

чету крупногабаритных низкочастотных амортизаторов требуется проведение дополнительных исследований для определения влияния на упруго-демпфирующие характеристики А частоты вибрации и масштабного фактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский В. С. Защита аппаратов от динамических воздействий. «Энергия», 1970.
2. Ривин Е. И. Рассеяние энергии и динамическая жесткость упруго-демпфирующих материалов. В сб. «Рассеяние энергии при колебаниях упругих систем.» АН УССР, Киев, 1968.
3. Волк И. М. Демпфирование колебаний при помощи двустороннего упруго-гистерезисного упора. АН СССР, ОТН, 1962, № 3.
4. Кузьмин Э. Н. Статические характеристики втулочных элементов из материалов МР с винтовой укладкой спирали. Статья в настоящем сборнике.
5. Кузьмин Э. Н. Вопросы изготовления упруго-демпфирующих элементов из материала МР. Статья в настоящем сборнике.
6. Пановко Я. Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. Физматгиз, 1960.
7. Норриш Ю. И. Виброметрия. Машгиз, 1963.

**В. Ф. Горбунов, И. Г. Резников,
А. П. Новиков, А. В. Рудаченко**

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ СЫПУЧИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В работе рассмотрена возможность применения магнитных и немагнитных сыпучих материалов (порошки углеродистых и легированных сталей, алюминиевых, медных и титановых сплавов и др.) с целью использования их в качестве упруго-демпфирующих элементов амортизационных систем.

На первой стадии исследования испытывались непосредственно указанные материалы, заключенные в жесткую цилиндрическую оболочку, разделенную поршнем на две несообщающиеся полости. К штоку поршня крепились амортизируемая масса, когда испытания проводились на вибрационном ВЭДС-200А и ударном стендах, или волновод при испытаниях на маятниковом копре МК-30. В качестве регистрирующей аппаратуры использовались ПИУ-1М с акселерометром ПДУ, комплект аппаратуры для спектрального анализа фирмы Брюль и Кьер с датчиком типа 4332 и специальная тензометрическая система [1].

Амплитудно-частотные характеристики исследуемых систем с наполнителями из твердых материалов (легированные стали, бронза) выявили зависимость параметров резонансной

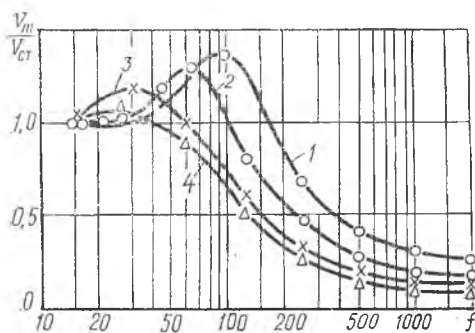


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики амортизационной системы с сыпучим наполнителем (латунь Л62):
1 — 2 г; 2 — 4 г; 3 — 6 г; 4 — 8 г

зоны от амплитуды виброускорения возмущающих сил при всех прочих равных условиях (рис. 1). Зависимости представлены в координатах относительной амплитуды виброскорости и частоты возмущающей силы, чтобы можно было оценить собственную частоту системы [2]. Уменьшение резонансного пика и смещение его в сторону низких частот свидетельствуют о существовании зависимости между диссипативными характеристиками системы и уровнем возмущающих сил. Причем подводимая энергия в амортизационной системе перераспределяется в сторону увеличения кинетической составляющей. В этом случае доля необратимо поглощенной энергии ΔW должна возрастать. Однако при статическом нагружении с ростом амплитуды нагрузки значение Ψ уменьшается, поскольку сыпучий наполнитель при нагружении работает в фазе, где преобладает потенциальная составляющая энергии W . Следовательно, коэффициент рассеяния $\Psi = \frac{\Delta W}{W}$, а значит и коэффициент демпфирования δ зависит от относительной скорости возрастания ΔW и W , которые в свою очередь определяются скоростью и условиями нагружения сыпучего материала. Величина ν входит в выражение постоянной затухающей ν , которая согласно [3] определяется как

$$\nu = -\frac{\delta}{2m} \pm \sqrt{\left(\frac{\delta}{2m}\right)^2 - \frac{c}{m}}, \quad (1)$$

где δ — коэффициент демпфирования, эквивалентный коэффициенту вязкого трения;
 m — масса защищаемого объекта;
 c — линеаризованный коэффициент жесткости.

Величина ν , определяя темп затухания при свободных колебаниях, зависит от $\delta_{кр}$, которое может быть определено из подкоренного выражения (1) как

$$\delta_{кр} = \sqrt{4mc}. \quad (2)$$

При $\delta < \delta_{кр}$ система совершает затухающие свободные колебания, в случае $\delta \geq \delta_{кр}$ корни характеристического уравнения системы действительные и система, выведенная из положения

равновесия, асимптотически стремится к последнему. Как следует из (2) $\delta_{кр}$ не зависит явно от диссипативных свойств системы, в то же время $\delta = f(\Psi)$, следовательно, в рассматриваемом случае

$$\delta = f(\Psi, V), \quad (3)$$

где V — амплитуда скорости возмущающей силы.

