

Міністерство освіти і науки України

Донбаська  
державна  
машинобудівна  
академія



Донецький  
фізико-  
технічний  
інститут  
ім. А. А. Галкіна НАН  
України

ПАТ  
«Новокраматорсь  
кий  
машинобудівний  
завод»



Інститут економіки  
промисловості  
НАН України»

Громадська спілка «ІТ  
кластер Донеччини» (ІТ  
Cluster Donbass)

ТОВ «Інформаційні  
технології САПР»



за  
підтримку  
концерну  
Siemens AG

SIEMENS

ЦЕНТР

## СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД

**МАТЕРІАЛИ**  
VIII Всеукраїнської науково-практичної  
конференції (18–20 квітня 2024 року)

Краматорськ – Тернопіль  
ДДМА  
2024

**Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України (м.  
Київ)**

**Інститут економіки промисловості НАН України (м.  
Київ) ПАТ «Новокраматорський машинобудівний  
завод»**

**Громадська спілка «ІТ кластер Донеччини» (IT Cluster  
Donbass) Micas Simulations Limited  
ТОВ «Інформаційні технології САПР»**

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЗАСОБИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД**

**МАТЕРІАЛИ  
VIII Всеукраїнської науково-практичної  
конференції (18–20 квітня 2024 року)**

**За заг. ред. О. Ф. Тарасова**

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 7. ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ CAD/CAE/CAM/PDM/CALS – СИСТЕМ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ. МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

<i>Грудкіна Н.С., Колесников С.О., Старов Д. В., Чехута О.В.</i> Впровадження ІКТ під час викладання математичних дисциплін здобувачам технічних, економічних та ІТ-спеціальностей .....	207
<i>Грудкіна Н.С., Колесников С.О., Мокрушина О.М., Нікіцький С.В.</i> Використання інформаційно-комунікаційних технологій під час навчання теорії ймовірностей та математичної статистики .....	208
<i>Колесников С.О., Погосян А.В.</i> Застосування програми Microsoft Excel під час викладання фізики здобувачам технічних та ІТ-спеціальностей .....	211
<i>Касьянюк О.С.</i> Використання Wokwi для навчання студентів програмуванню мікроконтролерів ESP32 для створення пристроїв для IoT .....	215
<i>Касьянюк О.С., Самойленко Д.О.</i> Використання .NET MAUI для навчання студентів програмуванню мобільних пристроїв .....	218
<i>Кравченко В.І., Аносов В.Л., Боданова Л.М., Малигіна С.В.</i> Зміст освіти та викладання комп'ютерних дисципліни на сучасному етапі	221
<i>Міхеєнко Д.Ю.</i> Використання утіліт при вивченні апаратної частини персональних комп'ютерів .....	224
<i>Міхеєнко Д.Ю.</i> Використання інформаційно-комунікаційних технологій під час навчання технічної механіки .....	226
<i>Рекова Н.Ю.</i> Особливості викладання дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки ....	228
<i>Кайдаш М.Д., Буняк Д.О.</i> Динамічний гасник коливань для кулісного механізму .....	231
<i>Гурковська С.С., Міхеєнко Д.Ю.</i> Застосування програмного забезпечення AutoCAD у сучасній інженерній практиці .....	234

## Динамічний гасник коливань для кулісного механізму

Кайдаш М.Д., Буняк Д.О.

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Для зменшення вібрацій і усунення їх шкідливого впливу в механічних системах використовуються різноманітні технічні рішення [1]. Одним з основних напрямків віброзахисту важільних механізмів є динамічне гасіння коливань [2]. Сутність динамічного гасіння полягає в приєднанні до однієї із ланок механізму додаткового пристрою – динамічного гасника, що змінює вібраційний стан механізму. У найпростішому випадку динамічний гасник являє собою додаткову масу, що приєднується до механізму за допомогою пружного елемента і коливається в протифазі до збуджуючої сили [3]. В результаті повне або часткове усунення віброактивності механізму відбувається внаслідок дії реакції пружного зв'язку додаткової маси. Практична реалізація такого підходу зводиться до розрахунку жорсткості пружного елемента динамічного гасника коливань.

Зазвичай в чинних методах розрахунку зведена маса ланки важільного механізму, яка створює інерційну силу, вважається сталою.

Разом з тим при значних коливаннях величини зведеної маси в системі виникає додаткове збурення, яке може здійснювати суттєвий вплив на вібраційний стан механізму.

В даній роботі розглянуто розрахунок жорсткості динамічного гасника коливань для кулісного механізму з урахуванням коливального характеру зведеної маси (рис. 1).

В кулісному механізмі кривошип  $AB$  радіуса  $r$  обертається з кутовою швидкістю  $\omega$  за законом  $\varphi(t) = \omega \cdot t$ , внаслідок чого на кулісу  $I$  із масою  $m_{36}(t)$

діє сила інерції  $R$ . Така сила може бути скомпенсована інерційною силою динамічного гасника 2 із масою  $m_2$  через пружину 3, що має жорсткість  $c$ .

