

## Лабораторна робота №4 ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ МАХОВИКА

**Мета роботи** – навчитись експериментально і теоретично визначати момент інерції твердого тіла.

**Прилади і матеріали:** установка для визначення моменту інерції маховика, вертикальна лінійка, секундомір, штангенциркуль, технічні терези і важки до них.

### Теоретичні відомості та опис приладу

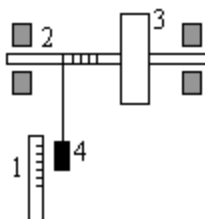


Рис. 4.1.

Для тіл правильної геометричної форми момент інерції можна знайти теоретично, а для тіл складної форми – експериментально. У даній роботі розглядається один із методів експериментального визначення моменту інерції маховика.

Прилад для визначення інерції маховика (рис. 4.1) складається з підставки з лінійкою і вала, що обертається на кулькових підшипниках. На вал насаджено маховик, момент інерції якого необхідно визначити. До вала прикріплена нитка з тягарем, який приводить у рух дану систему.

Тягар  $m$ , піднятий на висоту  $h$ , має потенціальну енергію  $mgh$ . Залишений сам на себе тягар опускатиметься, змушуючи маховик обертатися рівноприскорено. При падінні тягаря його потенціальна енергія зменшується, перетворюючись у кінетичну енергію  $\frac{1}{2}mv^2$  поступального руху тягаря, кінетичну енергію  $\frac{1}{2}I\omega^2$  обертального руху маховика і витрачається частково на роботу  $fh_1$  по подоланню тертя. При досягненні найнижчого положення згідно з законом збереження енергії:

$$mgh_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + fh_1. \quad (4.1)$$

У найнижчому положенні тягар, де він має тільки кінетичну енергію обертання, не зупиняється, знову підіймається на деяку висоту  $h_2 < h_1$ . У цьому положенні він має потенціальну енергію  $mgh_2$ .

Зменшення потенціальної енергії при піднятті на висоту  $h_2$  дорівнює роботі подолання опору на шляху  $h_1 + h_2$ :

$$mgh_1 - mgh_2 = f(h_1 + h_2). \quad (4.2)$$

Лінійну швидкість руху точок вала можна виразити через висоту піднімання  $h_1$  і час опускання  $t$  тягаря з цієї висоти:

$$v = \frac{2h_1}{t}. \quad (4.3)$$

Кутова швидкість вала (отже і маховика):

$$\omega = \frac{v}{r},$$

де  $r$  – радіус вала.

Оскільки лінійна швидкість точок вала дорівнює швидкості поступального руху тягаря, то

$$\omega = \frac{2h_1}{rt}. \quad (4.4)$$

Підставивши (4.2) – (4.4) в формулу (4.1), після перетворень дістанемо остаточне значення для моменту інерції маховика:

$$I = mr^2 \left( \frac{gt^2 h_2}{(h_1 + h_2) h_1} - 1 \right). \quad (4.5)$$

### Порядок виконання роботи

1. Виміряти штангенциркулем у трьох – чотирьох місцях діаметр вала  $d (r = d/2)$ . Установити, проти якої поділки  $n_0$  шкали знаходиться основа тягаря в найнижчому положенні. Намотати нитку доти, поки основа тягаря не досягне заданої поділки на шкалі. Нехай основа тягаря при цьому знаходиться проти поділки шкали  $n_1$ . Очевидно, в цьому разі висота, на яку піднято тягар,  $h = n_0 - n_1$ .

2. Відпустити тягар з одночасним пуском секундоміра. У момент, коли тягар досягне найнижчого положення, вимкнути секундомір і, продовжуючи спостерігати за його підняттям, установити найвищу поділку  $n_2$  шкали, до якої піднялася основа тягаря. Висота піднімання  $h_2 = n_0 - n_2$ . Дослід повторити п'ять разів. Зважити тягар на технічних терезах. Результати занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

№ п/п	$n_0$	$n_1$	$n_2$	$h_1$ , см	$\Delta h_1$ , см	$h_2$ , см	$\Delta h_2$ , см	$d$ , м м	$\Delta d$ , мм м	$t$ , с	$\Delta t$ , с	$m$ , г	$I$ , кг·м <sup>2</sup>
1													
2													
3													
4													
5													
Ср													

### Обробка результатів вимірювання

1. Розрахувати за формулою (4.5) найімовірніше значення моменту інерції маховика, використовуючи середні значення.

2. Установити розміри маховика і, вважаючи його однорідним стальним диском, за формулою  $I = \frac{1}{2}mR^2$  визначити його момент інерції (теоретичне значення), та порівняти з експериментальним результатом.

3. Визначити значення абсолютної похибки для моменту інерції  $\Delta I$  маховика і записати остаточний результат у вигляді:

$$I = I_0 \pm \Delta I .$$

4. За формулою (4.2) оцінити силу тертя.

### Контрольні запитання

- 1а. Що називають моментом інерції? Сформулюйте теорему Штейнера.
  - 2а. Як визначити лінійну швидкість крайніх точок маховика?
  - 1б. Як одержати точну формулу для абсолютної похибки?
  - 2б. Опишіть, як змінюється натяг нитки при опусканні і підніманні тягаря.
  - 3б. Назвіть пристрої, де використовується енергія обертового руху.
- [1, с. 154 – 155; 4, с. 59 – 60]