

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОСТЕЙ С ВЫСОКОЙ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ В ПЛАСТИНЧАТЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРАХ

©2006 Д.Г. Громаковский<sup>1</sup>, Ю.К. Пономарев<sup>2</sup>, Л.В. Кудряков<sup>1</sup>,  
Б.М. Силаев<sup>2</sup>, А.С. Котов<sup>2</sup>, С.В. Шигин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет,

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

Для ряда конструкций пластинчатых виброизоляторов отобраны эффективные кремнийорганические жидкости типа ПМС, выпускаемые отечественной промышленностью и подобраны оптимальные рельефы на поверхностях пластин виброизоляторов.

Жидкости с высокой поглощающей способностью [1-5] вносятся в пластинчатые виброизоляторы между контактирующими поверхностями пластин, образующих поглощающее тело.

Варианты исполнения таких виброизоляторов приведены на рис. 1 и 2. На по-

верхности пластин для повышения емкости жидкостной прослойки выполнены специфические углубления б (рис. 1). Возможны также варианты плоских пластин, имеющих радиальные гофры (рис. 2). Дополнительно, пакеты пластин разделены пропитанными тросовыми прокладками.

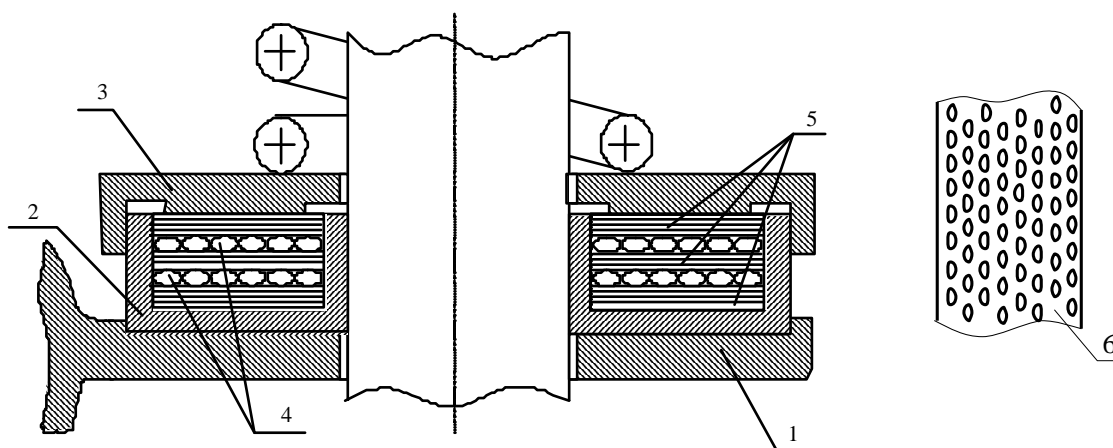


Рис. 1. Схема пластинчатого виброизолятора:

1 – база для установки; 2 – корпус; 3 – верхняя крышка; 4 – тросовые пакеты квазизамкнутых колец [2]; 5 – пакеты шайб; 6 – рельеф поверхности пластин

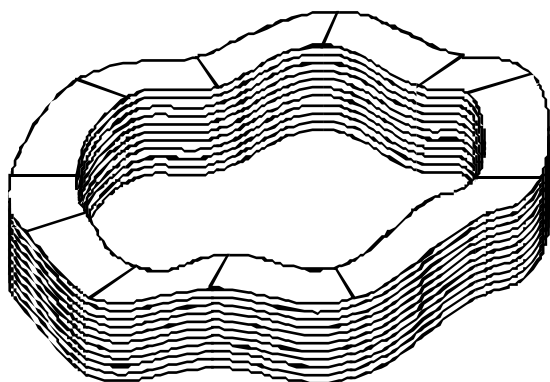


Рис. 2. Многослойный пакет в виде кольцевых гофрированных шайб с радиальным гофрированием

В виброизоляторах такого вида, используемых, например, для подвески железнодорожных вагонов, колебания, возбуждаемые несовершенствами пути и колес, и создаваемые ими динамические нагрузки, передаются как сверху на крышку, так и снизу на корпус виброизолятора.

Относительные перемещения крышки и корпуса вызывают деформацию пакета пластин, тросовых элементов, пульсацию давления в слоях поглощающей жидкости и малые взаимные смещения смежных поверхностей.

Деформация, трение и пульсация давления между пластинами в слоях жидкости

вызывают переход механической работы трения в тепло и его рассеяние через корпусные детали в окружающую среду.

Анализ и численная проверка показали, что для определения смещений между пластинами -  $w_i$  существует возможность применения упрощенных динамических моделей, в которых пластины имеют заданную упругость, толщина пластин мала, а малые перемещения имеют место в осевом направлении. Каждая пластина рассматривается как твердое тело, связанное с соседними упругими связями, что позволяет представить элемент виброизолятора как механическую систему с одной степенью свободы.

Одна из задач оценки поглощения в таких виброизоляторах связана с оценкой реакции слоев неньютоновских жидкостей, размещенных между пластинами и имеющих высокую объемную вязкость [3].

Согласно феноменологической релаксационной теории жидкости [4] коэффициент поглощения звука  $\alpha$  для единичного релаксационного процесса, как для сдвиговой, так и для объемной вязкости определяется выражением:

$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho c^3} \left[ \frac{4/3 \eta'_0}{1 + \omega^2 \tau_1^2} + \frac{\eta''_0}{1 + \omega^2 \tau_2^2} \right]. \quad (2)$$

Здесь  $\omega$  - круговая частота,  $c$  - скорость звука,  $\rho$  - плотность жидкости,  $\eta'_0$  и  $\eta''_0$  - «статические» сдвиговая и объемная вязкости,  $\tau_1$  и  $\tau_2$  - времена релаксации сдвиговой и объемной вязкостей.

Величины вязкостей  $\eta'$  и  $\eta''$  зависят от физико-химической природы жидкостей, а в случае смесей, от природы компонентов и характера их взаимодействия. Для ряда жидкостей, таких как циклические углеводороды, объемная вязкость существенно выше сдвиговой, например, у бензола объемная вязкость в 132 раза выше сдвиговой.

Времена релаксации  $\tau_1$  и  $\tau_2$  характеризуют кинетику установления термодинамического равновесия в жидкостях и тесно связаны со строением жидкостей и характером междумолекулярного взаимодействия [5].

Для ряда конструкций пластинчатых виброизоляторов отображены эффективные кремнийорганические жидкости типа ПМС, выпускаемые отечественной промышленностью и подобраны оптимальные рельефы на поверхностях пластин [3].

При термодинамической идентификации виброизоляторов использовали модель, предложенную Б.М. Силаевым [7], в которой элементарная ячейка виброизолятора, рис. 3, рассматривается как трибореактор с подвижными стенками, имеющими микро- и субмикрорпоры, заполненные жидкостью.

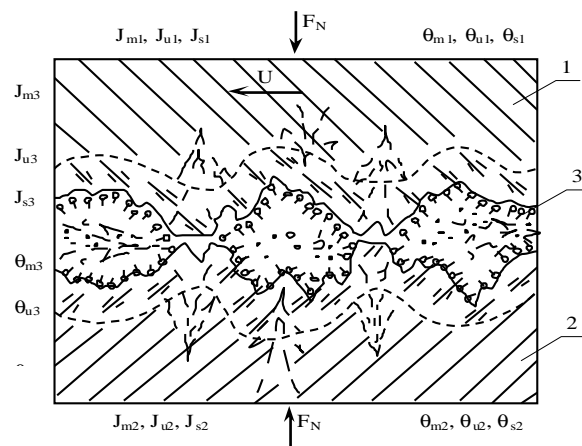


Рис. 3. Схема процессов, протекающих при динамическом нагружении пластинчатого виброизолятора

При нагружении в этой ячейке формируются градиенты полей деформаций, температуры и концентрации вещества, их взаимные превращения и перенос энергии: механической, тепловой, химической, электрической, акустической и др.; происходит перенос вещества (диффузия), структурные и фазовые превращения, образование и аннигиляция микродефектов, химических соединений и др.

При данной схематизации и макро-скопическом описании [7, 8, 9] важным элементом термодинамического анализа также являлась оценка баланса энтропии, что для локальной области, подобной рис. 1, является функцией внутренней энергии  $U$ , объема  $V$  и массы  $\{M_n\} \cdot N$  компонентов.

Как показано Б.М. Силаевым [7], источники возникновения энтропии виброизолятора связаны с наличием простран-

венной неоднородности в распределении температуры  $T$ , парциальных химических потенциалов  $\mu_n$ , с тангенциальными перемещениями и деформированием среды, взаимодействием среды с энергией  $\beta$ -го рода (например, возникновение джоулева тепла от воздействия электрического тока на среду и т.п.), с химическими реакциями в зоне трения и с механическим отделением частиц. Производство энтропии, в свою очередь, состоит из потоков тепловой энергии, диффузионных потоков, изменений компонент тензора напряжений (количества движения), скоростей химических реакций, изменения массы, скоростей деформаций и др., что является признаком термодинамически необратимых процессов.

Оценка эффективности созданных виброизоляторов проводилась при стендовых динамических испытаниях (рис.4, 5), целью которых было определение характеристик демпфирования колебаний

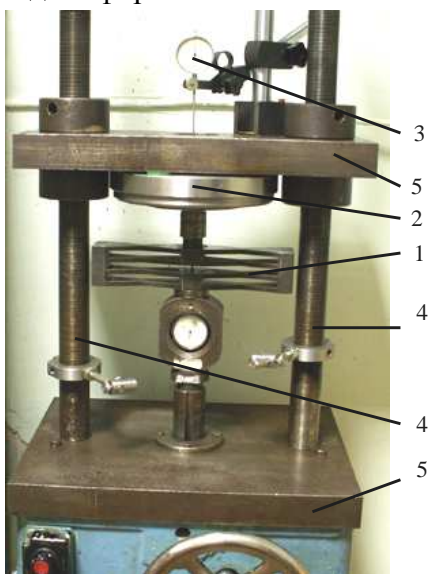


Рис. 4. Установка для статического исследования виброизолятора:

1- динамометр системы Токаря; 2 – виброизолятор; 3 – индикатор; 4 – силовые штанги; 5 – плиты

при ударном воздействии на крышку 3 (см. рис. 1). С этой целью виброизолятор через эластичные прокладки располагался на массивном основании, к крышке и корпусу прикреплялись инерционные датчики ускорений, сигналы с которых после импульсного воздействия на крышку виброизолятора через устройства сопряжения посыла-

лись на обработку в ЭВМ. Обработка сигналов осуществлялась программным пакетом Adobe Audition (рис. 6). Варьируя длительности ударных воздействий, удалось выяснить, что в диапазоне частот от 5 до 500 Гц виброизолятор снижает силу, передаваемую на корпус вагона, в 4...6 раз.

