

УДК 531.53

**Л. А. ВЕЛИЧКО, М. М. БАРКОВСКАЯ**

Брест, БрГТУ

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЩЕСТВА С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА**

Данная работа расширяет возможности использования имеющегося лабораторного оборудования физического практикума студентами, привлеченными к выполнению научно-исследовательской работы и сообщению полученных ими результатов на студенческих научных конференциях.

Одной из важных задач материаловедения является определение такого параметра материала, как коэффициент сдвига материала  $\beta$ , поскольку при воздействии на тело внешних сил оно меняет свою форму и размеры, т. е. наблюдается механическая деформация. Экспериментально коэффициент сдвига материала  $\beta$  можно оценить с помощью лабораторной установки – баллистического крутильного маятника.

Данная установка представляет собой механическую колебательную систему, в которой стержень с подвижными грузами подвешен в однородном поле силы тяжести на вертикальной тонкой упругой нити и способный вращаться лишь вокруг неподвижной оси, расположенной вдоль этой нити [1]. В качестве тонкой упругой нити используется стальная проволока подвеса, жестко зафиксированная с двух сторон. Стержень с подвижными грузами закреплен посередине проволоки перпендикулярно ей и расположен симметрично относительно центра масс проволоки. На конце стержня находится мишень для пули. Выпущенная из специального устройства пуля, попадая в мишень, приводит маятник во вращательное движение. Таким образом, можно наблюдать крутильные колебания вокруг оси проволоки. Угол поворота и расстояние от оси проволоки до точки попадания пули в мишень измеряется. Для определения периода полное количество заданных колебаний и время, за которое они совершаются, регистрируются автоматически подключенным к маятнику секундомером. Скорость выпущенной пули определяется исходя из экспериментально полученных данных.

При попадании пули массой  $m$  в мишень происходит закручивание проволоки, т. е. реализуется деформация сдвига, которая характеризуется углом сдвига  $\varphi$ . При этом происходит изменение формы проволоки без изменения ее объема. Если проволоку мысленно разбить на тонкие поперечные слои (цилиндрики), то в ненагруженном состоянии образу-

щая цилиндрика составляет угол  $90^\circ$  с его основанием [2]. При закручивании этот угол изменяется. Максимальное изменение этого угла испытывает центральный слой, проходящий через центр массы проволоки и находящийся на середине проволоки, т. е.  $\varphi_{max} = \varphi$  (учтено, что концы проволоки закреплены).

Известно, что при вращательном движении вокруг неподвижной (фиксированной) оси твердого тела его инертные свойства характеризуются моментом инерции, поэтому и центральный слой, как и другие слои, можно охарактеризовать моментом инерции площади слоя [2]:  $J_{c1} = \frac{\pi}{4} R^4$ , где  $R$  – радиус проволоки.

Этому слою можно приписать максимальное значение тангенциального (касательного) напряжения  $\sigma_\tau$ , возникающего в любой параллельной плоскости сдвига сечения проволоки площадью  $S$ . При малых деформациях угол сдвига  $\varphi$  мал, тогда величина относительного сдвига  $tg\varphi$  есть измеренный в радианах угол, поскольку  $tg\varphi \approx \varphi$  [3].

Согласно закону Гука, относительный сдвиг (угол сдвига)  $\varphi$  пропорционален тангенциальному напряжению  $\sigma_\tau$ , т. е. реализуется прямая зависимость  $\varphi = \beta \cdot \sigma_\tau$ , где  $\beta$  – коэффициент сдвига материала проволоки [3].

Для определения  $\beta$  – важнейшей характеристики в материаловедении – воспользуемся формулой  $\frac{M}{\varphi} = \frac{J_{c1}}{\beta \cdot l}$ , где  $M$  – вращающий момент сил, рассчитанный в ходе выполнения лабораторной работы,  $l$  – длина проволоки.

Выполнив преобразования, получаем, что коэффициент сдвига материала проволоки  $\beta$  определяется формулой  $\beta = \frac{J_{c1} \varphi}{M \cdot l}$ .

Выполненные нами измерения на лабораторной установке и проведенные вычисления позволили оценить коэффициент сдвига стальной проволоки. Параметр  $\beta$  равен  $10,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 \cdot \text{рад/Н}$ , что хорошо согласуется со справочным значением  $\beta = 12 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 \cdot \text{рад/Н}$  [3].

### Список использованной литературы

1. Дорошевич, И. Л. Механические колебания. Лабораторный практикум : пособие / И. Л. Дорошевич. – Минск : БГУИР, 2022. – 70 с.
2. Стрелков, С. П. Механика / С. П. Стрелков. – М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956. – 456 с.
3. Поль, Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте / Р. В. Поль. – М. : Наука, 1971. – 479 с.