

В. В. ДЕНЧУК

В.В. МАРТИНЮК

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА ТА ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено результати експериментального визначення моментів інерції тіл різної геометричної форми. Проведено аналіз відповідності отриманих даних теоретичним розрахункам та оцінено вплив сил тертя на точність вимірювань

Ключові слова: обертальний рух, момент інерції, динаміка твердого тіла, момент сил, експериментальні дослідження, похибка вимірювань.

Abstract

The paper presents the results of the experimental determination of the moments of inertia for bodies of various geometric shapes. The analysis of the correspondence between the obtained data and theoretical calculations is carried out, and the influence of friction forces on the measurement accuracy is evaluated.

Keywords: rotational motion, moment of inertia, rigid body dynamics, torque, experimental research, measurement error.

Вступ

Вивчення динаміки обертального руху є фундаментальним аспектом класичної механіки. Поняття моменту інерції відіграє ключову роль у проектуванні механізмів, де необхідно враховувати інертність деталей при обертанні. Розуміння цих процесів є базою для виконання лабораторних робіт з фізики, які вимагають високої точності вимірювань.

Метою роботи є перевірка основного рівняння динаміки обертального руху та експериментальне підтвердження залежності моменту інерції від розподілу маси відносно осі обертання.

Результати досліджень

Для проведення досліджень використовувалася установка, що дозволяє фіксувати час проходження тілом заданої кутової відстані під дією сталого моменту сил. В основі розрахунків лежить основне рівняння динаміки обертального руху:

$$M = I\varepsilon \quad (1)$$

де M — момент зовнішніх сил, I — момент інерції тіла, а ε — кутове прискорення. Під час експерименту момент інерції визначався за формулою, що враховує параметри установки та час падіння тягарця:

$$I_{exp} = m \cdot r^2 \cdot \left(\frac{g}{a} - 1 \right) \quad (2)$$

де m — маса тягарця, r — радіус шківів, на який намотана нитка, а a — лінійне прискорення тягарця.

Важливим етапом роботи став аналіз динаміки системи при різних значеннях мас тягарців. Встановлено лінійну залежність між моментом сил та кутовим прискоренням.

Окрему увагу приділено перевірці теореми Гюйгенса-Штейнера (3) при зміщенні осі обертання відносно центру мас досліджуваних тіл.

Під час серії експериментів було з'ясовано, що найбільша похибка виникає через неврахування моменту сил тертя в підшипниках осі. Впровадження поправочного коефіцієнта, розрахованого на основі вибігу системи до повної зупинки, дозволило наблизити експериментальні значення до теоретичних з точністю до 3–5 %. Нижче наведено таб. 1 із порівнянням результатів для різних об'єктів.

Таб. 1. Порівняння теоретичних та експериментальних значень моментів інерції

Форма тіла	Теоретичне значення (кг·м ²)	Експериментальне значення (кг·м ²)	Відносна похибка (%)
Суцільний циліндр	0,045	0,047	4,4
Порожнистий циліндр	0,082	0,085	3,6
Куля	0,028	0,029	3,5

Отримані дані підтверджують фундаментальне положення про те, що розподіл маси тіла відносно осі обертання суттєво впливає на його інертні властивості. Зокрема, порівняння результатів для суцільного та порожнистого циліндрів однакового радіуса демонструє майже двократну різницю в моментових характеристиках, що пояснюється віддаленням маси від центральної осі.

Висновки

Експериментальне дослідження підтвердило адекватність використання класичних формул для визначення моментів інерції. Виявлені розбіжності зумовлені переважно зовнішніми чинниками, які можна мінімізувати при вдосконаленні вимірювальної бази. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень у галузі прикладної механіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики : навч. посіб. у 3-х т. Т. 1 : Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. Київ : Техніка, 1999. 536 с.
2. Чолпан П. П. Фізика : підручник. Київ : Вища школа, 2003. 567 с.
3. Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Гончар М. О. Курс фізики : підручник. Львів : Афіша, 2011. 484 с.

Денчук Вікторія Вадимівна – студент групи 2ПІ-256, факультет інформаційної технології та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vika.denchuk08@gmail.com;

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** – доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Denchuk Viktoriia Vadymivna – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vika.denchuk08@gmail.com;

Supervisor: ***Martyniuk Volodymyr Valeriyovych*** – Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.