

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ДЕМПФЕР НА ОСНОВЕ ТРАБЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ

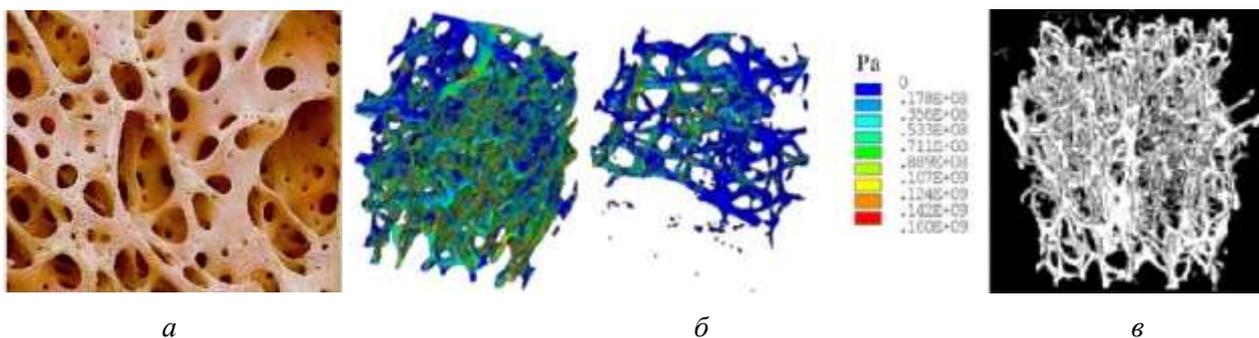
*Коптев И.К.¹, студент группы 4АМ4К ИШНПТ ТПУ
Ермаков Д.В.², к.т.н., доцент ОМШ ИШНПТ ТПУ
Дерусова Д.А.³, д.т.н., заведующий лабораторией ЛЛВМ ЦПТ ИШНКБ ТПУ
НИ ТПУ, РФ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
¹e-mail: ikk9@tpu.ru,
²e-mail: dvermakov@tpu.ru,
³e-mail: red@tpu.ru*

Вибрация и шум негативно влияют на износ электромеханических устройств (ЭМУ) и снижают их срок эксплуатации, а также являются вредным производственным фактором оказывая негативное влияние на здоровье операторов. В связи с этим, снижение виброактивности ЭМУ является важной и актуальной научно-технической задачей.

В некоторых случаях для снижения виброактивности ЭМУ предлагается использовать твердотельные демпфирующие материалы. Данные материалы способны рассеивать энергию при упругой деформации под воздействием приложенной нагрузки в течении длительного времени. В тоже время для эффективного снижения виброактивности в диапазоне рабочих частот вращения ротора ЭМУ необходимо подбирать геометрию конструкции демпфера и материал, обладающий подходящими механическими свойствами.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют создавать конечно-элементные модели демпфирующих элементов сложной конфигурации и проводить численное моделирование механических процессов, возникающих при работе ЭМУ с демпфером. Это позволяет снизить количество натурных испытаний и создать твердотельный демпфер оптимальной конфигурации для снижения виброактивности определенного спектрального состава, исходя из особенностей функционирования конкретного ЭМУ.

Исследования в области медицины показали эффективность сдерживания нагрузок и механических возмущений с использованием трабекулярных структур, составляющих основу костной ткани. Такие структуры имеют неоднородную пористую форму и неравномерно распределены в объеме кости. На рис. 1, а приведен пример трабекулярной структуры костной ткани. Детальный вид показывает особенности строения трабекул: наличие структур в виде пучков, стоек и стержней. Имея 3D-модель трабекулярной структуры можно создать конечно-элементную модель (рис. 1, б, в) для проведения дальнейшего анализа и воспроизводства методом 3D-печати.



*Рис. 1. Примеры трабекулярных структур:
а – детальный вид костной ткани, б – расчетная модель демпфера с трабекулярной структурой,
в – 3D-модель демпфера*

Поскольку трабекулы в объеме кости расположены не линейно, они воспринимают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки ослабляя при этом динамическое воздействие на костную ткань. Из этого следует предположение, что трабекулярная структура может

применяться для создания твердотельных демпферов. В частности, изменение геометрии трабекулярной структуры позволит перераспределить вибрационную нагрузку в своем объеме и регулировать уровень остаточной виброактивности.

