

"Лабораторная работа № 2.1.5 "Исследование температурных эффектов, возникающих при упругих деформациях"

Петров Артём Антонович, группа 721

17 апреля 2018 г.

Цель работы: : 1) исследование упругого деформирования резиновой пленки, в том числе при больших удлинениях, когда нарушается линейность;

2) измерение нагревания пленки при большом адиабатическом растяжении и определение теплоемкости пленки.

Оборудование: Образец резины, закреплённый в установке (схема установки прилагается), набор грузов, дифференциальная термopара, микровольтметр.

Теория:

При деформации тел в них возникают термические эффекты.

Из теории можно вывести, что работа сил, совершающих обратимое растяжение тела, равна изменению свободной энергии $F = U - TS$.

Откуда, при малых изменениях температуры (много меньших значения температуры) и предположения, что объём тела меняется незначительно ($PdV \ll fdl$, где PdV - работа резинки против атмосферного давления, fdl - работа силы, растягивающей пружинку) для адиабатического процесса можно вывести формулу:

$$T - T_0 = \frac{T_0}{C_l} \int_{l_0}^l \left(\frac{\delta f}{\delta T} \right) dl \quad (1)$$

где T - температура, T_0 - начальная температура ($T - T_0 \ll T_0$), C_l - теплоёмкость при неизменной длине, l_0 - начальная длина, l - длина, f - растягивающая сила.

Значит зная зависимость $f(T, l)$ можно получить более простую в использовании формулу, чем 1.

Для исследуемой резины эта зависимость описывается уравнением:

$$f = \frac{E(T)\sigma_0}{3} \left(\lambda - \frac{1 + 3\alpha(T - T_0)}{\lambda^2} \right) \quad (2)$$

где σ_0 - начальное поперечное сечение образца, $E(T)$ - модуль Юнга, $\lambda = l/l_0$, α - температурный коэффициент. Для резины $E(T) = \chi T$, где χ - некий коэффициент. Подстановка 2 в 1 даёт:

$$\Delta T = T_1 - T_0 = \frac{E\sigma_0 l_0}{6C_l} (\lambda - 1) \left(\lambda + 1 - \frac{2}{\lambda} (1 + 3\alpha T_0) \right). \quad (3)$$

Эта формула, например, наглядно показывает, что при растяжении T сначала убывает, а потом возрастает.

Установка:

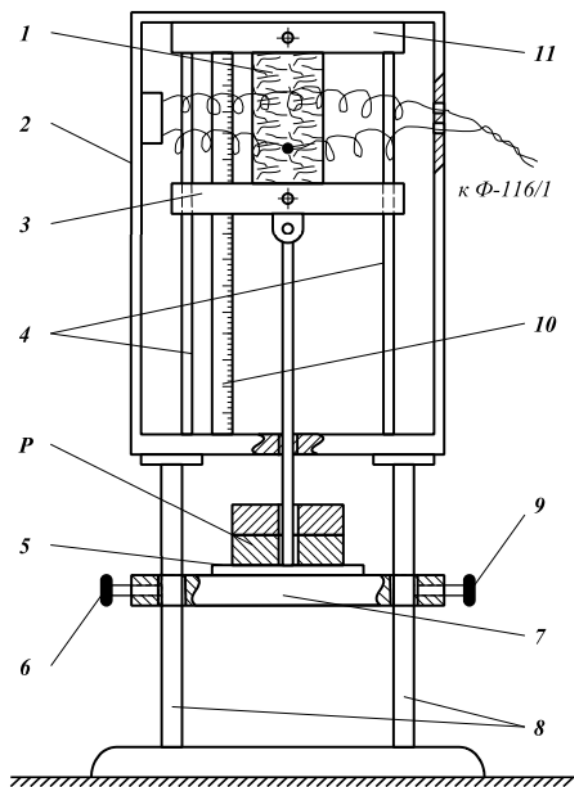


Рис. 1: Схема установки: 1 - образец резины, закреплённый в зажимах 3 и 11, 2 - корпус из оргстекла (нужен для уменьшения флуктуаций температуры), 4 - рейки, по которым может перемещаться зажим 3. 5 - лёгкая подставка для грузов, 6,9 - зажимы для упора 7, который может перемещаться вдоль реек 8.

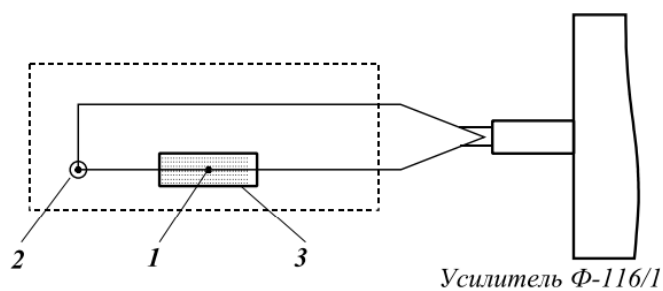


Рис. 2: Схема расположения спаев термопары: 1 - рабочий спай, расположенный внутри резины 3; 2 - компенсирующий спай.

Чувствительность термопары - $64 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$. Диаметр проволоочек - $0,14 \text{ мм}$.

Ход работы:

1 Исследование зависимости $f(l)$, $T = const$.

1.1 Снятие зависимости $f(m)$, где m - масса груза при $1 < \lambda < 2,5$. Рекомендуется начать с большого груза. Необходимо выждать установления температуры.

1.2 Анализ полученных результатов. Определение модуля Юнга для резины.

2 Исследование термических эффектов, сопровождающих растяжение.

2.1 Подготовить микровольтметр к работе. (прогреть, подобрать правильный предел измерения)

2.2 Поместить на платформу груз соотв. $\lambda = 2,5$. Снять зависимость $T(t)$ (t - время). С помощью экстраполяции получить $T(0)$. Важно растягивать груз не слишком быстро, но достаточно быстро.

2.3 Провести ещё несколько измерений $\lambda = 1,5; 2; 2,5$. Проанализировать результаты. Найти C_l .

Записи из журнала: