротивления материалов
- Эксп. 02. Инструкция по калибровке деформации
- Эксп. 03. Исследование растяжения - латунь
- Эксп. 04. Модуль Юнга

- Эксп. 05. Исследование растяжения - отожжённая сталь
- Эксп. 06. Исследование растяжения - металлические купоны
- Эксп. 07. Исследование растяжения - пластиковые купоны
- Эксп. 08. Исследование растяжения - пластиковые образцы
- Эксп. 09. Трехточечный изгиб
- Эксп. 10. Изгиб круглого стержня
- Эксп. 11. Исследование изгиба балок
- Эксп. 12. Исследование растяжения балок
- Эксп. 13. Продольный изгиб колонны и коэффициент гибкости
- Эксп. 14. Формула Эйлера для продольного изгиба колонны

## Техническая поддержка

Для получения технической поддержки по любому продукту PASCO обращайтесь в компанию PASCO:

Адрес: PASCO scientific  
10101 Foothills Blvd.  
Roseville, CA 95747-7100 (США)

Телефон: 916-462-8384 (международный)  
877-373-0300 (в США)

Электронная почта: [support@pasco.com](mailto:support@pasco.com)

Веб-сайт [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

Для получения последней информации об устройстве для исследования сопротивления материалов или о запасных частях и дополнительных принадлежностях для него посетите веб-сайт [www.pasco.com](http://www.pasco.com) и введите нужный артикул в строке поиска.

**Ограниченная гарантия.** Описание гарантии на продукт см. в каталоге PASCO. **Авторские права** Данное *Инструкция* PASCO scientific защищена авторскими правами. Некоммерческим образовательным учреждениям предоставляется разрешение на воспроизведение настоящего руководства в любой его части, при условии, что копии будут использоваться исключительно в лабораториях и учебных классах этих организаций и не будут распространяться на коммерческой основе. Воспроизведение на других условиях без письменного согласия компании PASCO scientific запрещено. **Товарные знаки** PASCO, PASCO Capstone, PASPORT, SPARK Science Learning System, SPARK SLS и SPARKvue являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками компании PASCO scientific в США и (или) других странах. Дополнительные сведения см. на странице [www.pasco.com/legal](http://www.pasco.com/legal).

### Инструкции по утилизации по окончании срока службы продукта

Данное электронное устройство подлежит утилизации и вторичной переработке в соответствии с правилами,

которые зависят от конкретной страны и региона. Ответственность за утилизацию электронного оборудования в соответствии с местными экологическими законами и нормами, гарантирующими защиту здоровья и окружающей среды, возлагается на конечного пользователя. Сведения о пунктах сбора отработанного оборудования для переработки можно получить в местной службе по утилизации и переработке отходов или в месте приобретения продукта.

Символ ЕС WEEE (отходы электрического и электронного оборудования) на продукте или его упаковке (справа) указывает, что этот продукт не подлежит утилизации в стандартном контейнере для отходов.





# Приложение А. Калибровка

## Общая информация. Предварительная калибровка

### Эксп. 02. Инструкция по калибровке деформации

НАПОМИНАНИЕ: Инструкцию по проведению калибровки деформации в программе PASCO Capstone можно загрузить с веб-сайта PASCO. Зайдите на сайт [www.pasco.com](http://www.pasco.com) и введите "Materials Testing System" (Набор "Исследование сопротивления материалов") в поле поиска. На открывшейся веб-странице выберите "Materials Testing System". Выберите "Sample Labs" (Эксперименты) и скачайте ZIP файл эксперимента 02 (Lab 02).