Несмотря на то что, в настоящее время на рынке САПР присутствуют различные САД-системы, отличающиеся между собой как по функциональности, так и по стоимости, применить САПР для реализации существующей идеи построения демпфера на основе трабекулярной структуры, не представляется возможным. В связи с этим, в качестве материалов, аналогичных по строению с трабекулярными структурами, предлагаются пенометаллы. Данные материалы сочетают в себе и удельную жесткость, и способность диссипировать в своем объеме энергию, а, следовательно, подходят для создания твердотельных гасителей вибрационных колебаний.

В настоящей работе для создания твердотельного демпфера, имеющего пористую структуру, схожую с трабекулярной, предлагается использовать пеноалюминий. Разработанный макет твердотельного демпфера (рис. 2, а) содержит основание для крепления ЭМУ, фрагмент гасителя колебаний на основе пеноалюминия и крепежные детали, как показано на рис. 2, б.

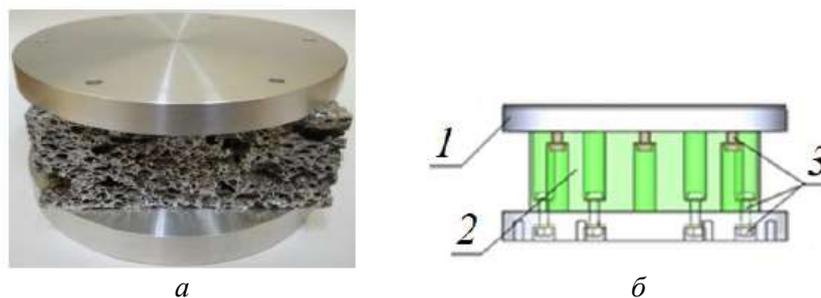


Рис. 2. Фотография (а) и 3D-модель (б) макета твердотельного демпфера:
1 – основание крепления ЭМУ, 2 – фрагмент гасителя колебаний на основе пеноалюминия,
3 – крепежные детали макета

Разработанный макет твердотельного демпфера подвергнут виброиспытаниям для снижения виброактивности ЭМУ в рабочем диапазоне частот вращения ротора. Демпфирование уровня виброактивности оценивалось по расчетному коэффициенту эффективности:

$$K_{\text{эффек}} = \frac{A_{\text{Демп}}}{A_{\text{ЭМУ}}},$$

где: $A_{\text{ЭМУ}}$ – среднеквадратичное значение амплитуды виброперемещения на установочной поверхности ЭМУ без демпфера; $A_{\text{Демп}}$ – среднеквадратичное значение амплитуды виброперемещения на установочной поверхности демпфера (с установленным ЭМУ).

В результате исследования получена зависимость коэффициента эффективности от частоты вращения ротора ЭМУ (рис. 3).

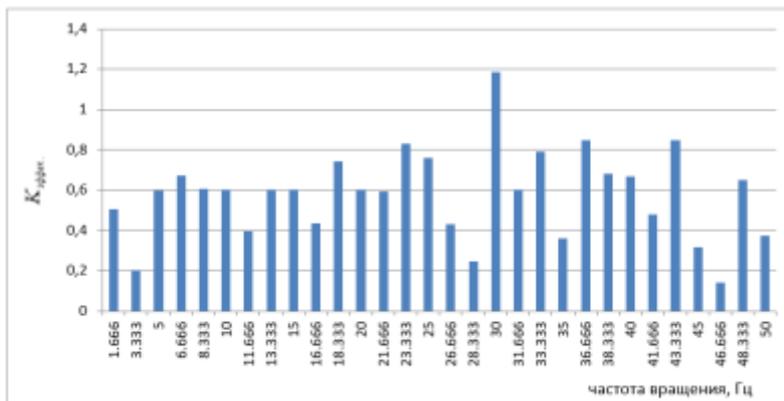


Рис. 3. Изменение коэффициента эффективности от частоты вращения ротора ЭМУ

Как видно из рис. 3, значение $K_{\text{эффект}}$ преимущественно не превышает 1, что подтверждает снижение виброактивности ЭМУ за счет использования предложенного решения. Это позволяет сделать вывод о том, что твердотельный демпфер на основе пеноалюминия, имеющий структуру, подобную трабекулярной, способен снизить уровень виброактивности ЭМУ.

Благодарности: Работа выполнена в рамках гранта РФФ № 23-79-10107.

Список литературы

1. Гаврилин А.Н., Дмитриев В.С., Ермаков Д.В., Дерусова Д.А. Снижение виброактивности вентилятора системы жизнеобеспечения нефтегазовых станций // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 11. – С. 128–137. – DOI: 10.18799/24131830/2023/11/4293.