Как уже отмечалось, зависимость (3) не однозначна при кинематическом и силовом возмущении. Это положение подтверждается результатами проведенных экспериментов (рис. 2). В случае кинематического возбуждения (на вибростенде) в полостях цилиндра появляется псевдокипящий слой, глубина которого пропорциональна амплитуде ускорения. Поэтому большая часть подводимой энергии необратимо поглощается, что обеспечивает рост величины Ψ (кривая «а»), а при силовом возмущении наблюдается обратная картина.

На рис. 3 представлены осциллограммы перемещения системы, состоящей из жестко закрепленного цилиндра с сыпучим наполнителем (сталь Ст-3), поршня, штока и прикрепленного к нему волновода массой $m=9$ кг, по которому наносились единичные удары бойком маятникового копра. Здесь менялась только предупарная скорость нагружения, которая для случая «а» составила $V_a=0,71$ м/сек, а для «в» $V_b=1,45$ м/сек. Прямая I—I отмечает положение статического равновесия. Представленные результаты хорошо иллюстрируют зависимость (3) и показывают, что с увеличением V величина δ уменьшается по сравнению с $\delta_{кр}$, и колебания являются периодическими (кривая в), а при уменьшении скорости приложения возмущающей силы $\delta > \delta_{кр}$ и затухание носит аperiодический характер. Участок «д», характерный для кривых а и в, есть результат воздействия отраженной волны деформации.

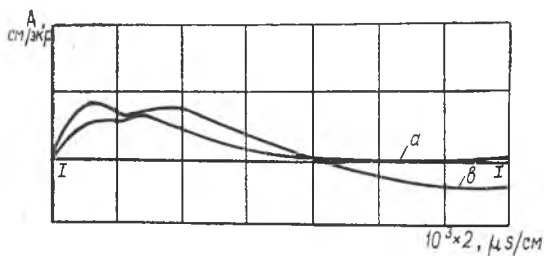
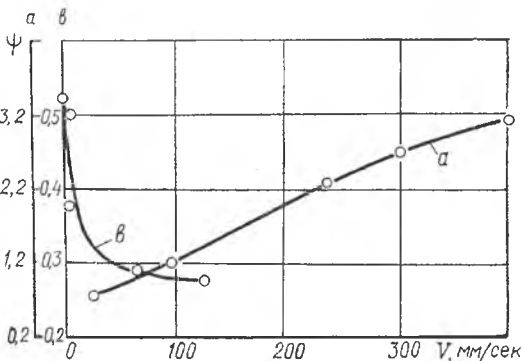


Рис. 3. Осциллограммы перемещения волновода:

а — $V_a = 0,71$ м/сек, б — $V_b = 1,45$ м/сек

Рис. 2. Зависимость Ψ от V :

а — при кинематическом возбуждении; в — при силовом



Аналогичные результаты были получены при исследовании указанной системы на специальном стенде. Вместо волновода к штоку поршня крепилась масса $m=9$ кг, которая периодически нагружалась с помощью кулачкового механизма. В пределах изменения скорости нагружения от 0,0015 м/сек до 0,013 м/сек коэффициент рассеяния, определяемый по динамической петле гистерезиса как

$$\Psi = \frac{4\Delta W}{W}, \quad (4)$$

где ΔW — энергия, рассеиваемая за четверть цикла,

W — максимально запасенная энергия, уменьшился (кривая «в», рис. 2), при этом огибающая амплитуд затухающих колебаний приближается к экспоненциальному виду.

В результате можно прийти к выводу, что сыпучий металлический наполнитель лучше всего использовать как демпфирующий элемент, который воспринимает только часть постоянно действующей нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов В. Ф., Резников И. Г., Чирьев В. И. Применение тросовых амортизаторов для гашения импульсов отдачи в бурильных машинах. «Горный журнал», 1972, № 2.
2. Вялышев А. И., Тартановский Б. Д. О колебаниях систем с большими потерями. В кн.: Колебания, излучение и демпфирование упругих структур. М., «Наука», 1973.
3. Халфман Р. Л. Динамика, М., «Наука», 1972.

Д. Ф. Пичугин, В. А. Борисов, Н. Д. Войтех

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА МР

При проектировании машиностроительных деталей часто приходится учитывать следующие физические свойства материалов: теплопроводность, теплоемкость и температурное расширение.

Результаты исследования теплопроводности материала МР были опубликованы в работе [1], где отмечалось, что теплопроводность материала МР существенно меньше теплопроводности материала проволоки (примерно в 50—100 раз), однако в несколько раз больше теплопроводности пластмасс. Поэтому