Инструкция по калибровке деформации в эксперименте 02 включает в себя следующую информацию:

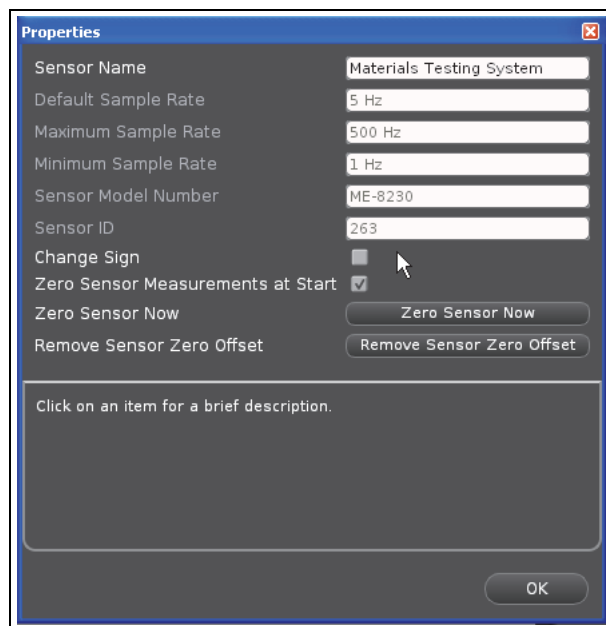
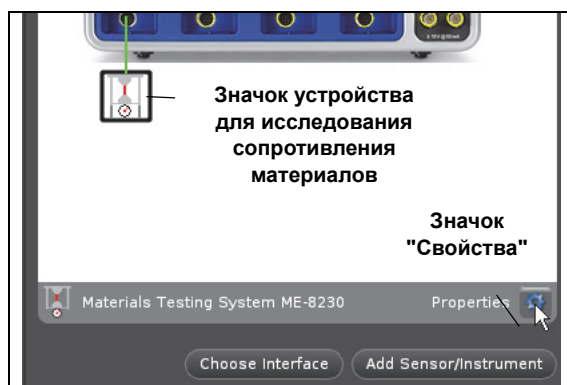
- Как проводить калибровку деформации.
- Как создать, сохранить и удалить данные калибровки.
- Подсказки и практические советы для проведения точной калибровки.

#### Дополнительно: изменение знака величин

ПРИМЕЧАНИЕ: При приложении силы на растяжение устройством для исследования сопротивления материалов программа по умолчанию показывает значения силы и положения, как отрицательные. Несмотря на то, что можно использовать устройство и с отрицательными значениями силы и положения, лучше изменить знак значений этих величин при помощи "мастера калибровки".

- Для изменения знака значений силы и положения щелкните значок "Hardware Setup" (Настройка оборудования) на панели "Tools" (Инструменты).
- В окне настройки оборудования щелкните по значку "Properties" (Свойства) с изображением шестеренки, чтобы открыть окно свойств устройства для исследования сопротивления материалов.
- Обратите внимание, что в окне свойств напротив пункта "Change Sign" (Изменить знак) флажок по умолчанию отсутствует. Это означает, что положительными значениями силы и положения будут при движении нагрузочной траверсы вниз, то есть при *сжатии*.
- Для того, чтобы значения силы и положения стали положительными при движении нагрузочной траверсы вверх, то есть при *растяжении*, поставьте флажок напротив "Change Sign" (Изменить знак).
- Нажмите кнопку **ОК**, чтобы закрыть окно свойств.
- Щелкните значок "Hardware Setup" (Настройка оборудования) чтобы закрыть окно настройки оборудования.


Приготовьтесь к использованию программы для калибровки устройства для исследования сопротивления материалов.



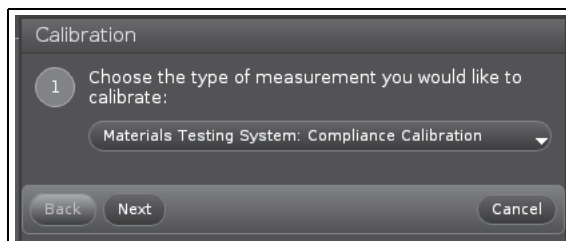
## Процедура калибровки

Далее пошагово описано, как использовать "мастер калибровки" в программе PASCО Capstone для проведения калибровки деформации устройства для исследования сопротивления материалов. Пожалуйста, внимательно ознакомьтесь с пошаговой инструкцией, чтобы понять процедуру *до начала проведения* калибровки.

