

Полагая известными демпфирующие характеристики кольцевых элементов и используя энергетические соотношения, получаем выражение для оценки демпфирования в этой упругой системе на резонансе.

Полученное выражение позволяет исследовать влияние демпфирования в диске, ободе, лопатке и поясе связей, а также влияние жесткостей связи и их расположения на демпфирующую способность упругой системы при различных числах волн и форм колебаний и выбрать оптимальные параметры демпфера, чтобы он обеспечил ограничение амплитуд резонансных напряжений в лопатках заданным уровнем на данной форме колебаний.

В заключение приводятся результаты расчета по выбору оптимального демпфера для лопаток рабочего колеса компрессора.

И. Д. Эскин, Ю. Н. Лапшов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАКЕТОВ ПЛАСТИН С СУХИМ ТРЕНИЕМ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

В работе приведены результаты статических, динамических и ресурсных испытаний многослойных пакетов пластин.

Экспериментально исследовались многослойные пакеты, сжатые распределенной сдвливающей нагрузкой, полученной за счет выпрямления пакета гофров, либо пакета лент корытообразного сечения с различными граничными условиями (заделка, свободные концы, заделка с некоторой податливостью) и нагруженные сосредоточенной переменной силой, приложенной в центре пролета. Число пластин в пакетах менялось в пределах $n=7-51$, толщина пластин $h=0,2-0,4$ мм, длина пролета $e=8-35$ мм и относительная толщина накладки $\kappa=2 \frac{h_n}{h}$ в пределах $2-12,5$. Здесь h_n — толщина накладки, h — толщина пластины.

Величина сдвливающей нагрузки изменялась в широком диапазоне путем изменения числа гофрированных лент в пакете. В результате проведенных статических испытаний с помощью метода наименьших квадратов получены эмпирические зависимости коэффициента поглощения $\Psi = \frac{\Delta W}{W}$ и средней относительной жесткости $\gamma = \frac{C_{cp}}{C_{in}}$ от относительной амплитуды силы $\eta = \frac{P}{T}$ для отдельных участков этих кривых.

Здесь ΔW — энергия, поглощенная пакетом пластин за цикл; $W = \frac{PV}{2}$, где P — амплитудное значение силы, V — амплитудный прогиб пакета; C_{cp} — средняя жесткость пакета; C_{in} — жесткость расслоенного пакета; T — обобщенная сила трения в пакете пластин.

Получены экспериментальные зависимости величины сдвливающей нагрузки от числа гофрированных лент в пакете, высоты и шага гофров, толщины лент и длины пролета, дающие возможность вести конструктивный расчет подобных демпферов.

Затем подобраны полуэмпирические функции $\Psi(\eta)$ и $\gamma(\eta)$, полностью описывающие соответствующие зависимости и лучше, чем эмпирические, отражающие качественные свойства многослойных пакетов. Они с точностью до 2% совпадают на каждом участке с эмпирическими кривыми.

Проведено сравнение реальной конструкции с идеальной теоретической моделью — многослойным пакетом, сжатым равномерно

распределенной нагрузкой, и определена область хорошего совпадения (до 10%) экспериментальных зависимостей $\psi(\eta)$ и $\gamma(\eta)$ с теоретическими (при $\eta > 2$).

Показано, что для любого заданного η зависимости коэффициента поглощения ψ и относительной средней жесткости γ от числа пластин n являются асимптотическими функциями, значение которых очень мало меняется с ростом числа пластин n , начиная с $n=17$. Кроме того, экспериментально показано, что совместное приложение постоянной и циклической сил не изменяет зависимостей $\psi(\eta)$ и $\gamma(\eta)$, полученных при действии на пакет только одной циклической силы.

Исследовано влияние величины местной сдвигавляющей нагрузки в зонах опор пакета p . В результате установлено, что зависимость рассеянной циклической энергии $\Delta W(p)$ и амплитудного значения силы $P(p)$ при постоянном перемещении $V=\text{const}$ являются асимптотическими функциями.

Причем величина p^* , начиная с которой функции $\Delta W(p)$ и $P(p)$ меняются слабо, мала и может быть обеспечена простейшими средствами.

В динамическом эксперименте исследовались вынужденные колебания массы, подвешенной на многослойном пакете. Получены экспериментальные зависимости амплитуд колебаний массы от частоты при различных перегрузках. Сравнение экспериментальных резонансных значений динамического коэффициента усиления колебаний $\mu=f(\eta)$ с расчетными, полученными методом, предложенным Я. Г. Пановко, показало хорошее совпадение экспериментальных и теоретических результатов. В расчете использовались указанные выше полуэмпирические зависимости $\psi(\eta)$ и $\gamma(\eta)$.

Значительное несовпадение (в пределах 50%) наблюдалось в зоне очень малых амплитуд (меньше 0,05 мм) ввиду большой ошибки измерения.

Таким образом, доказана возможность применения предложенной методики для расчета многослойных пластинчатых демпферов.

Результаты ресурсных испытаний позволили представить качественную картину процессов, проходящих в многослойном пакете пластин при наработке, а также построить зависимости коэффициента поглощения энергии ψ и средней жесткости $C_{\text{ср}}$ от числа циклов и установить базовое число циклов наработки при условии сохранения жесткостных, демпфирующих и прочностных свойств пакета в определенных, заранее заданных пределах.

Кроме того, даны рекомендации для выбора оптимальных настроек демпфера, обеспечивающих максимальный ресурс с заданными характеристиками. Исследовано влияние жидкой смазки на повышение ресурса и надежности многослойного пакета пластин. Необходимо отметить, что ресурсные испытания велись при постоянных перемещениях.

И. Д. Эскин, Ю. К. Пономарев

ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ МНОГОСЛОЙНОГО МНОГОПРОЛЕТНОГО КОЛЬЦЕВОГО ДЕМПФЕРА С СУХИМ ТРЕНИЕМ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

В работе решена задача о поперечном изгибе многослойного многопролетного кольцевого демпфера. Демпфер представляет собой кольцевой пакет, состоящий из нечетного числа n одинаковых прокладок и двух одинаковых накладок, имеющих на внешних сторонах выступы. До