

АМОТИЗАТОР С УПРАВЛЯЕМЫМИ ДЕМПФИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Яманин И.А., Яманин А.И., Чабуткин Е.К., Калаева С.З., Жаров А.В. (Ярославский государственный технический университет)

В различных отраслях техники, объекты которой работают в условиях переменных скоростных и нагрузочных режимов, могут возникать потребности изменения демпфирующих свойств амортизирующих опор. Так, в [1] показано, что в двигателях с переменными степенью сжатия и (или) рабочим объемом при перемене значений последних изменяются частотные спектры виброперемещений, виброскоростей и виброускорений. Это может свидетельствовать о том, что традиционные автомобильные резино-металлические амортизаторы будут эффективны не на каждом скоростном и (или) нагрузочном режиме работы двигателя. Установлено также, что переходный процесс перемены степени сжатия на ходу двигателя может сопровождаться значительными кратковременными нагрузками [2]. В связи с этим высказывается гипотеза о разработке амортизатора, демпфирующими свойствами которого можно было бы управлять.

Частично указанными свойствами обладают жидкозаполненные амортизаторы, рабочей средой которых являются магнитные (магнитореологические) жидкости¹, способные взаимодействовать с магнитным полем [3]. Принцип действия таких амортизаторов часто основан на явлении устойчивой магнитожидкостной левитации - выталкивании немагнитных тел из магнитной жидкости под действием магнитного поля. При этом последняя выполняет роль упругого и демпфирующего элемента. Конструкции таких амортизаторов весьма сходны; одна из них включает (рис. 1) корпус 1 с полостью, заполненной магнитореологической жидкостью и разделенной поршнем 2 со штоком 3 на две части. Обе части полости соединены каналом 4. В поршне установлен электромагнит (обмотка 5 и сердечник 6). Магнитное поле создается в канале 4 так, что силовые линии направлены вдоль оси амортизатора. Ток в обмотке магнита изменяется в зависимости от скорости перемещения поршня [4].

К преимуществам амортизаторов левитирующего типа относятся широкий диапазон собственных частот, малая собственная масса, высокие значения логарифмических декрементов затухания и пр. Однако во всех известных конструкциях эффективное гашение вибрации наблюдается на какой-либо одной частоте.

С учетом этого высказана гипотеза о возможности использования способности магнитной жидкости изменять значения физико-технических характеристик для управления упругими и демпфирующими свойствами амортизатора [5]. Предложена принципиальная схема такого амортизатора, спроектирован, изготовлен и испытан опытный образец (рис. 2).

В цилиндрическом корпусе 1 амортизатора находится поршень 2 с системой калиброванных каналов 3, разделяющий внутренний объем корпуса на две камеры 5 и 6, заполненные магнитной жидкостью. Герметичность полостей 5 и 6 обеспечивается уплотнениями 4. Корпус амортизатора охватывается катушкой 12, напряжение на которой регулируется блоком управления 13.

¹ Коллоидный раствор, получают диспергированием в жидкой среде наночастиц магнетита, покрытых для стабилизации дисперсной системы поверхностно-активным веществом.

Поршень 2 выполнен заодно со штоком 8, который присоединяется к опорной лапе двигателя с датчиком виброускорений. Амортизатор в сборе крепится к подмоторной раме транспортного средства.

Гашение колебаний двигателя производится за счет дросселирования магнитной жидкости при ее перетекании между камерами 5 и 6 через каналы 3. Регулирование демпфирующих свойств амортизатора на различных режимах работы двигателя и при перемене значений ϵ и V_h , производится за счет изменения физических свойств магнитной жидкости. Это обеспечивается переменным магнитным полем, формируемым катушкой, управляемой блоком 13.

