

ВИЗНАЧЕННЯ МАСА-ІНЕРЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХОМИХ ТРИПОВОДКОВИХ ЛАНОК МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ МЕТОДОМ

ОРЛОВСЬКИЙ Б.В., д.т.н. проф.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДВОРЖАК В. М., к.т.н. доц.

Київський національний університет технологій та дизайну

Визначення маса-інерційних параметрів рухомих ланок механізмів, таких як моменти інерції приведені до осей коливання (обертання) або до осей, що проходять через центри мас ланок, та положення цих центрів мас, може здійснюватися двома способами – аналітичним та експериментальним [1, 2, 3]. Переважна більшість рухомих ланок механізмів технологічних машин має досить складну конструкцію, як наприклад, в механізмах з групами Асура 3 і 4 класів [6, 4]. Використання аналітичних методів вимагає проведення вимірювань для визначення розмірів окремих простих тіл та значної кількості аналітичних розрахунків [3]. Тому завдання експерименту є доволі актуальним при проектуванні технологічних машин з важливими механізмами зі змінною передаточною функцією. Для визначення моментів інерції тіл складної геометричної форми широко використовуються експериментальні методи коливань, як наприклад, метод згасаючих коливань [2], який відрізняється простотою реалізації та водночас хорошою точністю результатів.

Експериментальна установка для визначення осьового моменту інерції та положення центра мас рухомої ланки складається з коливної платформи з противагою I (рис. 1), яка закріплюється на вертикальному валові, що встановлюється в підшипниках кочення, які в свою чергу кріпляться до корпусу експериментальної установки (на рис. 1 корпус не показаний). Платформа I з протилежної сторони з'єднується із пружним елементом 2 , який з'єднується з корпусом. Рухома ланка 3 , що досліджується, встановлюється на платформу I . Позначимо осі правої системи координат (ПСК) так, щоб вісь Z була віссю коливання платформи I . Для визначення моменту інерції рухомої ланки відносно осі Z_s , яка паралельна до вертикальної осі Z та проходить через центр мас рухомої ланки, слід розмістити рухому ланку так, щоб площина її руху лежала у площині коливання платформи.

Експеримент пов'язаний з визначенням періоду коливань механічної системи, який визначатимемо з виразу частоти вільних згасаючих коливань p [7]:

$$p = \sqrt{\frac{c_{np}}{I^*}} = \frac{2 \cdot \pi}{T}, \text{ звідки } I^* = \frac{c_{np}}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2 \text{ де } T - \text{період коливань}$$

механічної системи, c_{np} – приведена жорсткість пружини платформ.

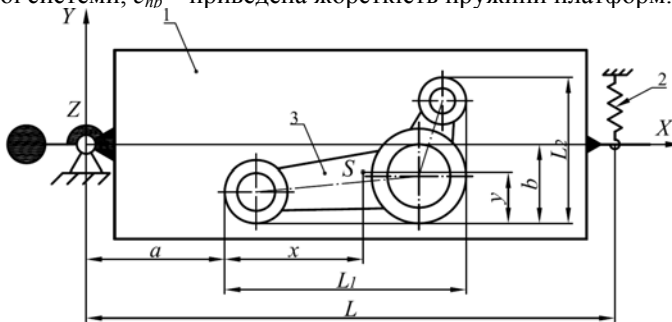


Рис. 1. Розрахункова схема для проведення експерименту

Використовуючи теорему Гюйгенса-Штейнера, визначимо приведений момент інерції механічної системи I^* згідно з рис. 1:

$I^* = I_1 + I_2 + m_2 \cdot [(a + x)^2 + (b + y)^2]$, де I_1 – осьовий момент інерції коливної платформи відносно осі Z.

$I_{2_0} := 0 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ $x_0 := 0 \text{ мм}$ $y_0 := 0 \text{ мм}$

Given

$$I_1 + I_{2_0} + m_2 \cdot [(a(i) + x_0)^2 + (b(i) + y_0)^2] = \frac{c_{np}}{4 \cdot \pi^2} \cdot T_{\Sigma 1}(i)^2$$

$$I_1 + I_{2_0} + m_2 \cdot [(a(i) + (L_1 - x_0))^2 + (b(i) + y_0)^2] = \frac{c_{np}}{4 \cdot \pi^2} \cdot T_{\Sigma 2}(i)^2$$

$$I_1 + I_{2_0} + m_2 \cdot [(a(i) + (L_2 - y_0))^2 + (b(i) + (L_1 - x_0))^2] = \frac{c_{np}}{4 \cdot \pi^2} \cdot T_{\Sigma 3}(i)^2$$

$\begin{pmatrix} I_2(i) \\ x(i) \\ y(i) \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{2_0}, x_0, y_0)$

Рис. 2. Розрахункова область вікна документа MathCAD для обробки результатів експерименту

Експеримент проводиться при трьох положеннях рухомої ланки на платформі згідно та різних значеннях відстаней $a(i)$ та $b(i)$ в кожному положенні для n дослідів, де дискретна змінна $i = 1, 2, \dots, n$. Відповідно цьому, визначаються значення періодів коливань механічної системи $T_{\Sigma 1}(i)$, $T_{\Sigma 2}(i)$ та $T_{\Sigma 3}(i)$. Для розв'язку отриманої системи рівнянь використовується

програма MathCAD [5] із застосуванням обчислювального блоку Given-Find, який представлений на рис. 2.

У результаті обчислень блоком Given-Find отримується матриця 3×1 (рис. 2), елементами якої є параметри $I_2(i)$, $x(i)$ та $y(i)$, для яких визначаються їхні середні значення при різних значеннях дискретної змінної i для n дослідів.

Список літератури

1. Бертяев В. Д. Теоретическая механика на базе MathCAD. Практикум. / В. Д. Бертяев – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 752 с. – ISBN 5-94157-625-0.
2. Гернет М. М. Определение моментов инерции / М. М. Гернет, В. Ф. Ратобильский – М. : Машиностроение, 1969. – 248 с.
3. Дорошенко І. В. Визначення маса-інерційних параметрів рухомих ланок міні-основов'язальних машин аналітичним методом. [електронний ресурс] / І. В. Дорошенко, Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Технології та дизайн. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html.
4. Кошель С. О. Визначення швидкостей точок плоского механізму з структурними групами третього класу графічним способом / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 3. – С. 30-34.
5. Макаров Е. Г. MathCAD: Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2009. – 384 с. – ISBN 978-5-388-00201-3.
6. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин з трьома ступенями вільності зі структурними групами III класу IV порядку / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, І. В. Савченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 174-181.
7. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко – М. : Наука, 1967. – 444 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССА-ИНЕРЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНЫХ ТРЕХПОВОДКОВЫХ ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Исследования направлены на усовершенствование методов проектирования типовых механизмов технологических машин с использованием прикладных САД-программ. Рассмотрен алгоритм экспериментального определения масса-инерционных характеристик подвижных звеньев механизмов, получены математические зависимости, позволяющие вычислить по результатам эксперимента значения осевого момента инерции подвижного звена сложной конфигурации и одновременно координаты его центра масс с использованием прикладной компьютерной программы MathCAD.