

УДК 621.3.08

**КОНСТРУКЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ****В.А. КРИШТОПА***(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)*

*Рассматривается один из способов реализации устройства для изучения упругих свойств материалов. Линейные деформации и усилия определяются с помощью датчиков перемещения. Данные измерений обрабатываются микроконтроллером и позволяют проследить динамику упругих деформаций.*

Экспериментальные методы исследования механических свойств материалов не теряют свою актуальность на протяжении уже достаточно длительного времени. Это обусловлено рядом причин, основными из которых являются [1; 2]:

- возможность исследования деформированного образца в целом, его отдельных узлов в реальных условиях эксплуатации, что является источником достоверной информации об эксплуатационной нагруженности элементов конструкции;

- необходимость использования экспериментальных результатов статических испытаний на различные типы деформации для построения диаграмм зависимости деформации от внешней нагрузки. Анализ указанных диаграмм позволяет рассчитать как основные механические характеристики материала (например, прочность и жесткость), так и его критические параметры: предел упругости, предел прочности и т.д.;

- наличие апробированных методов измерения деформации (тензометрия, поляризационно-оптический метод, метод голографической интерференции и др.).

Известно, что в современной измерительной аппаратуре часто используются бесконтактные методы, при которых измерение деформации основывается на взаимосвязи между деформацией и физическими параметрами материала (индуктивностью, емкостью, сопротивлением и т.п.).

Наиболее часто при этом используются методы исследования деформаций с помощью датчиков сопротивления. Точность полученных при этом измерений достаточна как для решения технических, так и научно-исследовательских задач.

Актуальность дальнейших исследований обусловлена, прежде всего, необходимостью разработки методик измерения, позволяющих получать результаты с минимальной погрешностью (менее нескольких процентов); наглядностью полученной информации и возможностью использования цифровых методов ее обработки. И, наконец, расширением элементной базы современных эластичных материалов, широко используемых в микро и наноэлектронике (полимерные полупроводниковые материалы, пленки, нитевидные материалы и т.п.)

Основная цель работы состояла в разработке мобильного, компактного устройства, позволяющего проводить с минимальной погрешностью измерения механической одноосной деформации нитей, пленок и других тонких образцов, на основании которых можно было бы исследовать структуру образцов, рассчитывать критические механические параметры материала и характеристики его упругих свойств.

**Схема устройства и методика измерений.** Известно, что одноосное растяжение является наиболее простым с точки зрения экспериментального осуществления, сравнительно легко подвергается анализу, позволяет по результатам одного опыта определить характеристики таких важнейших механических свойств материалов, как упругость, прочность, статическая вязкость, удельную работу деформации и другие характеристики [1].

Чтобы измерять те или иные параметры материала при растяжении, следует измерять его удлинение при определенной нагрузке. Для этой цели было спроектировано устройство, принципиальная схема которого представлена на рисунке.

Испытательное устройство крепится неподвижными зажимами на основании. Образец 1 закреплен зажимами 2 и 3. Подвижный зажим 3 через эталонную пружину 5 связан с системой нагружения (электродвигатель). Подвижные элементы связаны с втулками, которые перемещаются по направляющим 4.

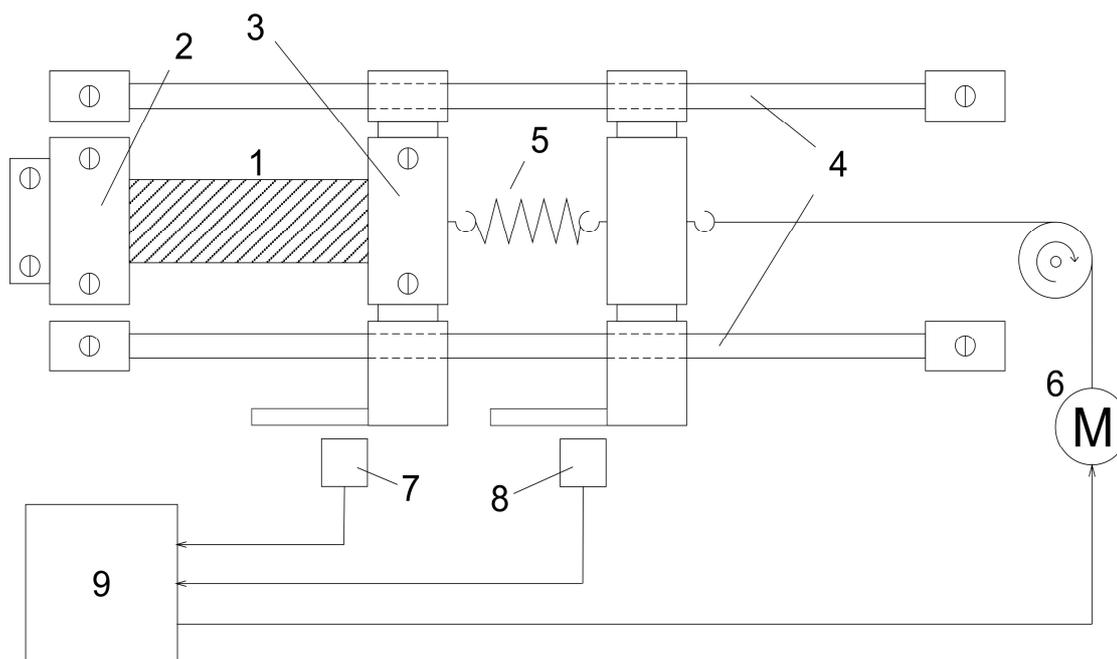
Датчики 7 и 8 преобразуют линейное перемещение в электрический сигнал. Датчиками выступают переменные резисторы. Датчик 7 служит для получения сведений о растяжении образца, а датчик 8 – для сведений о прилагаемом усилии.