### Шаг первый: Выбор типа измерения для калибровки

В программе Capstone щелкните значок "Calibration" (Калибровка)  на панели инструментов ("Tools") чтобы открыть окно калибровки.

Существует два варианта калибровки устройства для исследования сопротивления материалов. Первый – простая калибровка силы, измеренной тензодатчиком. Второй, выбираемый по умолчанию – калибровка деформации устройства для исследования сопротивления материалов ("Materials Testing System: Compliance Calibration"). Используйте этот вариант для настройки автоматической коррекции программой данных положения.



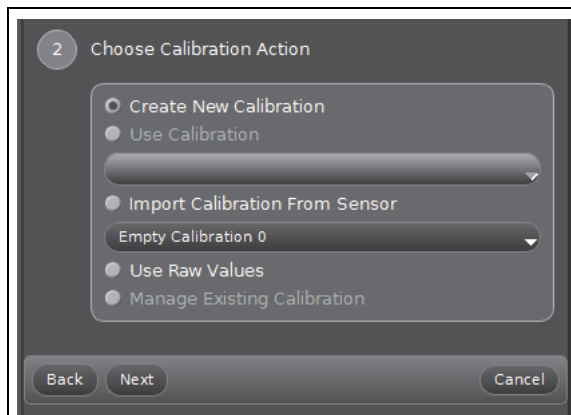
- Нажмите кнопку **Next (Далее)** для отображения второго шага – меню выбора действия для калибровки.

### Шаг второй: Выбор действия для калибровки

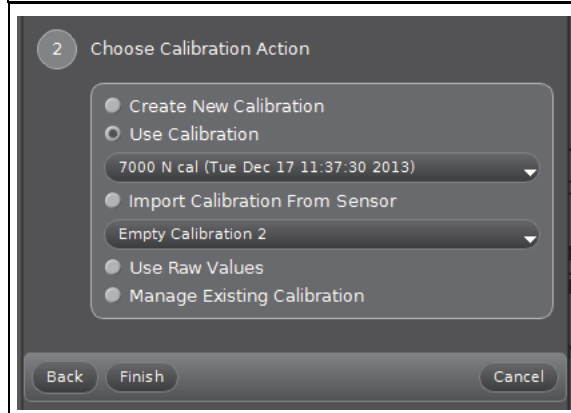
В окне "Choose Calibration Action" (Выбор действия для калибровки) возможен выбор между несколькими вариантами действий, позволяющими создавать, выбирать, сохранять, изменять или удалять данные калибровки.

- **Create New Calibration (Новая калибровка).** Этот вариант выбран по умолчанию. При выборе этого варианта "мастер калибровки" пошагово проведет вас через процесс создания и сохранения новых данных калибровки деформации. Он включает в себя запрос установки калибровочной шпильки (шаг 3), запись данных, представленных на диаграмме (шаг 4) и подбор полиномиальной кривой (шаг 5), которая будет сохранена в качестве данных калибровки деформации.

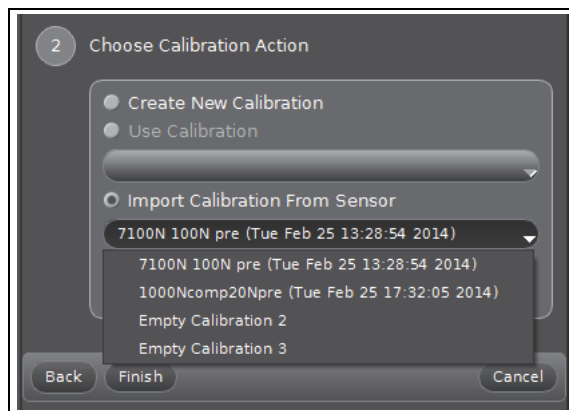
Далее следует описание действий при выборе других вариантов.



