

Количество точек контакта витка с соседними определено по выражению для упругого восстановления, в левую часть которого поставлены значения упругих восстановлений, найденные экспериментально.

Проверка полученных результатов на образцах из проволоки различных материалов и диаметров показала удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных значений упругих восстановлений.

Некоторые расхождения теоретических и экспериментальных значений сил упругого сопротивления деформации объясняются отличием условий на поверхности изделия при определении количества точек контакта по упругому восстановлению и при определении сил упругого сопротивления.

Кроме того, теоретически упругое восстановление витка в изделии определяется нами упругим прогибом балки при фиксированном количестве точек контакта. Практически, в силу сложного нагружения, при пластических деформациях процесса прессования упругое восстановление определяется суммой упругих восстановлений нескольких балок при различном количестве точек контакта витка.

В выражение для расчета сил упругого сопротивления деформации введен постоянный поправочный коэффициент для компенсации отклонений, допущенных при определении количества точек контакта.

В. П. Иванов, В. А. Фролов

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕМПФЕРА ДЛЯ ЛОПАТОЧНЫХ ВЕНЦОВ ТУРБОМАШИН

В практике турбостроения встречаются различного рода связи, объединяющие лопатки в единую циклическую систему. Иногда эти связи бывают демпферными. Обычно при расчете таких систем полагают, что связи ориентированы в окружном направлении, нерастяжимы и работают только на изгиб и кручение. Поэтому несомненный интерес представляет исследование вибрационного состояния лопаточных венцов в более общем случае, когда связи прикрепляются в любой точке сечения лопатки, ориентированы между лопатками произвольным образом, работают на сжатие, изгиб и кручение. Кроме того, эти связи являются демпферами.

Рассматривается линейная упругая система, состоящая из диска, обода, лопаток, дискретных демпферов, установленных между лопатками произвольным образом и работающих на сжатие, изгиб, кручение. Предполагается, что эта система обладает циклической симметрией с порядком, равным числу лопаток. Упруго-гистерезисные характеристики линейного демпфера заданы относительно продольной оси демпфера и относительно главных осей инерции сечения этого демпфера. В демпфере отсутствует связанность между деформациями изгиба, кручения и сжатия. Задача решается методом волновых динамических жесткостей.

Упругая система разбивается на отдельные кольцевые элементы: диск, обод, лопатки, пояс связи, для которых известны матрицы волновых динамических жесткостей. Используя динамические характеристики этих элементов, а также матрицы переноса, последовательно присоединяя каждый кольцевой элемент, находят матрицу волновых динамических жесткостей системы. Далее определяются уравнения частот и форм колебаний системы. При этом считается, что демпфирование не влияет на формы колебаний упругой системы.

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