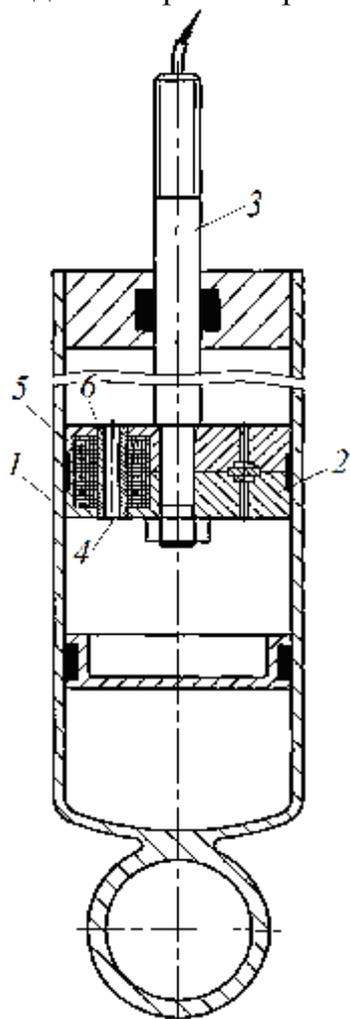


Рис. 1. Конструктивная схема амортизатора по пат. РФ 2068513

Демпфирующие свойства амортизатора могут регулироваться на различных скоростных и нагрузочных режимах за счет изменения вязкости жидкости.

Для первоначальной оценки свойств управляемого амортизатора проведены две серии опытов. Первоначально при помощи системы «Алмаз» (разработка ЗАО «Локомотив», г. Ярославль) определена эффективность амортизатора при его ударном нагружении с постоянной частотой возбуждения.

Для этого при различных напряжениях в обмотках катушек (при этом изменяется вязкость магнитной жидкости²) датчиком AP57, фиксировались виброускорения, измеряемые на свободном торце штока амортизатора. Установлено, что при изменении напряжения на обмотках катушек на 20 В амплитуды виброускорений изменяются более, чем в 4 раза, а переходный процесс становится близким к апериодическому; это говорит о значительных потенциальных возможностях гашения амортизатором ударных нагрузок (рис. 3).

Проведен анализ амплитудно-частотных характеристик амортизатора на вибростенде, обеспечивающем изменение частоты возбуждения. При этом помимо изменения напряжения в обмотках, амортизатор снаряжался различными жидкостями. Выяснено, что при разных основах магнитной жидкости, а также различных значениях напряжений на обмотках катушек (0 ... 70В) существенно изменяются демпфирующие свойства амортизатора (рис. 4), что позволяет использовать его в установках, работающих в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов: при указанном изменении напряжения амплитуды виброускорений изменяются более чем в 4 раза.

² Под действием переменного магнитного поля с напряжением 50 ... 200 В динамическая вязкость изменяется в 1.5 раза – от 61 Па·с до 42 Па·с.

