

УДК 62-242.2

ОЦІНКА ВПЛИВУ ДИСИПАЦІЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИНАМІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ

Ярошинський Едуард Богданович, студент
Поліщук Валентина Омелянівна, старший викладач
Сліденко Віктор Михайлович, д.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анотація. У статті досліджено вплив дисипації на частотні характеристики динамічного гасника коливань елементів конструкцій машин та механізмів. Встановлено, що із збільшенням коефіцієнта дисипації робоча зона гасника коливань розширюється і ефективність динамічного гасника зростає.

Ключові слова: динамічний гасник, коефіцієнт дисипації, амплітуда, частотні характеристики, ефективність.

Abstract. The influence of dissipation on the frequency characteristics of the dynamic damper of oscillations of the structural elements of machines and mechanisms is investigated in the article. It is established that with the increase of the dissipation coefficient the working zone of the vibration damper expands and the efficiency of the dynamic damper increases.

Keywords: dynamic extinguisher, dissipation coefficient, amplitude, frequency characteristics, efficiency.

Вступ. При роботі більшості машин та механізмів виникає вібрація. Особливо рівень вібрації зростає при виникненні резонансних явищ, які можуть призвести до руйнуючих наслідків. В цьому випадку застосовують антирезонансні технології, однією з найбільш ефективних є застосування технології з динамічними гасниками коливань [1].

Мета роботи. Оцінка впливу коефіцієнта дисипації на резонансні характеристики динамічного гасника коливань..

Матеріали і методи. Методи дослідження включають системний аналіз існуючих конструкцій та математичних моделей процесів віброгасіння,; математичне моделювання з застосуванням програмування на ЕОМ.

Результати.

На рис.1 наведені розрахункові схеми на прикладі гідромолота з динамічним гасником.

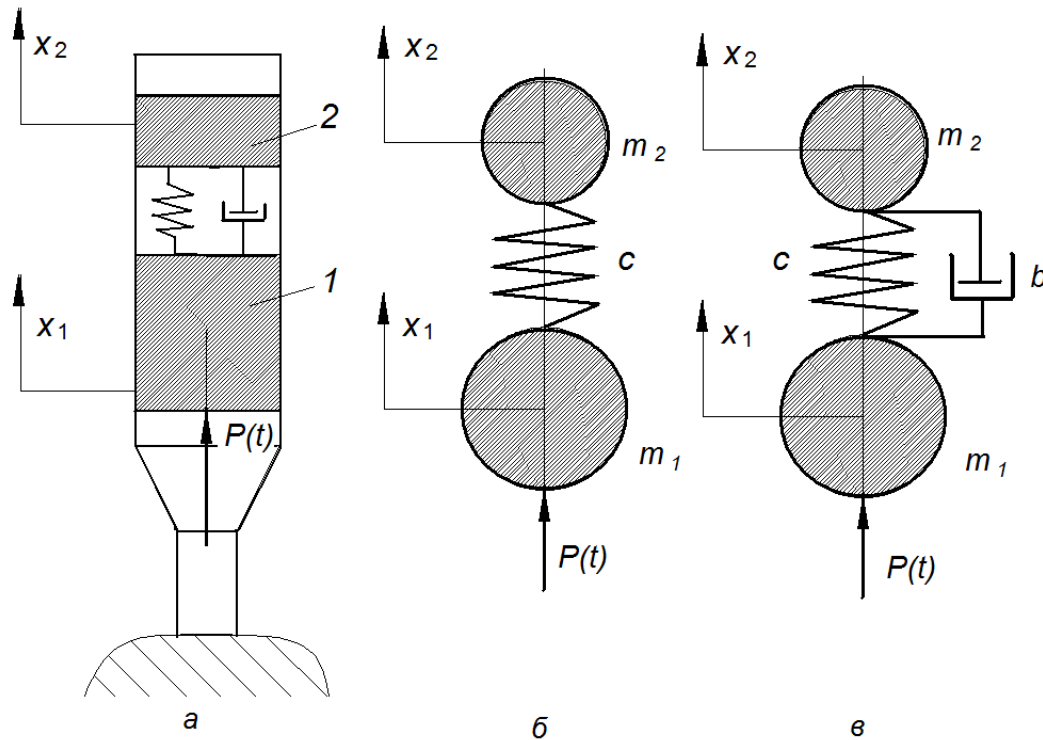


Рисунок 1 – Розрахункові схеми: а) гідромолот з динамічним гасником: 1 – корпус гідромолота, 2 – динамічний гасник; б) модель Гука без урахування дисипації; в) модель Кельвіна з урахуванням дисипації

Для моделі (рис.1, б), без дисипації для зведених в динамічному відношенні параметрів жорсткості та мас, за принципом Даламбера, характерна система рівнянь руху мас, якщо зовнішня сила $P(t) = P \cdot \sin \omega_1 t$:

$$\begin{aligned} m_1 x_1'' + c(x_1 - x_2) &= P \cdot \sin \omega_1 t; \\ m_2 x_2'' - c(x_1 - x_2) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Для моделі (рис. 1, в), з урахуванням дисипації, характерна система рівнянь

$$\begin{aligned} m_1 x_1'' + b(x_1' - x_2') + c(x_1 - x_2) &= P \cdot \sin \omega_1 t; \\ m_2 x_2'' - b(x_1' - x_2') - c(x_1 - x_2) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Звідки, введенням заміन $c/m_1 = \omega_{01}^2$, $c/m_2 = \omega_{02}^2$, $b/m_1 = 2k_1$, $b/m_2 = 2k_2$, $P/m_1 = a$, отримаємо для моделі Гука:

