

УДК 62-567.7; 681.5.034.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКТИВНОГО ДЕМПФЕРА НА
ОСНОВЕ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛАСТОМЕРА**Алексей Александрович Трушков⁽¹⁾, Александр Викторович Казаков⁽²⁾*Студент 4 курса⁽¹⁾, магистр 2 года⁽²⁾,
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет**Научный руководитель: В.П. Михайлов,
доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

Для современного нанотехнологического и исследовательского оборудования в настоящее время актуальна потребность в изоляции от внешних вибрационных возмущений. Подобные колебания значительно искажают его работу.

С целью виброизоляции может быть использована активная демпфирующая платформа (рис. 1) на основе магнито-реологических (МР) эластомеров – упругих полимеров в виде дисков-мембран, которые способны изменять свои механические свойства и деформироваться под действием магнитного поля [1,2]. С их помощью создаются колебания противоположные внешним по фазе и обеспечивается активная виброизоляция. Внутри демпферов предусмотрены катушки индуктивности, которые при подаче управляющего тока, создают магнитное поле, изменяющее упруго-вязкостные свойства эластомера и перемещают жесткий центр к центру катушки. Рабочая плоскость платформы устанавливается на жестких центрах четырех демпферов.

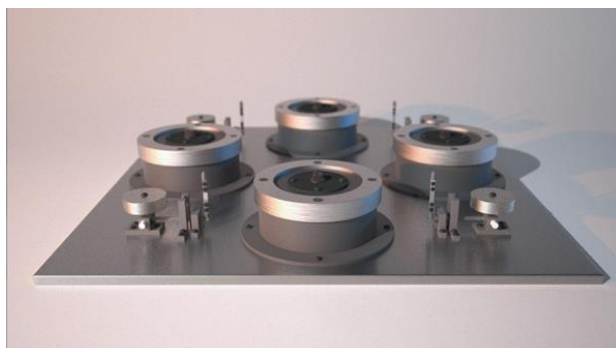


Рис. 1. Общий вид платформы (верхняя плита не показана)

Реализована замкнутая система управления демпферами, общая схема которой показана на рис. 2. Для управления демпферами (Д1...Д4) сигналы с емкостных датчиков положения (ДЕ1...ДЕ4) через аналоговый-цифровой преобразователь (АЦП) подаются на персональный компьютер (ПК) и обрабатываются посредством управляющей программы. Затем управляющий сигнал с ПК подается через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на вход блока операционных усилителей (У) и усиливается до необходимого значения тока с использованием блока питания (БП). Для управления перемещением демпферов разработана управляющая программа в среде LabVIEW, которая реализует алгоритм управления по закону пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора).

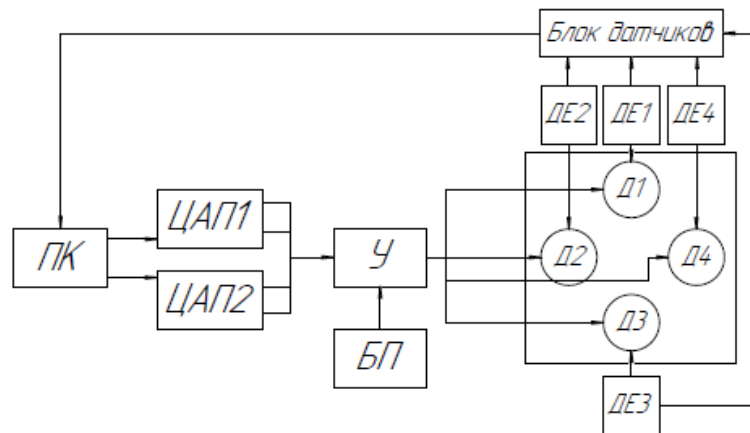


Рис. 2. Общая схема системы управления демпферами

Для оценки эффективности разработанной ранее системы автоматического управления при гашении колебаний низкой частоты был сконструирован и собран экспериментальный стенд и проведен эксперимент, при котором сравнивалась амплитуда колебаний, создаваемых задатчиком стенда, и амплитуда колебаний жесткого центра демпфера, установленного на подвижной платформе задатчика.

Одним из важнейших показателей для оценки системы виброизоляции является коэффициент передачи амплитуд виброперемещений (КПАВ). КПАВ показывает, какая часть колебаний передается при вибрациях с основания демпфера на жесткий центр:

$$K = \frac{A_1}{A_0}, \quad (1)$$

где A_1 – амплитуда колебаний жесткого центра,
 A_0 – амплитуда колебаний основания.