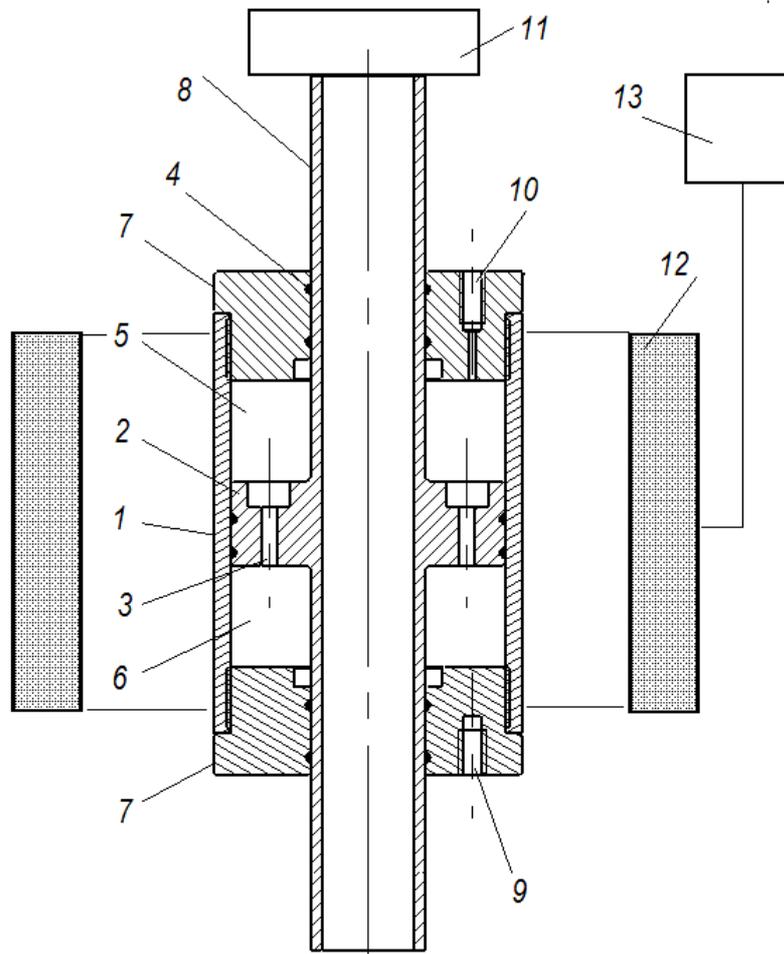


Рис. 2. Принципиальная схема управляемого амортизатора

Установлено, что с помощью магнитной жидкости может быть осуществлено управление демпфирующими свойствами амортизатора в частотном диапазоне (приращения частот) 10-15 Гц, что соответствует изменению вращающего возмущающего усилия в пределах 600-900 мин⁻¹.

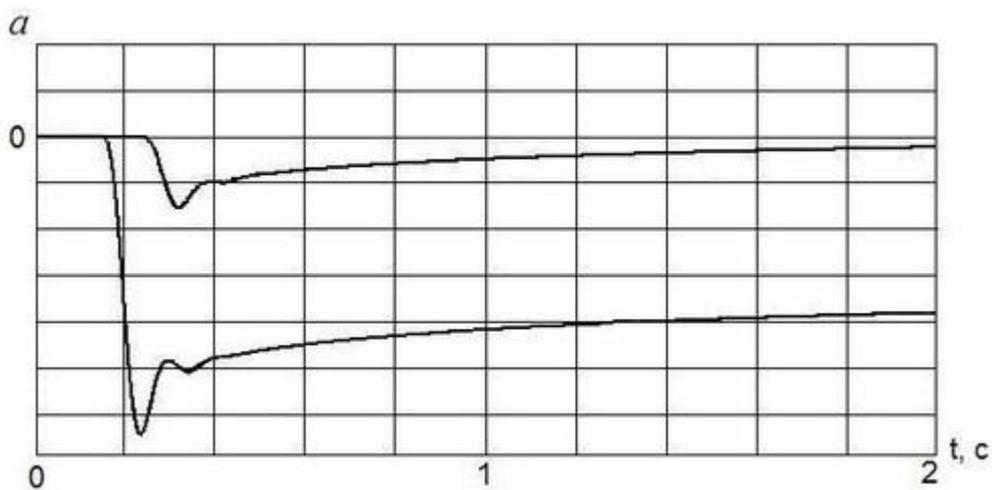


Рис. 3. Амплитудные характеристики опытного амортизатора при двух значениях напряженности магнитного поля

