

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМПФИРОВАНИЯ В МАТЕРИАЛЕ МР

Высокие упругие и демпфирующие свойства материала МР поставили его в ряд наиболее перспективных материалов, применяемых в широком классе амортизирующих и демпфирующих устройств.

Моделирование процессов, определяющих взаимодействие витков спиралей в МР, и, следовательно, его упруго-демпфирующие характеристики, рассмотрено в работах [1], [2]. В предлагаемой статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований МР, направленных на разработку модели расчета рассеяния энергии в нем.

Представим материал МР в виде определенного количества упругих балочных элементов, взаимодействие которых осуществляется в виде сил нормального давления и трения в точках контактирования. Вследствие деформации упругих элементов в этих точках возникает смещение, на которых силами трения совершается работа рассеяния.

Для простоты решения примем силу Q , деформирующую материал МР, параллельной направлению прессования Y . Жесткость упругого элемента в направлении, нормальном к его оси в точке контакта, обозначим через C_{ni} . Тогда жесткость элемента в направлении Y будет

$$C_{yi} = C_{ni} \sin^2 \alpha_i,$$

где α_i - угол ориентации упругого элемента, т.е. угол между касательной к оси этого элемента в точке приложения силы Q_i , деформирующей элемент, и направлением оси Y .

Коэффициент пропорциональности между деформацией y_i элемента и силой его неупругого сопротивления определится выражением

$$Q_{yi} = f C_n \sin \alpha_i \cos \alpha_i,$$

где f - коэффициент трения проволок.

Цикл деформации этого элемента записывается как изменение суммы сил упругого P_i и неупругого T_i сопротивлений дефор-

$$Q_i = P_i \pm T_i = C_{\psi_i} \psi_i \pm \theta_{\psi_i} \psi_i.$$

Коэффициент рассеяния энергии ψ_i элемента, определенный в виде отношения циклической работы силы трения к потенциальной энергии цикла:

$$\psi_i = 2 f \operatorname{ctg} \alpha_i.$$

Силы упругого и неупругого сопротивлений деформации материала МР определяются как результирующие соответствующих составляющих сил отдельных элементов. Они зависят как от схемы соединения элементов (последовательного и параллельного), так и от характеристик самих элементов. Коэффициент же рассеяния энергии материала определяется средним значением коэффициентов рассеяния энергии деформируемых элементов, т.е. их ориентацией относительно направления действующей силы и коэффициентом трения проволок.

Такое представление рассеяния энергии в МР является неполным, так как оно не отражает зависимости коэффициента рассеяния энергии от деформации. Эта зависимость определяется влиянием ориентации элементов на процесс образования зазоров между ними, а, следовательно, на программу их нагружения.

МР при одноосном прессовании подвергается большим деформациям в направлении прессования. В нормальных же к нему направлениях X деформации материала отсутствуют. Вместе с этим упругие элементы, составляющие МР, существенно деформируются как в направлении Y , так и в направлениях X . После снятия силы прессования и извлечения детали из прессформы размеры детали в результате упругого восстановления элементов увеличиваются в направлении Y и почти не меняются в направлениях X . Изменение размеров по оси Y определяются суммированием упругих деформаций в этом направлении, в силу их однонаправленности при прессовании. В направлениях осей X деформации упругих элементов при прессовании МР имеют хаотическую направленность. Положительно и отрицательно направленные относительно X деформации элементов взаимно компенсируются. Это, с одной стороны, определяет несущественное изменение размеров МР

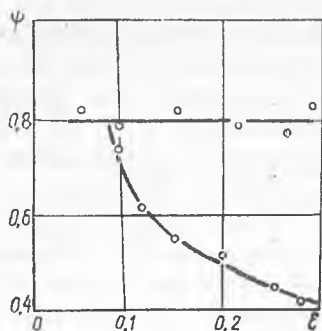
по осям X , с другой — неизменность зазоров между упругими элементами по этим осям. Таким образом, зазоры между упругими элементами определяются упругими составляющими деформаций этих элементов только в направлении оси Y . С увеличением χ_i эти зазоры возрастают, а коэффициенты рассеяния энергии, при контактировании элементов, в соответствии с выражением (4), уменьшаются.

При деформировании МР нагружаются сначала элементы с меньшими, а затем с большими зазорами. Поскольку элементы с меньшими зазорами обладают большими коэффициентами рассеяния энергии, то при увеличении деформаций коэффициент рассеяния с МР уменьшается.

