

## ПРУЖИННИЙ ДИНАМІЧНИЙ ВІБРОПОГЛИНАЧ З МЕХАНІЧНИМ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ

Сидоренко І.І., д.т.н., проф.<sup>1</sup>; Комар Р.В., к.т.н., доц.<sup>2</sup>;  
Ткачов О.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський національний політехнічний університет

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

*Проведено дослідження принципу дії, конструктивних особливостей і рекомендацій щодо застосування існуючих типів пружинних динамічних поглиначів. Обґрунтовано і доведено доцільність використання як пружинних динамічних поглиначів пасивних віброізолюючих пристроїв з механічним зворотним зв'язком. Запропонована перспективна конструкція пружинного динамічного вібропоглинача з механічним зворотним зв'язком.*

**Ключові слова:** пружинний динамічний вібропоглинач, нелінійні пружні характеристики, умова вібропогашення.

Велика кількість пошкоджень в машинах і їх деталях відбувається в результаті виникнення в них коливань. Саме тому у конструкції машини повинна бути передбачена можливість значного зменшення дії коливних процесів або як мінімум їх регулювання, що вирішується шляхом віброізоляції або віброзахисту.

Зміна вібраційного стану об'єкта при приєднанні динамічного вібропоглинача може здійснюватися як шляхом перерозподілу коливальної енергії від об'єкта до вібропоглинача, так і у напрямі збільшення розсіяння енергії коливань. Це реалізується приєднанням до об'єкта пристроїв, які називають пружинним динамічними вібропоглиначами (ПДВП). Оскільки для свого функціонування ПДВП не потребують додаткового джерела живлення, то іноді їх називають пасивними ПДВП [1].

Розглянемо структуру класичного пасивного ПДВП (рис.1). Вібропоглинач складається з власної (для системи – додаткової) маси  $m_2$ , яка приєднується за допомогою пружних елементів зведеної жорсткості  $c_2$  до об'єкта масою  $m_1$ .

Ефект вібропоглинання для об'єкта масою  $m_1$ , який у свою чергу має пружний зв'язок зведеної жорсткості  $c_1$  з нерухомим фундаментом, можна пояснити на прикладі аналітичного дослідження двохмасової коливної системи з двома ступенями вільності, на першу масу якої діє зовнішнє гармонійне збурювання

$$Q_1(t) = H_1 \sin(pt + \delta) \quad (1)$$

де  $H_1$ ,  $p$  і  $\delta$  – відповідно амплітуда, частота і фазовий кут зовнішнього гармонійного збурювання.

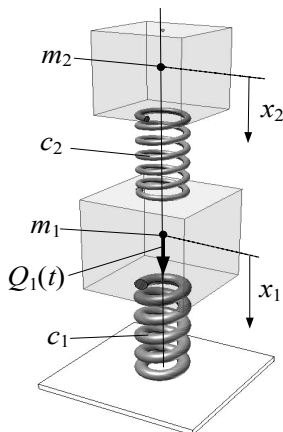


Рис. 1. Структура пасивного пружинного динамічного вібропоглинач

Враховуючи переміщення першої  $m_1$  і другої  $m_2$  мас відповідними узагальненими координатами  $x_1$  і  $x_2$ , а також маючи на увазі, що маса  $m_2$  не підлягає збурюванню, можна скласти систему з двох диференціальних рівнянь, які обумовлюють вимушені коливання системи.

Проводячи аналітичні дослідження цієї системи, можна визначити, що при власній частоті коливань спостерігається значне зниження коливань першої маси ( $x_1 \rightarrow 0$ ). Але найбільш важливим є те, що при виконанні умови, яку іноді називають умовою вібропогашення,

$$p^2 = \frac{c_2}{m_2}, \quad (2)$$

отримано

$$x_1 = 0; \quad x_2 = -\frac{H_1}{c_2} \sin(pt + \delta), \quad (3)$$

що свідчить про повне погашення коливань першої маси  $m_1$ .

Таким чином маса  $m_2$ , яка має пружний зв'язок зведеної жорсткості  $c_2$  з масою  $m_1$ , і являє собою ПДВП вимушених коливань для маси  $m_1$ . Це підтверджує диференціальне рівняння, яке отримане при виконанні наведених умов і обумовлює вільні коливання першої маси  $m_1$

$$m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2)x_1 = 0. \quad (4)$$

Диференціальне рівняння вільних коливань маси  $m_1$  (4) свідчить про те, що дія ПДВП у будь-який момент часу врівноважує дію на неї збурю-

вальної сили протидією іншої сили – реакцією маси  $m_2$ . При цьому маса  $m_1$  буде здійснювати лише вільні коливання.

Дослідження систем з активними ПДВП дозволили встановити, що за їх допомогою реалізується декілька видів пружних характеристик системи об'єкт – ПДВП, які обумовлюють ефективне вібропоглинання. Встановлено, що ці характеристики є нелінійними і описуються ступеневими виразами з показниками ступеня не вище чотирьох [1, 2]. У той же час проведений аналіз літературних джерел визначив, що аналогічні пружні характеристики можуть бути реалізованими за допомогою пасивних віброізолюючих пристроїв нової структури відомими як пасивні віброізолюючі пристрої з механічним зворотним зв'язком.

