

тая конструкция становится теоретически непроницаемой. Предельные значения длин пористых образцов зависят, в основном, от средней пористости, степени опрессовки, фактора формы.

Л и т е р а т у р а

1. П а в л о в с к а я Е.И., Ш и б р я е в Б.Ф. Металлокерамические фильтры.-М.:Недра, 1967. - 164 с.

Б е л о в С.В. Пористые металлы в машиностроении.-М.:Машиностроение, 1981. - 247 с.

3. С т а р о д о м с к и й М.В. и др. Гидравлические характеристики пористых волокнистых материалов.- В сб.: Теплофизика и теплотехника.- АН УССР, 1970, с.16-18. Вып.16.

4. И з ж е у р о в Е.А., Б е л о у с о в А.И. Некоторые особенности течения жидкостей в материале МР. - В сб.: Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов.- Куйбышев: КуАИ, 1976, с.28-32.

5. Б е л я н и н П.Н., Ч е р н е н к о Ж.С. Авиационные фильтры и очистители гидравлических систем.-М.:Машиностроение, 1964.- - 294 с.

6. П и ц у г и н Д.Ф., Ш а й м о р д а н о в Л.Г. Влияние формы и объема изделия из МР на его упруго-демпфирующие характеристики.-В сб.:Вибрационная прочность и надежность двигателей летательных аппаратов.- Куйбышев: КуАИ, 1977, с.20-24.

УДК 621.378.9:658.562

О.А.Журавлев, В.П.Кабанова, А.И.Федосов, Л.И.Федосова

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ВИБРООПОР МЕТОДОМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Традиционные методы экспериментального исследования колебаний виброопор (датчики, щупы, песочные фигуры) не могут с достаточной точностью дать распределение амплитуд смещений точек рабочей поверхности.

Более достоверные результаты могут быть получены с помощью метода голографической интерферометрии, в котором амплитуды сме-

щений измеряются с точностью порядка длины волны излучения лазера.

В литературе высказывались сомнения в надежности голографического метода измерения смещений, особенно при расфигуровке голограмм, основанной на простом отсчете интерференционных полос.

Представляет интерес сравнение экспериментальных результатов голографической интерферометрии с теоретическими расчетами по методу Кирхгофа колебаний плоских дисков, являющихся моделью вибропоры.

Нормальные колебания для круглой пластинки в полярных координатах имеют вид [1]

$$\xi_n = B [J_n(kr) + \gamma J_n(ikr)] \sin(n\varphi + \beta) \sin(\omega t + \alpha), \quad (1)$$

где

$$k = \sqrt{\frac{12\rho(1-\mu^2)\omega^2}{Eh^2}}; \quad (2)$$

J_n - функция Бесселя первого рода n -го порядка; ξ_n - смещение точек пластинки; ρ - плотность вещества пластинки; μ - коэффициент Пуассона; ω - циклическая частота колебаний; E - модуль Юнга; h - толщина пластинки; n - целое число.

Константы B , γ , β , α определяются начальными и граничными условиями. Система узловых линий описывается двумя уравнениями

$$\sin(n\varphi + \beta); \quad (3)$$

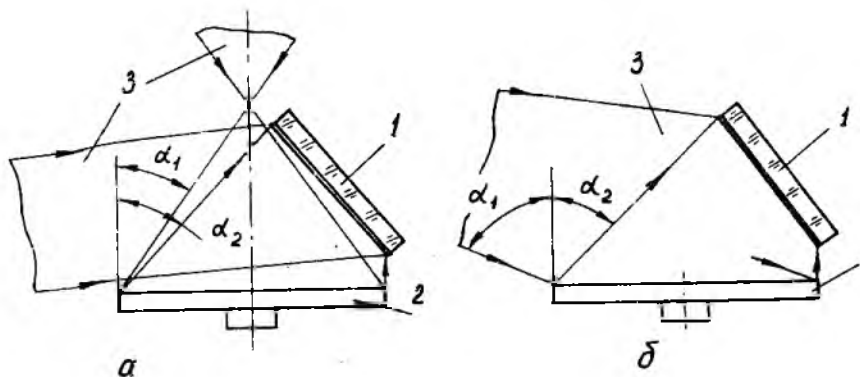
$$J_n(kr) + \gamma J_n(ikr) = 0. \quad (4)$$

Уравнение (3) дает положение узловых диаметров, число которых равно n , а уравнение (4) - положение узловых окружностей.