- **Use Calibration (Использовать данные калибровки).** Если текстовое поле под строкой "Use Calibration" пустое, это означает, что отсутствуют "активные" данные калибровки, используемые сейчас. Однако, если данные калибровки предварительно были сохранены в данном файле Capstone, то они будут отображены в выпадающем меню (нажмите на стрелку, направленную вниз, справа). (Предварительно сохраненные данные калибровки деформации "7000 N cal (Tue Dec 17 11:37:30 2013)" показаны в качестве примера.) После выбора предварительно сохраненных данных калибровки деформации из выпадающего меню они становятся "активными" данными калибровки. После нажатия кнопки **Finish (Завершить)** выбранные данные калибровки будут использоваться *в дальнейшем* для коррекции деформации при сборе данных.

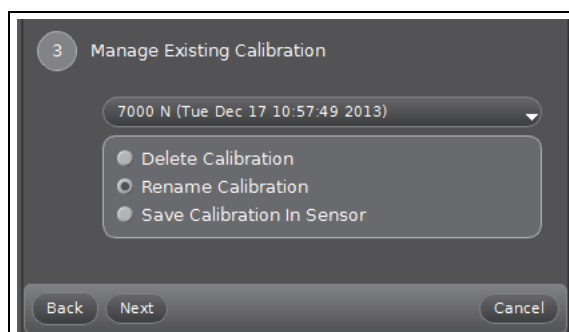


- **Import Calibration From Sensor (Импорт данных калибровки из памяти датчика).** Любые сохраненные в памяти устройства для исследования сопротивления материалов ("датчика") данные будут отображаться в выпадающем меню. (Предварительно сохраненные данные калибровки "7100N 100N pre (Tue Feb 25)" показаны в качестве примера.) После нажатия кнопки **Finish (Завершить)** выбранные данные калибровки будут импортированы и добавлены в список используемых. Также они станут "активными" данными калибровки. **ПРИМЕЧАНИЕ.** Данные калибровки, сохраненные в памяти устройства для исследования сопротивления материалов ("датчика"), не могут быть использованы или переименованы до того, как они были импортированы.

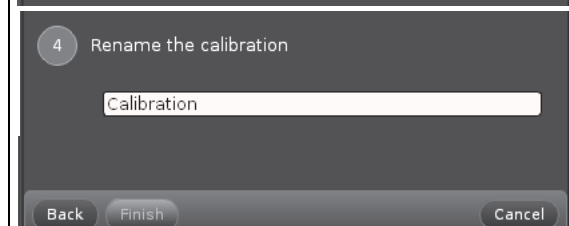


- **Use Raw Values (Использовать исходные значения).** Если выбрать данный вариант и нажать **Finish (Завершить)** использование любых данных калибровки деформации будет временно отключено. После этого коррекция собранных данных производиться не будет. **ПРИМЕЧАНИЕ.** Данные калибровки остаются сохраненными.

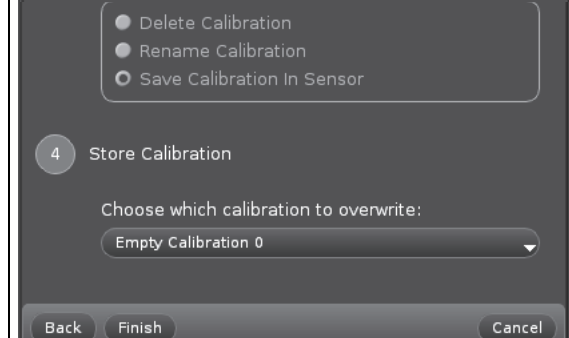
- **Manage Existing Calibration (Управление сохраненными данными калибровки).** При выборе данного варианта и нажатия кнопки **Next (Далее)**, будет отображено окно шага 3, как показано на рисунке. В нем предоставляются варианты выбора: "Delete Calibration" (Удалить данные калибровки), "Rename Calibration" (Переименовать данные калибровки) или "Save Calibration in Sensor" (Сохранить данные калибровки в памяти датчика) (устройства для исследования сопротивления материалов).