У зв'язку з цим висунуто припущення, щодо можливості створення на базі таких пристроїв ефективних пасивних ПДВП, з розширеними функціональними можливостями [3]. Прототипом для створення пасивного ПДВП прийнята пружна опора, що має у своїй структурі елементи активної системи у вигляді системи управління, яка реалізована шарнірно-важільним механізмом. При застосуванні опори у якості ПДВП вона містить рухому 1 (для закріплення власної маси ПДВП) і нерухому 2 (для закріплення пристрою на об'єкті) платформи, які переміщуються одна відносно іншої вздовж напрямних 3, між якими для утворення пружного зв'язку встановлено циліндричні пружини 4 стискання (рис.2а). Осі пружин при відсутності навантаження складають з головною віссю опори деякий початковий кут (рис. 2б). Керування пружними характеристиками запропонованого ПДВП здійснюється завдяки механічній системі управління у вигляді шарнірно-важільного механізму. Вона складається з важеля 5, який одним кінцем контактує з рухомою платформою 1, а іншим з повзунком 6, на якому у свою чергу закріплений один з кінців пружини стискання 4, інший кінець якої контактує з рухомою платформою 1. Сам повзун переміщується вздовж напрямної 7, закріпленої на нерухомій платформі 2 і обумовлює реалізацію необхідного знакозмінного переміщення одного з кінців пружини для зміни кута нахилу її осі відносно головної вісі пристрою.

У загальному вигляді зміна кута нахилу осі пружини описується виразом

$$\alpha_z(x) = \alpha_0 + \alpha(x) \pm \alpha(y), \quad (5)$$

де  $\alpha(x)$  – геометрична зміна кута між головною віссю опори і осями пружин стискання пов'язана з їх початковою орієнтацією і їх деформацією  $x$  в проекції на головну вісь пристрою;

$\alpha(y)$  – знакозмінний кут між головною віссю опори і осями пружин стискання, зміна якого пов'язана з напрямком і величиною переміщення  $y(x)$  кінця пружини стискання, закріпленої на повзуні.

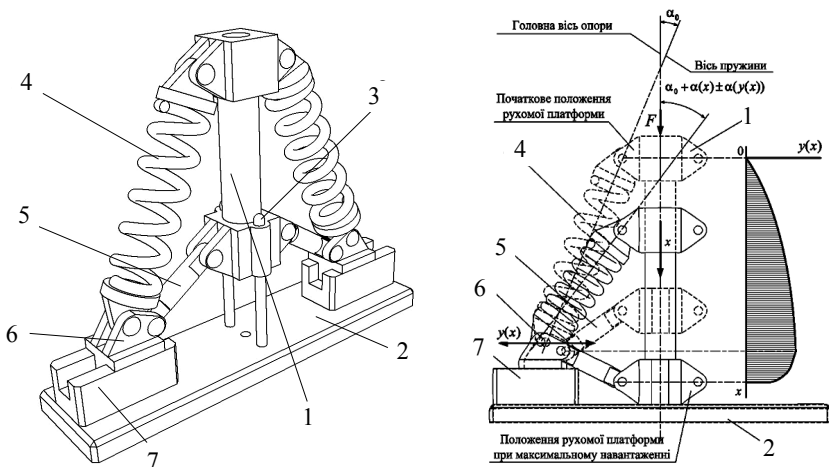


Рис.2. Конструкція ПДВП з механічним зворотнім зв'язком

Слід зазначити, що загальна функція  $\alpha(y)$  у виразі (5), яка обумовлює знакозмінний кут, є функцією багатьох змінних, серед яких геометричні параметри пристрою і механічної системи управління займають одне з перших місць. Це дає підставу стверджувати, що наведена конструкція має великі можливості щодо відтворення пружної характеристики, яка обумовлює ефективне динамічне погашення коливань.

Таким чином на основі проведених досліджень встановлено, що оптимальні пружні характеристики реалізуються активними ПДВП; пружні характеристики, дуже близькі до оптимальних з точки зору динамічного вібропоглинання, відтворюються деякими пасивними віброізолюючими пристроями з механічним зворотним зв'язком, що значно простіші і дешевші за активні системи. На основі отриманих результатів і висунутого припущення є перспективним створення на базі одного з пасивних віброізолюючих пристроїв з механічним зворотним зв'язком нового ПДВП, який значно збільшить ресурс різного роду механізмів і машин та підвищить їх надійність.

### Список використаних джерел

1. Ильинский В.С. Защита аппаратов от динамических воздействий / В.С. Ильинский. – М.: Энергия, 1970. – 320 с.
2. Корнев, Б.Г. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения / Б.Г. Корнев, Л.М. Резников. – М.: Наука, 1988. – 302 с.

3. Сидоренко И. Пассивные виброизолирующие устройства с элементами активных систем: монография / И. Сидоренко – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., 2011. – 296 p.

#### **Аннотация**

### **ПРУЖИННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ВИБРОГАСИТЕЛЬ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ**

**Сидоренко И.И., Комар Р.В., Ткачев А.А.**

*Проведены исследования принципа действия, конструктивных особенностей и рекомендаций по применению существующих типов пружинных динамических гасителей. Обосновано и доказано целесообразность использования как пружинных динамических гасителей пассивных виброизолирующих устройств с механической обратной связью. Предложена перспективная конструкция пружинного динамического виброгасителя с механической обратной связью.*

**Ключевые слова:** пружинный динамический виброгаситель, нелинейные упругие характеристики, условие виброгашения.

#### **Abstract**

### **SPRING DYNAMIC DAMPER WITH MECHANICAL FEEDBACK**

**I.I. Sydorenko, R.V. Komar, A.A. Tkachev**

*A study of the principle, design features and recommendations on the application of existing types of spring dynamic absorbers. Proved and proved the feasibility of using dynamic absorbers as spring passive vibration isolation devices with mechanical feedback. The proposed of the dynamic design of the spring damper with mechanical feedback.*

**Keywords:** spring damper dynamic, non-linear elastic properties, the condition of damping.