Теоретическое распределение амплитуды по пластинке (1) можно сравнить с экспериментальными результатами, полученными голографическим методом, что и являлось целью настоящей работы.

Оптическая схема для регистрации голограмм была смонтирована на базе установки УИГ-22.

Рабочий стол догружался балластными плитами для увеличения инерционности и жесткости. Голографические интерферограммы рабочей поверхности пластины записывались с помощью обычных двух- и однолучевой оптических схем (рис.1).



Р и с. 1. Голографический интерферометр с двухлучевой (а) и однолучевой (б) схемами: 1 - зеркало; 2 - диск; 3 - лазерные пучки

Обладая различной чувствительностью, схемы позволяли исследовать амплитуды колебаний до 4 мкм без стробирования излучения лазера и повышали достоверность результатов.

Интерферограммы регистрировались на фотопластинках "Микрат ВРД" и для обработки переснимались на фотопленку КН-2. Максимальное число регистрируемых интерференционных полос было равно 13-15.

Принципиальная блок-схема возбуждения колебаний и контроля резонансных характеристик пластины приведена на рис.2.

Напряжение с выхода звукового генератора 1 подавалось на вход усилителя 2 и затем на пьезокерамический вибратор 3. Частота колебаний пластины контролировалась с помощью частотомера 5, энергия возбуждения - вольтметром 6. Максимальная величина исследуемых частот определялась полосой пропускания усилителя и составляла 17,5 кГц при напряжении 100-110 В.

Значения резонансных частот колебаний определялись с помощью наблюдения интерференционной картины в реальном времени. Сравнение этих результатов с данными традиционных методов (механического щупа, песочных фигур) показало на тождественность информации об узловых линиях при колебаниях пластин.

Усредненные во времени голограммы применялись для детального изучения амплитудного распределения колебаний. Яркость изображения при этом, как известно, определяется квадратом функции Бесселя

первого рода нулевого порядка

$$I \sim J_0^2 \left[\frac{2\pi}{\lambda} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) A \right], \quad (5)$$

где λ - длина волны; A - амплитуда колебаний; α_1 и α_2 - соответственно угол освещения и угол наблюдения относительно рабочей поверхности пластины (см. рис.1).

В используемой методике величина амплитуды колебаний может быть определена, если известно направление смещения. Но колебания пластин происходят с малой амплитудой и касательные составляющие смещения малы по сравнению с нормальными, поэтому расшифровка интерферограммы сводится к подсчету числа ℓ темных полос на интерферограмме, отделяющих интересующую точку от линии максимальной яркости (узловой линии), с последующей обработкой по формуле (при $\ell \geq 5$) [2]

$$A = \frac{\ell \lambda}{2(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)}. \quad (6)$$

Исследовались колебания пластины, имеющей форму диска с наружным диаметром 120 мм и толщиной 10 мм. Колебания диска возбуждались контактным способом пьезокерамическим вибратором, установленным на оси диска.

В диапазоне исследуемых частот от 5 до 17 кГц наблюдалось до пяти резонансных колебаний. Устойчивых типов колебаний было два: на частоте $f_1 = 7,8$ кГц и $f_2 = 15,9$ кГц.

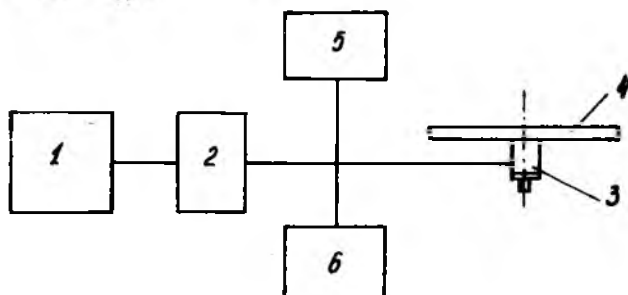
Интерференционная картина колебаний, полученная на частоте f_1 , имела форму с радиальными узловыми линиями.