- Чтобы удалить данные калибровки, выберите необходимые данные из выпадающего меню, а затем выберите "Delete Calibration" (Удалить данные калибровки). Нажмите кнопку **Finish (Завершить)** чтобы удалить выбранные данные калибровки.
- При выборе варианта "Rename Calibration" (Переименовать данные калибровки), который выбран по умолчанию, и нажатии кнопки **Next (Далее)**, откроется текстовое поле для ввода нового имени для данных калибровки. **СОВЕТ:** Создавайте имена, содержащие значение максимальной приложенной силы. Также полезно записывать любую используемую предварительную нагрузку. После ввода нового имени нажмите кнопку **Finish (Завершить)**.



- При выборе варианта "Save Calibration in Sensor" (Сохранить данные калибровки в памяти датчика) и нажатии кнопки **Next (Далее)** в окне появится надпись "Store Calibration" (Сохранить данные калибровки) и предложением "Choose which calibration to overwrite" (Выберите данные калибровки для перезаписи). Вариант, по умолчанию отображаемый в выпадающем меню – "Empty Calibration 0" (Пустые данные калибровки 0). После нажатия кнопки **Finish (Завершить)** данные калибровки, которые вы хотите сохранить, заменят собой пустые данные ("Empty Calibration 0").



**ВНИМАНИЕ!** В памяти устройства для исследования сопротивления материалов может быть сохранено только четыре файла данных калибровки. Если в памяти устройства уже сохранены четыре файла данных калибровки, а вы хотите сохранить новые данные, программа предложит вам выбрать, какие из сохраненных данных перезаписать.

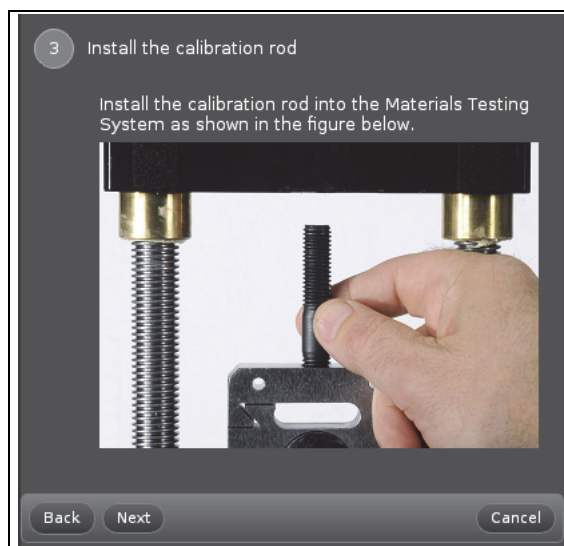
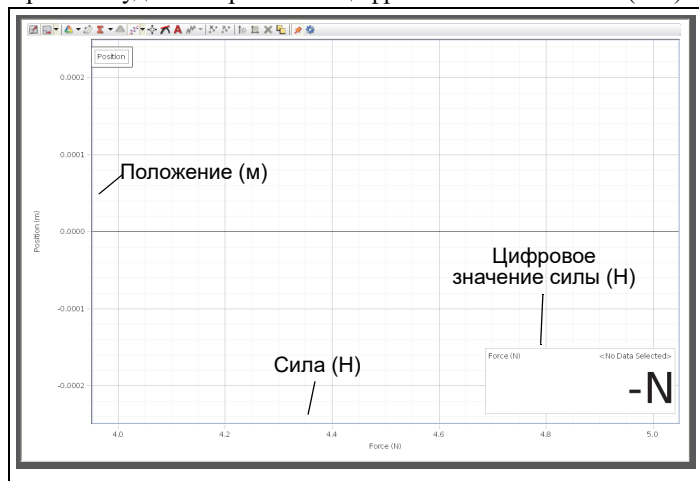
**ПРИМЕЧАНИЕ.** В файле *Capstone* можно сохранять любое количество данных калибровки. При вводе имени данных калибровки, как в шаге 6 "Ввод имени данных калибровки" (см. ниже), включайте в имя значение максимальной приложенной силы. Также полезно записывать любую используемую предварительную нагрузку. При открытии ранее сохраненного файла *Capstone* данные калибровки будут доступны.