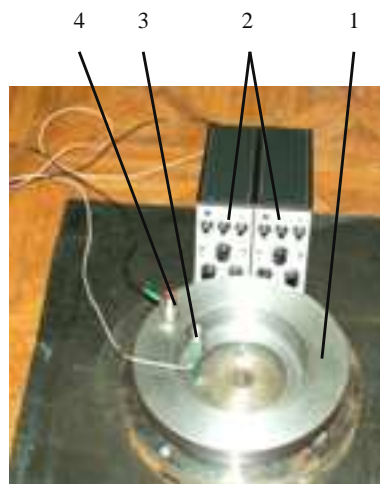


Рис. 5. Фото стенда для динамического исследования свойств виброизолятора на ударные воздействия: 1 – виброизолятор; 2 – блоки сопряжения с ЭВМ; 3, 4 - инерционные датчики ускорений

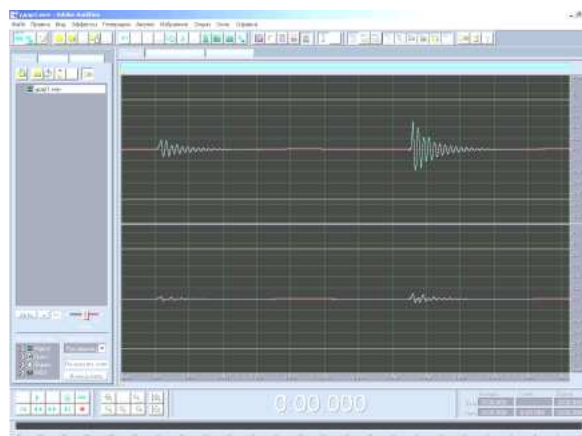


Рис. 6. Сигналы, записанные в ходе ударного воздействия на входе (верхняя кривая) и на выходе (нижняя кривая)

Итоги анализа и расчетов параметров виброизоляторов, созданных для пассажирских вагонов Тверского вагонного завода, оказались близкими к результатам испытаний.

### Список литературы

1. Расчет и конструирование средств виброзащиты сухого трения. Под ред.

Ю.К.Пономарева. – Самара: Изд. Самарской государственной академии путей сообщения. 2005 г. - 207 с.

2. Патент РФ № 2199683, МКИ F16F 7/14//Авт: Пономарев Ю.К., Архангельский С.В., Гунин В.А., Калакутский В.И. Оpubл. 27.02.03, БИ № 6 за 2003 г.

3. Громаковский Д.Г., Кудюров Л.В., Шигин С.В. О механизме диссипации в ленточном амортизаторе с угловым расположением пластин //Сб. трудов международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин». Т. 1, – М.: Машиностроение, 2003. С. 320...324.

4. Леонтович М.А. Некоторые вопросы теории поглощения звука в многоатомных газах. Изв. АН СССР. Сер. физ. 5.633, 1936.

5. Громаковский Д.Г., Маринин В.Б., Шахов В.Г., Кудюров Л.В. Аналитическая интерпретация механизма объемной вязкости смазки.//Трение и износ. Т. 14, № 6. С. 973...983.

6. Демкин Н.Б. Контактное шероховатых поверхностей – М.: Наука, 1970. – 227 с.

7. Силаев Б.М. Обобщенная модель процесса внешнего трения и изнашивания.//Машиноведение. 1989, № 2, С. 56...65.

8. Ильющин А.А. Механика сплошной среды. - М.: Изд. МГУ: 1978. – 287 с.

9. Глендорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. - М.: Мир, 1973. - 280 с.

## USING OF THE LIQUIDS WITH THE HIGH ABSORBING ABILITY IN LAMELLAR VIBRATION ISOLATORS

© 2006 D.G. Gromakovsky<sup>1</sup>, Yu.K. Ponomarjov<sup>2</sup>, L.V. Kudjurov<sup>1</sup>,  
B.M. Silaev<sup>2</sup>, A.S. Kotov<sup>2</sup>, S.V. Shigin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Technical University

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University

For a number of designs lamellar vibration isolators the effective silicon organic liquids are selected with the high absorbing ability, released by domestic industry and optimum reliefs are chosen on surfaces of plates. The estimation of efficiency created vibration isolators is executed at bench dynamic tests - in a range of frequencies from 5 up to 500 Hz vibration isolators reduces the force transmitted on the case of the car from 4 up to 6 times.