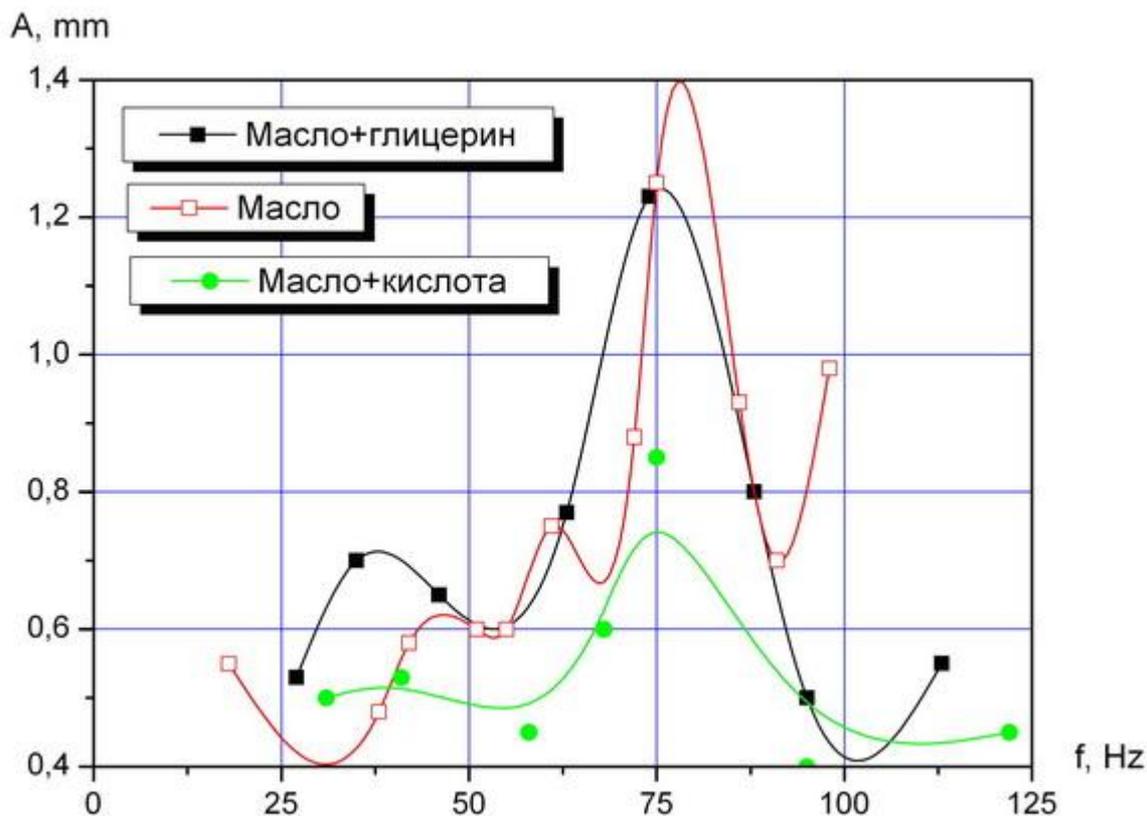


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика амортизатора с различными магнитными жидкостями и постоянной напряженности магнитного поля

Таким образом, обоснована гипотеза о целесообразности применения амортизирующих опор с управляемыми демпфирующими свойствами.

Литература:

1. Кутенев, В.Ф. Виброактивность двигателей с переменной степенью сжатия и рабочим объемом [Текст] / В.Ф. Кутенев, И.А. Яманин, А.И. Яманин // Двигатели и экология: Сб. науч. тр. – М.: Изд-во НАМИ, 2007. – Вып. 238. – С. 136-143.
2. Яманин, И.А. Моделирование переходного процесса перемены степени сжатия в поршневом двигателе [Текст] / И.А. Яманин, А.И. Яманин, А.В. Жаров // Образование и наука в региональном развитии. Материалы научно-практической конференции. – Ч. 1. Рыбинск, РГАТА, 2008. – С. 43-49.
3. Такетоми, С. Магнитные жидкости [Текст] / Такетоми, С. , Тикадзуми С. – М.: Мир, 1993. - 272 с.
4. Пат 2068513 Российская Федерация, МПК F16F 6/00. Регулируемый магнито-реологический амортизатор [Текст] / Коломенцев А.В., Кордонский В.М., Прохоров И.В.; заявитель и патентообладатель Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН – № 93037841/28; заявл. 1993.07.23; опубл. 1996.10.27.
5. Пат 2354867 Российская Федерация, МПК F16F 6/00, F16F 9/53, F16F 9/504. Динамический гаситель [Текст] / Яманин И.А., Калаева С.З., Макаров В.М., Яманина Н.С., Ерехинская А.Г.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный технический университет» – № 200744950/11; заявл. 03.12.2007; опубл. 10.05.2009, бюл. № 13. – 5 с.