

# "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 ??.

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  $\sigma_0$  - начальное поперечное сечение образца,  $E(T)$  - модуль Юнга,  $\lambda = l/l_0$ ,  $\alpha$  - температурный коэффициент. Для резины  $E(T) = \chi T$ , где  $\chi$  - некий коэффициент. Подстановка ?? в ?? 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:

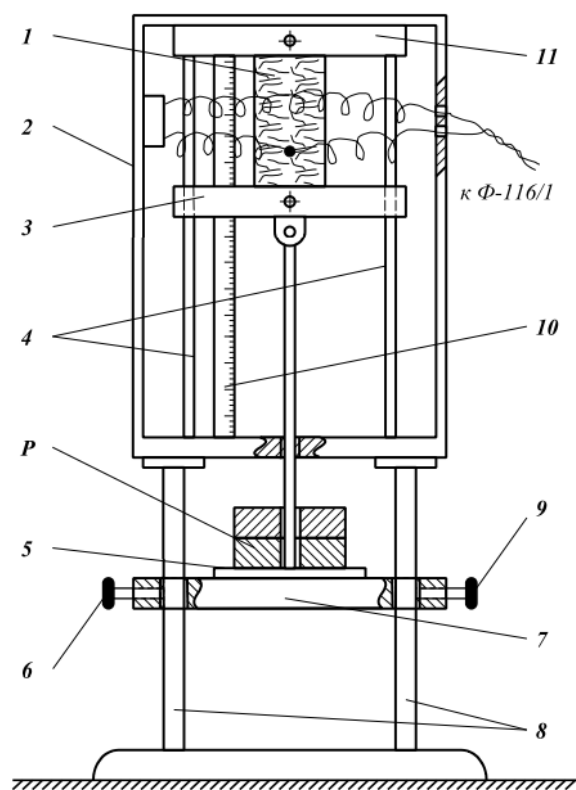


Рис. 1: Схема установки: 1 - образец резины, закреплённый в зажимах 3 и 11, 2 - корпус из оргстекла (нужен для уменьшения флуктуаций температуры), 4 - рейки, по которым может перемещаться зажим 3. 5 - лёгкая подставка для грузов, 6,9 - зажимы для упора 7, который может перемещаться вдоль реек 8.

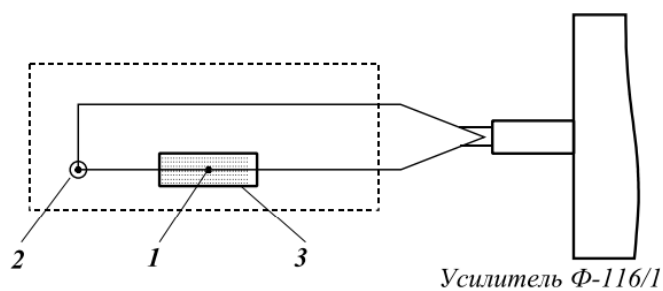


Рис. 2: Схема расположения спаев термопары: 1 - рабочий спай, расположенный внутри резины 3; 2 - компенсирующий спай.

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

## **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:**