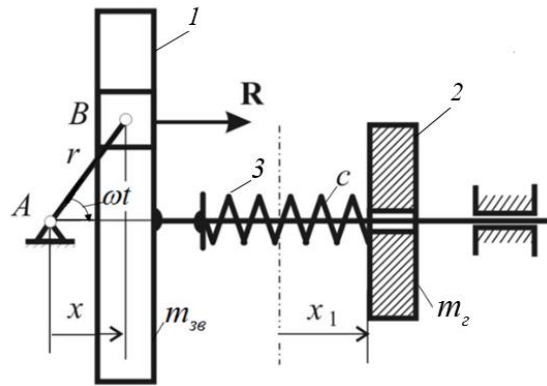


Рисунок 1 – Схема динамічного гасника кулісного механізму

Рівняння руху мас  $m_{36}(t)$  і  $m_2$  за умови відсутності сили інерції ( $R=0$ ):

$$m_{36}(t) \cdot x''(t) = c \cdot x_1; \quad (1)$$

$$m_2(x''(t) + x_1''(t)) = -c \cdot x_1. \quad (2)$$

З рівняння (1):

$$x_1''(t) = \left[ x''''(t) \cdot m_{36}(t) + 2x''''(t) \cdot m'_{36}(t) + x''(t) \cdot m''_{36}(t) \right] / c. \quad (3)$$

Після підставлення (1) та (3) до рівняння (2) та елементарних перетворень отримаємо рівняння коливального руху системи

$$x''''(t) + \left[ 2x''''(t) \cdot m'_{36}(t) + x''(t) \cdot m''_{36}(t) + c \cdot x''(t) \cdot ((m_{36}(t) + m_2)) \right] / m_2 \cdot m_{36}(t) = 0. \quad (4)$$

При рівномірному обертанні кривошипа з кутовою швидкістю  $\omega$ :

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \cos(\omega t); & x' &= -r \cdot \omega \cdot \sin(\omega t); & x'' &= -r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t); \\ x''' &= r \cdot \omega^3 \cdot \sin(\omega t); & x'''' &= r \cdot \omega^4 \cdot \cos(\omega t). \end{aligned} \quad (5)$$

З урахуванням (5) рівняння (4) набуває виразу

$$A \cos \omega t + B \sin \omega t = 0, \quad (6)$$

де

$$\begin{aligned} A &= r \omega^2 \cdot \left[ \omega^2 m_{36}(t) - m''_{36}(t) - c(m_{36}(t) + m_2) / m_2 \right], \\ B &= 2m'_{36}(t) \cdot r \omega^3. \end{aligned} \quad (7)$$

Ефект динамічного гасіння коливань досягається за умови відсутності амплітуди коливань, тобто при  $\sqrt{A^2 + B^2} = 0$ .

Для сталого значення зведеної до куліси маси  $m_{36}(t) = const$ , складові амплітуди коливань (7) спрощуються до вигляду

$$A = r\omega^2 \cdot [\omega^2 m_{36} - c(m_{36} + m_2) / m_2]; \quad B = 0. \quad (8)$$

При заданих значеннях мас  $m_{36}$  та  $m_2$  за умови  $A = 0$  визначається відповідна жорсткість пружини зі сталою характеристикою:

$$c = \frac{m_{36} m_2 \omega^2}{m_{36} + m_2}. \quad (9)$$

Аналіз залежностей (7) показує, що при періодичній зміні зведеної маси куліси динамічний гасник коливань потребує пружини зі змінною жорсткістю. Слід зазначити, що для виготовлення пружин з деякими розрахунковими характеристиками існують певні обмеження, обумовлені технічними складнощами. Тоді для динамічного гасника коливань слід вибирати пружину з характеристикою, максимально наближеною до розрахункової. За таких обставин динамічне гасіння коливань буде реалізовано лише частково.

Отримані в роботі залежності дозволяють зробити оптимальний вибір параметрів динамічного гасника, як для кулісного, так і для інших видів важільних механізмів.

#### Література

1. Фролов К.В. *Вібрації у техніці. У 6-ти томах. Захист від вібрацій та ударів (Том 6)* / За заг. ред. Академіка РАН К.В. Фролова; М:Машинобудування, 1995. - 456 с., іл.
2. Решетнікова С.М. *Гасіння коливань механічних систем нелінійними динамічними гасителями: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.09. Харків, 2007. 18 с.*
3. Калінін Е.І., Колеснік І.В., Колеснік Ю.І. *Принципи динамічного гасіння механічних коливань. Крамаровські читання: тези доп. X міжнар. конф., м. Київ, 23-24 лют. 2023 р./ М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т біоресурсів і природокористування, 2023. С.529–532.*