КПАВ должен стремиться к наименьшему возможному значению; для систем активной виброизоляции хорошим показателем считается КПАВ ниже 0,1.

В случае колебаний, происходящих по периодическому, но не гармоническому закону, в частности колебаний с несимметричным профилем, вместо амплитуды может быть использован размах колебаний (peak-to-peak), равный разности между максимальным Z_{max} и минимальным Z_{min} значениями координаты.

С учетом изложенного уравнение измерения имеет следующий вид:

$$K = \frac{z_{1max} - z_{1min}}{z_{0max} - z_{0min}}, \quad (2)$$

где z_{1max} – максимальное значение координаты подвижного жесткого центра,
 z_{1min} – минимальное значение координаты подвижного жесткого центра,
 z_{0max} – максимальное значение координаты основания,
 z_{0min} – минимальное значение координаты основания.

В процессе экспериментального исследования с помощью датчиков были записаны перемещения плиты задатчика вибраций и жесткого центра демпфера при шести различных частотах колебаний в зависимости от времени. По полученным результатам определены максимальные и минимальные показания датчиков. Вычислены коэффициенты передачи амплитуды виброперемещений по формуле (2).

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

По полученным значениям КПАВ построен фрагмент амплитудно-частотной характеристики демпфера (рис.3).

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Номер эксперимента	Период колебаний, с	Частота, Гц	Размах колебаний, мкм		КПАВ
			Основания	Жесткого центра	
1	1,772	0,564	563,02	46,99	0,083
2	1,424	0,702		59,27	0,105
3	1,288	0,776		64,42	0,114
4	1,148	0,871		65,31	0,116
5	1,020	0,980		77,59	0,138
6	0,964	1,037		83,35	0,148

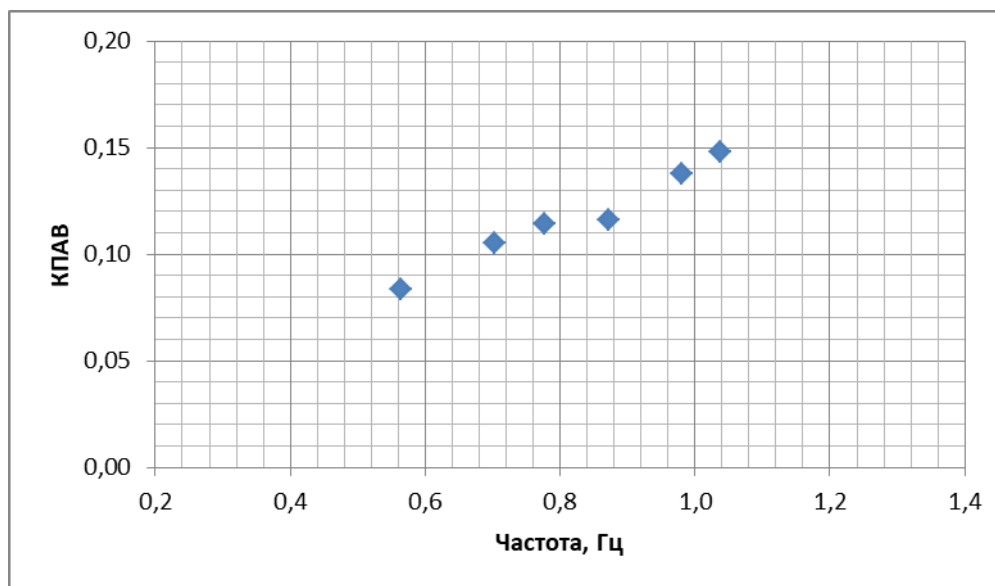


Рис. 3. Фрагмент амплитудно-частотной характеристики активного демфера в режиме стабилизации положения

Полученные результаты показывают, что рассматриваемый магнитореологический демпфер эффективно уменьшает амплитуду виброперемещений при частотах до 1 Гц. С возрастанием частоты колебаний эффективность активной виброизоляции снижается.

Литература

1. В.П. Михайлов, А.М. Базиненков, П.А. Долинин, Г.В. Степанов. Определение динамических характеристик управляемого демпфера на основе магнитореологического эластомера. Приборы и техника эксперимента. 2018, № 2, С. 1–6. DOI: 10.7868/S0032816218020209
2. В.П. Михайлов, Д.К. Товмаченко, А.М. Базиненков, Г.В. Степанов. Характеристики платформы для активной виброизоляции на основе магнитореологических эластомеров. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2016, № 12, С. 51-57.