- После того, как вы выбрали действие с данными калибровки (НАПОМИНАНИЕ: вариант "Create New Calibration" (Новая калибровка) выбран по умолчанию), нажмите кнопку **Next (Далее)** для перехода к шагу 3, где будет изображено, как установить калибровочную шпильку.

**Шаг третий: Установка калибровочной шпильки**

В окне "мастера калибровки" появится изображение, показывающее, как установить калибровочную шпильку.

В дополнение к иллюстрации появится диаграмма зависимости положения (в метрах) от силы (в ньютонах). В правом нижнем углу диаграммы будет отображаться цифровое значение силы (в Н).



- Нажмите кнопку **Next (Далее)** для перехода к четвертому шагу – записи плавного потока данных.

**Шаг четвертый: Запись плавного потока данных**

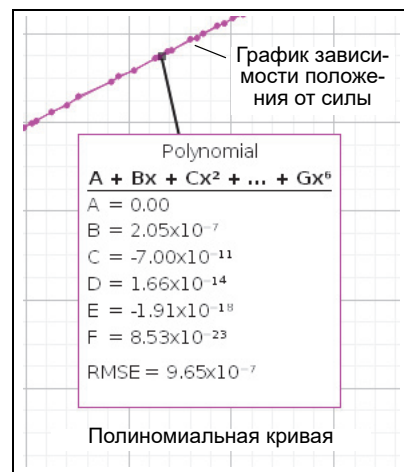
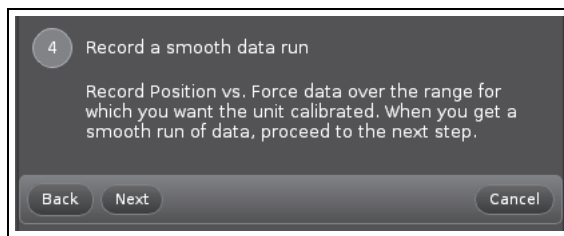
ПРИМЕЧАНИЕ. Для того, чтобы откалибровать устройство так, чтобы производилась точная коррекция при его деформации, необходимо проводить процедуру калибровки в таком же диапазоне силы и в тех же условиях, в которых вы собираетесь исследовать образцы материалов.

- Нажмите кнопку **Record (Запись)** для записи плавного графика зависимости положения от силы.
- После завершения записи данных нажмите **Stop**.

НАПОМИНАНИЕ: Если график данных получился не плавным, удалите его и повторите процедуру еще раз.

ПРИМЕЧАНИЕ. К графику зависимости положения от силы автоматически будет подобрана полиномиальная кривая.

- Нажмите кнопку **Next (Далее)** для перехода к пятому шагу – подбору полиномиальной кривой.



