

оси цилиндра заключалась в том, он намного меньше момента инерции относительно оси вращения. Поэтому, момент инерции груза  $I_{\text{цyl}}$  относительно оси перпендикулярной оси цилиндра определялся по наилучшему совпадению экспериментальной и теоретической (на рис.) зависимостей. Он получился равным  $I_{\text{цyl}} = (2,9 \pm 0,4) \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$ . Расчет по формуле  $I = \frac{m_1 r^2}{2} + \frac{m_1 d^2}{12}$ , где  $r, d$  – соответственно радиус и высота цилиндра дает  $I = 2,54 \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$ .

УДК 531

## РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТА СИЛ ТРЕНИЯ

Студент гр. 10301319 Кулик М. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе представлены результаты определения погрешности момента сил трения. Схема лабораторной установки представлена на рисунке. Момент сил трения рассчитывался по формуле:  $M_{\text{тр}} = I \frac{a-a'}{R}$ , момент инерции всей системы:  $I = \frac{m_d r_d^2}{2} + 4m_2 \left\{ \frac{l^2}{12} + \left( \frac{l}{2} + r_d \right)^2 \right\} + 4m_1 \left\{ \frac{r^2}{4} + \frac{d^2}{12} + h^2 \right\}$ , где  $m_d, r_d$  – масса, радиус диска,  $m_1, r$  – масса, радиус груза,  $m_2$  – масса стержня. Ускорение без учета трения рассчитывалось по формуле:  $a = \frac{mR^2 g}{mR^2 + I}$ , ускорение тела  $m$ :  $a' = \frac{2S}{t^2}$ ,  $S, t$  – пройденный путь, время. Выведены формулы для расчета погрешности:

$$\varepsilon_{M_{\text{тр}}} = \frac{\Delta M_{\text{тр}}}{M_{\text{тр}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a + \Delta a'}{a - a'}\right)^2};$$

$$\Delta a' = a' \sqrt{\left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta t}{t}\right)^2};$$

$$\Delta a = a \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{R^2 \Delta m + 2mR \Delta R + \Delta I}{mR^2 + I}\right)^2};$$

$$\Delta I = I \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + B_5^2 + B_6^2 + B_7^2 + B_8^2},$$

где  $B_1 = \frac{r_d^2}{2} \Delta m_d$ ;  $B_2 = (m_d r_d + 8m_2 \left(\frac{l}{2} + r_d\right)) \Delta r_d$ ;  $B_3 = 4\left(\frac{l^2}{12} + \left(\frac{l}{2} + r_d\right)^2\right) \Delta m_2$ ;  $B_4 = m_2 \left[2 \frac{l}{3} + 4\left(\frac{l}{2} + r_d\right)\right] \Delta l$ ;  $B_5 = 4\left[\frac{r^2}{4} + \frac{d^2}{12}\right] \Delta m_1$ ;  $B_6 = 2m_1 r \Delta r$ ;  $B_7 = \frac{2m_1 d}{3} \Delta d$ ;  $B_8 = 8m_1 h \Delta h$ .

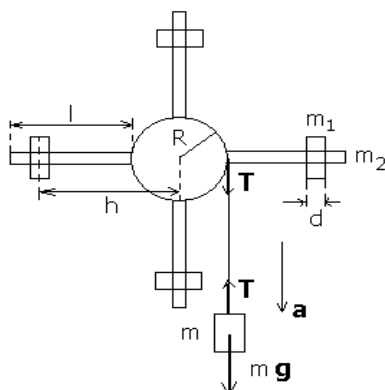


Рис.

Написана программа на языке Python, и проведены расчеты при различных  $R$  и  $h$ . Расчеты показали, относительные погрешности момента инерции  $\varepsilon_{M_{тр}}$ , ускорений  $\varepsilon_a, \varepsilon_{a'}$  лежат в пределах 15 %, в тоже время как относительная погрешность  $\varepsilon_{M_{тр}}$  недопустимо большие значения  $> = 60$  %. Это объясняется тем, что из-за малости сил трения, ускорение без сил трения и ускорение, с которым движется тело очень близки, и третье слагаемое в формуле для относительной погрешности момента сил трения дает большой вклад. Поэтому, иногда значение момента сил трения принимает отрицательное значение.

УДК 531

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PYTHON ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ И НАУЧНЫХ РАСЧЕТОВ

Студент гр. 10303119 Шамко Е. В.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет

Инженерные и научные расчеты одна из основных частей инженерного дела. Их можно осуществлять с помощью Python. Python – высоко-уровневый язык программирования общего назначения, активно развивающийся. В настоящий момент, Python занимает третье место в рейтинге ТЮВЕ с показателем 9,3 %. Он поддерживает структурное, объектно-ориентированное, функциональное программирование. Python распространяется под свободной лицензией, позволяющей использовать его без ограничений в любых приложениях, работает почти на всех известных платформах. Применение Python разнообразно, так как помимо стандартной библиотеки существует огромное