$$\begin{aligned} x_1'' + \omega_{01}^2(x_1 - x_2) &= a \cdot \sin \omega_1 t; \\ x_2'' + \omega_{02}^2(x_2 - x_1) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Для моделі Кельвіна:

$$\begin{aligned} x_1'' + 2k_1(x_1' - x_2') + \omega_{01}^2(x_1 - x_2) &= a \cdot \sin \omega_1 t; \\ x_2'' + 2k_2(x_2' - x_1') + \omega_{02}^2(x_2 - x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Розглядаючи частинний випадок розв'язку (4, 5) в формі

$$x_1 = M_1 \cdot \cos \omega_1 t + N_1 \cdot \sin \omega_1 t; \quad (6)$$

$$x_2 = M_2 \cdot \cos \omega_1 t + N_2 \cdot \sin \omega_1 t .$$

методом невизначених коефіцієнтів [2, 3] встановлені залежності переміщень для моделей (рис.1 б, в) для значень параметрів: $m_1 = 180$ кг; $c = 9,1 \cdot 10^4$ Н/м; $\omega_1 = 62,8$ рад./с (≈ 10 Гц); $P = 1,08 \cdot 10^3$ Н; $a = 6$ м/с²; $\omega_{01} = \sqrt{c/m_1} = 33,54$ рад/с; $\Delta = 1,5$ (декремент затухань) [4].

Коефіцієнт дисипації визначався залежністю $k_1 = \frac{\ln \Delta \cdot \omega_{01}}{\sqrt{4 \cdot \pi^2 + \ln^2 \Delta}}$. Частотний параметр

змінювався в діапазоні: $q_2 = 0,6, \dots, 1,6$. З урахуванням того, що $\omega_{02} = \omega_1/q_2$, визначено

$$k_2(q_2) = \frac{\ln \Delta \cdot \omega_1}{q_2 \sqrt{4 \cdot \pi^2 + \ln^2 \Delta}} .$$

Отримані графіки залежностей амплітуд від частот за умов відповідно $k_1 = k_2 = 0$ та $k_1 \neq k_2 \neq 0$ наведені на рис. 2.

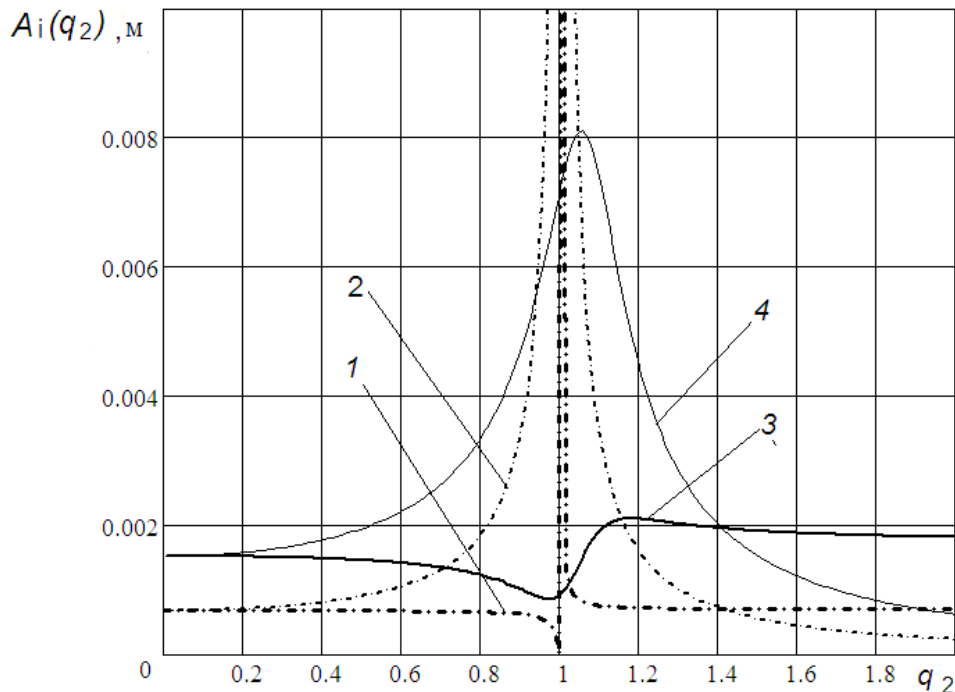


Рисунок 2 – Амплітудно- частотні характеристики коливання мас ударної машини та гасника відповідно: 1, 2- за умови $k_1 = k_2 = 0$; 3,4 – за умови $k_1 \neq k_2 \neq 0$

Як видно з наведених графіків, вплив дисипації на процес коливань (за умови раціонального вибору параметрів) дозволяє значно зменшити амплітуду коливань гасника, але умова повного антирезонансу – повне затухання коливань не досягається (крива 3 на відміну від кривої 1 не перетинає вісь абсцис при значенні $q_2 = 1$, тобто при локальному резонансі $\omega_{02} = \omega_1$), проте діапазон впливу на зменшення амплітуду коливань значно розширюється.

Висновки.

Застосування дисипаційних елементів в системі динамічного гасіння коливань значно пом'якшує режим коливань при зміні частоти власних коливань гасника або частоти

зовнішнього навантаження, зменшує амплітуду резонансних коливань та розширює діапазон впливу, а отже ефективність гасника. .

Список літератури

1. Сліденко В.М. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук. - К.: НТУУ "КПІ", 2010. - 192 с.
2. Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа для вузов. М.: Наука. 1966.-736 с.
3. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Для вузов, том второй.- М.: 1976 г.- 155 с.
4. Єрошенко В.А. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліофобними системами: монографія / В.А. Єрошенко, В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, В.П. Студенець – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.