

**Лабораторна робота №3**  
**ВИВЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЗАКОНУ ОБЕРТАЛЬНОГО**  
**РУХУ**

**Мета роботи** – експериментально перевірити основний закон динаміки обертального руху.

**Прилади і матеріали:** маятник Обербека, набір важків, секундомір, штангенциркуль, викрутка.

**Теоретичні відомості**

Основний закон динаміки обертального руху виражається рівнянням:

$$\varepsilon = \frac{M}{I}, \quad (3.1)$$

де  $\varepsilon$  – кутове прискорення тіла, що обертається;  $M$  – момент сили, яка діє на тіло;  $I$  – момент інерції тіла.

Коли вісь обертання закріплена, замість векторного рівняння (3.1) можна використовувати скалярне:

$$\varepsilon = \frac{M}{I}, \quad (3.2)$$

У даній роботі експериментально перевіряється рівняння (3.2) на установці, запропонованій Обербеком.

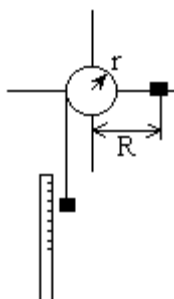


Рис. 3.1.

Установка – це хрестоподібний маховик, на стержні якого можуть надіватися додаткові муфти. Маховик приводиться в прискорений обертальний рух під дією тягаря. Оскільки радіус шківів, на який намотана нитка, відомий, то, виміривши шлях  $h$ , пройдений тягарем вздовж лінійки, і час  $t$  проходження цього шляху, можна знайти кутове прискорення маховика:

$$\varepsilon = \frac{a}{r}; \quad h = \frac{at^2}{2}; \quad a = \frac{2h}{t^2}.$$

Звідси

$$\varepsilon = \frac{2h}{rt^2}. \quad (3.3)$$

Визначимо силу, яка діє на шків і дорівнює натягу нитки (силою тертя нехтуємо):

$$F = m(g - a),$$

де  $a$  – прискорення тягаря.

Тоді обертаючий момент:

$$M = Fr = m(g - a)r. \quad (3.4)$$

Якщо момент інерції хрестовини дорівнює  $I_0$ , то момент інерції всього маятника можна знайти як суму моментів інерції хрестовини і надітих на неї муфт. Оскільки розміри муфт малі порівняно з відстанню  $R$  від осі обертання до центрів їх мас, то

$$I = I_0 + 2m'_0R^2, \quad (3.5)$$

де  $m'_0$  – маса муфти.

Момент інерції хрестовини  $I_0 = \frac{1}{6}ml^2$ , де  $m$  – маса, а  $l$  – довжина одного стержня хрестовини. Таким чином, на установці можна незалежно виміряти величини, що входять до рівняння (3.2). Експериментальна перевірка основного закону обертального руху полягає в перевірці співвідношень:

$$\frac{M_1}{\varepsilon_1} = \frac{M_2}{\varepsilon_2}, \quad \text{при } I = \text{const}; \quad (3.6)$$

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{I_2}{I_1}, \quad \text{при } M = \text{const}. \quad (3.7)$$

### Порядок виконання роботи

1. Намотати нитку на шків, відмітити, проти якої поділki на шкалі знаходиться нижня частина пластинки з тягарем  $m_1$ , відпустити її і одночасно ввімкнути секундомір. Коли пластинка досягне нижнього положення, зупинити секундомір, визначити час і виміряти шлях, пройдений пластинкою. Аналогічні вимірювання повторити п'ять разів, беручи кожний раз ту саму висоту  $h$ . Подібні вимірювання провести з тягарем  $m_2$ . Виміряти штангенциркулем діаметр шківa в кількох місцях, записати значення радіуса  $r$ . Результати вимірювання занести до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

№ n/n	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$h_1$ , см	$r$ , мм	$t_1$ , с	$\Delta t_1$ , с	$t_2$ , с	$\Delta t_2$ , с	$M_1$ , Н·м	$M_2$ , Н·м	$\varepsilon_1$ , с <sup>-2</sup>	$\varepsilon_2$ , с <sup>-2</sup>	$I_0$ , кг·м <sup>2</sup>
1													
2													
3													
4													
5													
Ср													

2. Надіти на протилежні кінці одного із стержнів маховика по муфті і закріпити їх так, щоб центр мас системи був на осі обертання. За цих умов будь-яке положення маховика відносно стійке (стан байдужої рівноваги), а обертання маховика при сталому навантаженні рівноприскорене. Навантаживши пластинку тягарем  $m_1$ , повторити п'ять разів вимірювання, описані в п.1. Відстань  $R$  від центра муфт до осі обертання виміряти лінійкою. Значення маси муфти  $m_0$  задає керівник лабораторної роботи. Результати вимірювань занести до табл. 3.2.

Таблиця 3.2

№ n/n	$m_1$ , г	$\varepsilon_1$ , с <sup>-2</sup>	$I_0$ , кг·м <sup>2</sup>	$h$ , см	$t'_2$ , с	$\Delta t'_2$ , с	$m'_0$ , г	$R$ , см	$I'_2$ , кг·м <sup>2</sup>	$\varepsilon'_2$ , с <sup>-2</sup>
1										
2										
3										
4										
5										
Ср										

### Обробка результатів вимірювань

1. Визначте за формулою (3.4) моменти  $M_1$  і  $M_2$  сил згідно з середніми значеннями з п'яти дослідів для кожної діючої сили.

2. За формулою (3.3) визначте кутові прискорення  $\varepsilon_1$  і  $\varepsilon_2$  маховика згідно з їх середніми значеннями для кожного досліду.

3. Перевірте виконання співвідношення (3.6).

4. За приведеною для  $I_0$  формулою визначте момент інерції маховика без муфт, взявши його усереднене значення.

5. За формулою (3.5) визначте момент інерції  $I'_2$  маховика з муфтами і кутове прискорення  $\varepsilon'_2$ , яке надає маховику з муфтами тягар  $m_1$ .

6. Перевірте виконання співвідношення (3.7).

7. Оцініть достовірність виконання співвідношень (3.6) і (3.7), записавши відповідні величини у формі:

$$\left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right)_{\text{ср}} \pm \Delta \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right); \left( \frac{M_1}{M_2} \right)_{\text{ср}} \pm \Delta \left( \frac{M_1}{M_2} \right), \quad (3.8)$$

$$\left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right)_{\text{ср}} \pm \Delta \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right); \left( \frac{I_1}{I_2} \right)_{\text{ср}} \pm \Delta \left( \frac{I_1}{I_2} \right). \quad (3.9)$$

### Контрольні запитання

- 1а. Яку фізичну величину називають моментом інерції твердого тіла? Сформулюйте теорему Штейнера.
- 2а. Що називають моментом сили і як він направлений?
- 1б. Виведіть закон збереження моменту імпульсу.
- 2б. Яка з величин в роботі вимірюється з найбільшою (найменшою) точністю?  
[1, с. 131 – 144; с. 55 – 58]