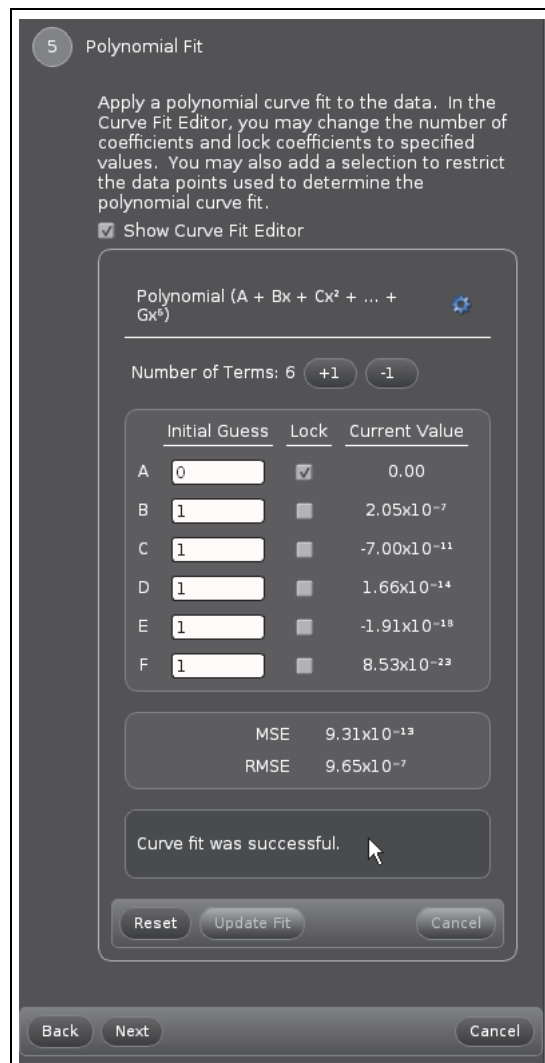
### Шаг пятый: Подбор полиномиальной кривой

**ПРИМЕЧАНИЕ.** По умолчанию окно "Show Curve Fit Editor" (Показать редактор подбора кривой) отображается внутри окна "Polynomial Fit" (Подбор кривой). В окне редактора подбора кривой отображаются значения по умолчанию коэффициентов полиномиальной кривой.

В окне редактора подбора кривой можно изменять количество термов ("Number of Terms"), вводить начальное приближение ("Initial Guess") для каждого коэффициента, а также блокировать и разблокировать значения коэффициентов.

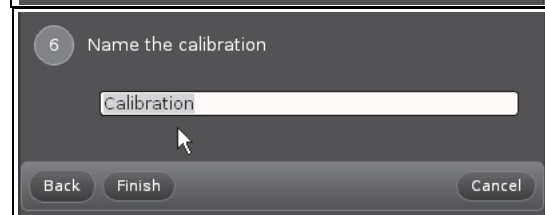
- Если внизу окна отображается надпись "Curve fit was successful" (Кривая удачно подобрана), нажмите кнопку **Next (Далее)** для перехода к шестому шагу – вводу имени данных калибровки.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Если подбор кривой не удался, попробуйте подобрать коэффициенты, изменяя их в редакторе подбора кривой до тех пор, пока не появится сообщение о том, что подбор удался. Изменив коэффициенты, нажимайте кнопку "Update Fit" (Обновить подбор) для того, чтобы определить, удалось ли лучше подобрать кривую с новыми коэффициентами.



### Шаг шестой: Ввод имени данных калибровки.

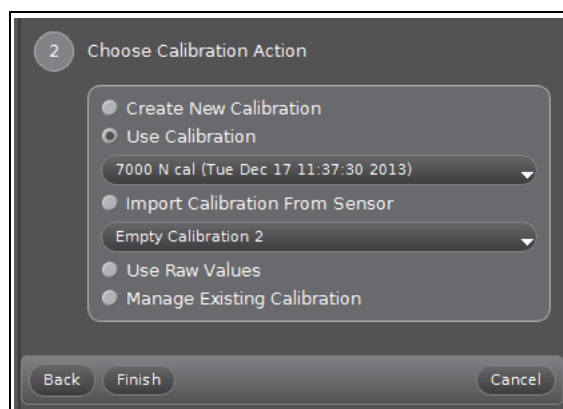
- Введите имя файла данных калибровки в текстовом поле. (Примеры имен: "Calibration 7000" (Калибровка 7000) или "Tension Calibration" (Калибровка растяжения).)
- Нажмите кнопку **Finish (Завершить)** чтобы сохранить данные калибровки в качестве части файла Capstone.