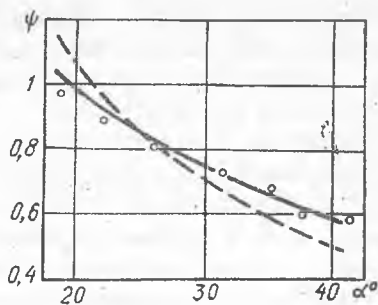
Экспериментальное исследование влияния ориентации элементов на рассеяние энергии в МР выполнено на образцах из МР с упорядоченной структурой, в которой углы ориентации элементов χ_i одинаковы по всему объему материала и могут быть приняты независимыми от деформации. Такая структура реализуется у образцов в виде втулок, полученных намоткой спирали в заготовку виток к витку на центральный стержень, палец прессформы. Образцы в виде втулок с основанием 30x10 мм изготовлены из проволоки Х18Н10Т диаметром 3,7 мм. Шаг вытяжки спирали изменяется от образца к образцу от 3,7 мм до 9,25 мм, что соответствует изменению угла ориентации элементов от 19° до 41° . Испытания заключались в снятии деформационных циклов пульсирующего сжатия и определении коэффициентов рассеяния в функции деформации. В качестве коэффициента рассеяния принято отношение циклической работы сил трения к работе упругих сил цикла. Работа упругих сил определена в виде полусуммы работ процессов нагрузки и разгрузки.

На рис. 1, в качестве примера, приведены зависимости коэффициентов рассеяния энергии от относительной деформации для МР с хаотической и упорядоченной структурой. Эти зависимости убедительно подтверждают вывод о том, что изменение коэффициента рассеяния энергии в МР по деформации определяется влиянием ориентации упругих элементов на программу их нагружения.

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента рассеяния энергии от угла ориентации элементов: экспериментальная и рассчитанная по выражению (4) при $f = 0,4$. Некоторое отличие экспериментальных значений от расчетных определяется тем, что не удается изготовить образцы с полностью однородной упорядоченной структурой. Приведенные на рис. 2 зависимости показывают, что величина коэффициента



Р и с. 1. Зависимость коэффициента рассеяния энергии от относительной деформации; ● - хаотическая структура; ○ - упорядоченная структура



Р и с. 2. Зависимость коэффициента рассеяния энергии от угла ориентации

рассеяния энергии в МР в большой степени определяется угловой ориентацией упругих элементов относительно направления силы, действующей на МР.

Выводы

1. Независимость коэффициентов рассеяния МР с рассматриваемой упорядоченной структурой от деформации дает основания считать, что коэффициент рассеяния МР с хаотической структурой изменяется по деформации вследствие влияния ориентации упругих элементов на образование зазоров в контактах и на программу нагружения элементов.

2. Теоретические и экспериментальные исследования МР с упорядоченной структурой показывают, что диссипативные свойства МР определяется только ориентацией составляющих его упругих элементов и коэффициентом трения проволок.

3. Предложенная зависимость $\psi = 2f \operatorname{ctg} \alpha$ для расчета коэффициента рассеяния МР с упорядоченной структурой при известных из эксперимента ψ и α дает возможность определить значение коэффициента трения проволок, реализуемое в МР.

Л и т е р а т у р а

1. С о х ф е р А.М. О расчетной модели материала МР. Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов: Труды КуАИ - Куйбышев, 1967, вып. XXX.

2. С о х ф е р А.М., Ш а й м о р д а н о в Л.Г. Расчетная схема материала МР: Материалы научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. - Куйбышев: КуАИ, 1970, ч. 2.

УДК 621.438

И.Д.Эсипи, Д.К.Новиков, В.Б.Балыкин

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛИННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ДЕМПФЕРОВ С УЧЕТОМ ПОСАДКИ НА ОГРАНИЧИТЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ

В последнее время гидродинамические демпферы с выдавливанием пленки смазки (ДВП) для опор роторов ГТД находят все большее применение как у нас в стране, так и за рубежом. Появилось много работ, посвященных теоретическому и экспериментальному исследованию таких устройств. В работе [1] приведена методика расчета коротких ДВП, где показано, что такие демпферы имеют предельную величину относительного дисбаланса, именно:

$$U = \frac{\mu}{M\delta} = \frac{\Delta}{\delta},$$

где μ - размерный дисбаланс; M - масса ротора, приходящаяся на опору; δ - величина демпферного зазора; Δ эксцентриситет центра масс вибратора.

Превышение этой величины приводит к срыву характеристик демпфера. Ориентировочно критическое значение дисбаланса $\mu_{кр} = 0,3$. Повысить это значение можно увеличением демпферного зазора. Однако в коротких ДВП это приводит к резкому уменьшению демпфирующей способности, из-за чего также может возникнуть срыв характеристик.