Блок управления служит для предварительной обработки данных, управления нагружающим устройством и передачи информации на ПК для последующей обработки и хранения.

В качестве датчиков можно использовать датчики, основанные на любом из принципов измерения расстояния, будь то резистивные или оптические, емкостные или индуктивные датчики.

Оптимальными датчиками с точки зрения измерения нагрузки будут оптические, емкостные или индуктивные датчики, так как для измерения прилагаемого усилия такими датчиками можно исключить погрешность преодоления силы трения датчика.

Преимуществом измерения усилия с помощью пружины является то, что можно иметь сменный комплект таких пружин для вариации точности измерения усилия.



1 – образец; 2 – неподвижный зажим; 3 – подвижный зажим; 4 – направляющие;  
5 – пружина; 6 – нагружающее устройство; 7, 8 – датчики перемещения; 9 – блок управления

#### Принципиальная схема испытательного устройства

Датчики 7 и 8 регистрируют линейное удлинение образца  $\Delta l_1$  и пружины с образцом  $\Delta l_2$  соответственно. Усилие, развиваемое пружиной, рассчитывается по удлинению пружины  $F = k(\Delta l_2 - \Delta l_1)$ ,  $k$  – коэффициент жесткости пружины. Данные действия выполняет микроконтроллер, имеющий в своем составе аналого-цифровой преобразователь (АЦП), используемый для преобразования показаний датчиков в цифровой вид [3].

Затем рассчитывается относительное удлинение  $\epsilon$  и соответствующее напряжение  $\sigma(\epsilon)$ .

Строится диаграмма растяжения и определяется модуль Юнга материала.

В качестве микроконтроллера следует использовать микроконтроллер Atmega8 или иной, имеющий в своем составе АЦП и универсальный асинхронный приемо-передатчик UART. В качестве альтернативы можно использовать микроконтроллер без АЦП, но тогда придется подключать внешний АЦП, что позволит, с одной стороны, увеличить чувствительность при использовании АЦП с большим количеством разрядов, чем штатный, но с другой стороны, стоимость такого изделия значительно вырастет.

Для увеличения скорости обмена информацией микроконтроллера с компьютером целесообразно использовать микроконтроллеры с аппаратной поддержкой USB интерфейса, например AT90USB. Такой подход чреват сложностями в написании необходимых драйверов, но является наиболее перспективным [4].

Для приема и обработки данных с микроконтроллера можно воспользоваться оконным приложением, написанным, к примеру, в среде разработки VisualStudio.

При нажатии оператором кнопки запуска приложение должно запускать нагружающее устройство и принимать данные, регистрируемые датчиками.

В соответствии с принятыми данными, программа строит графики в реальном времени, согласно которым можно судить об упругих свойствах испытываемого материала. Графики сохраняются в формате растрового изображения или таблицы значений по желанию оператора. Также можно воспользоваться одной из функций Matlab – InstrumentControlToolbox, что позволяет строить матрицы на основе полученных данных для их последующей обработки.

#### **Заключение**

Представленное устройство предназначено для изучения упругих свойств материалов при линейных деформациях в автоматическом режиме. Применение электронных датчиков позволяет изучать динамику процесса деформации с различными скоростями и получать более достоверные результаты, по сравнению с обычными механическими датчиками.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / Г.Н. Чернышев [и др.]. – М.: Наука, 1996. – 231 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / В.И. Феодосьев. – 16-е изд., испр. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 543 с.
3. Трамперт, В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров : пер. с нем. – К. : МК-Пресс, 2006. – 208 с.
4. Бондаренко, Д.Н. Встраиваемые микроконтроллеры AVR-8 : учеб. пособие по дисциплинам «микропроцессорные устройства» и «Компьютерная и микропроцессорная техника» / Д.Н. Бондаренко. – СПб., 2014. – 193 с.