### Финальный шаг

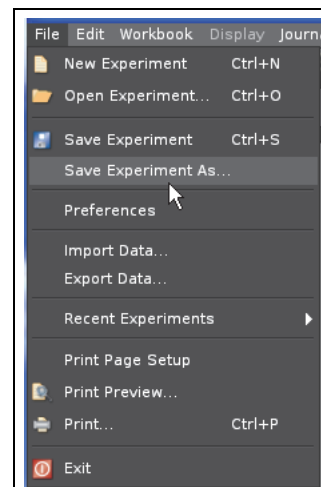
**ПРИМЕЧАНИЕ.** Окно "Calibration" (Калибровка) перейдет вновь к шагу 1. При нажатии кнопки **Next (Далее)** откроется окно выбора действия (шаг 2), в котором будет отображаться меню выбора сохраненных данных калибровки.

- Выберите вариант "Use Calibration" (Использовать данные калибровки) и укажите сохраненный файл с данными калибровки, выбрав его в выпадающем меню данного варианта, или выберите вариант "Import Calibration From Sensor" (Импорт данных калибровки из памяти датчика) для выбора файла данных калибровки из памяти устройства.
- Нажмите **Finish (Завершить)**. Окно "Calibration" (Калибровка) перейдет вновь к шагу 1.
- Щелкните значок "Calibration" (Калибровка) на панели инструментов ("Tools"), чтобы закрыть окно калибровки. Сохраните файл Capstone для последующего использования.





- Для этого воспользуйтесь меню "File" (Файл) в программе Capstone.



## Приложение В. "Посадка" исследуемого образца и установка предварительной нагрузки

Следующая процедура состоит в растяжении и последующем ослаблении образца для хорошей его "посадки" (удаления люфтов) и установке предварительной нагрузки.

### "Посадка" образца

1. Установите образец для исследования в устройство. Убедитесь в том, что круглая гайка нагрузочной траверсы слегка ослаблена и не оказывает нагрузки на образец.
2. В программе Capstone откройте диаграмму зависимости положения от силы с цифровым отображением значения силы.
3. Нажмите кнопку **Record (Запись)**.
  - ПРИМЧАНИЕ: Если значения положения и силы не равны нулю, откройте окно свойств в панели настройки оборудования ("Hardware Setup"). Флажок напротив пункта "Zero Sensor Measurement at Start" (Обнулить показания датчиков при старте) должен быть установлен.
4. Поверните кривошипную рукоятку около четверти оборота по часовой стрелке и убедитесь в том, что данные измерения положения и силы отображаются на диаграмме.
5. Не прекращая записи данных, медленно поверните рукоятку обратно против часовой стрелки. Глядя на цифровое значение силы, вращайте рукоятку, уменьшая силу до значения между 10 и 20 Н. Не уменьшайте силу до нуля.
6. Вновь вращайте рукоятку по часовой стрелке для увеличения силы, как прежде. Обратите внимание на то, где находится второй участок данных на диаграмме относительно первого. Если второй участок данных "накладывается" поверх первого участка, значит образец правильно "посажен" и можно нажать **Stop (Стоп)**. Если нет, повторите процесс увеличения и уменьшения приложенной силы.
  - ПРИМЕЧАНИЕ. Обычно необходимо несколько раз нагрузить и ослабить устройство для удаления люфтов и "посадки" образца.
7. Когда два последовательных участка графика данных накладываются друг на друга, это значит, что образец правильно "посажен". Нажмите кнопку **Stop (Стоп)**.

### Установка предварительной нагрузки

8. Нажмите кнопку записи для начала сбора данных и увеличьте силу до 100 Н. Остановите запись и НЕ ИЗМЕНЯЙТЕ положения рукоятки. Поскольку устройство для исследования сопротивления материалов настроено на автоматическое обнуление показаний датчиков, при следующем старте записи данных это обеспечит предварительную нагрузку на образец величиной в 100 Н, что приведет к улучшению результатов сбора данных.