На частоте f_2 интерферограммы имели вид концентрических окружностей почти правильной формы. Максимальную амплитуду колебаний точек поверхности диска на частоте определить не удалось в силу известного ограничения метода исследований на допустимую величину амплитуды. Оценивая число интерференционных полос по скорости их сужения, можно заключить, что на частоте f_1 максимальная амплитуда составляла не менее 5,5 мкм. Величина амплитуды в центре диска на частоте f_2 достигала 4 мкм.

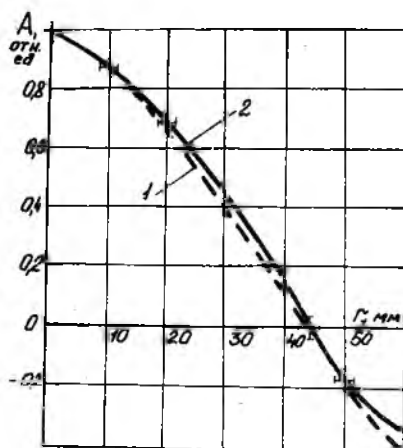
Поскольку на диске наблюдалась одна узловая окружность ($m=1$, $n=0$), то распределение амплитуды по диску задается уравнением

$$A = B \left[J_0 \left(\pi \frac{r}{R} \right) + \gamma J_0 \left(i \pi \frac{r}{R} \right) \right], \quad (7)$$

где $f = \frac{J_0(\pi \frac{r_0}{R})}{J_0(i\pi \frac{r_0}{R})}$; r_0 - радиус узловой окружности.



Р и с. 2. Блок-схема возбуждения колебаний: 1 - звуковой генератор ГЗ-56; 2 - усилитель УМ-50А; 3 - пьезовибратор ЦС-19; 4 - диск; 5 - частотомер ЧЗ-35; 6 - вольтметр



Р и с. 3. Зависимость амплитуды колебаний A от текущего радиуса r диска: 1 - экспериментальная кривая; 2 - теоретическая зависимость

На рис.3 представлены результаты, полученные экспериментально для частоты $f_0 = 15,9$ кГц и вычисленные по формуле (7). Расходимость теоретического и экспериментального графиков зависимости амплитуды колебаний от текущего радиуса диска не превышала 10 %.

Следует указать на возможность применения голографической интерферометрии для технологического контроля и дефектоскопии пластинок, имеющих форму диска. На резонансной частоте даже для низших форм колебаний пластин получаемая интерферограмма чувствительна к отклонениям

от допусков на геометрические размеры.

Дефекты, возникающие в процессе эксплуатации (скол или пробой пьезоэлемента, усталостные трещины), легко выявляются по из-

менению картины интерференционных полос.

Полученные результаты позволяют утверждать, что голографический метод исследования колебаний плоских пластин, выполненных в виде диска, дает достаточную для технических приложений точность результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Б а б а к о в И.М. Теория колебаний.-М.:Наука, 1965. - 559 с.

2. О с т р о в с к и й Ю.И., Б у т у с о в М.М., О с т р о в с к а я Г.В. Голографическая интерферометрия.-М.:Наука, 1977.- 336 с.

УДК 532.517.6

А.Г.К о н е в

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА В ПРЕРЫВАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ СИРЕННОГО ПУЛЬСАТОРА

Технические возможности стендов для частотных испытаний гидравлических элементов и систем, точность результатов испытаний в значительной мере определяются характеристиками генераторов колебаний жидкости (пульсаторов). Наиболее широко в стендах для частотных испытаний используются генераторы сиренного типа.

Проектирование прерывающего элемента сиренного генератора предполагает решение двух основных задач: 1) определение максимального значения площади проходного сечения прерывающего элемента; 2) определение закона изменения площади проходного сечения прерывающего элемента по углу поворота ротора (профилирование прерывающего элемента).

Успешное решение этих задач возможно только при наличии данных о величине и характере изменения коэффициента расхода жидкости при периодическом изменении площади проходного сечения.

Несмотря на широкое применение аппаратов и устройств различного назначения, в которых реализуется течение жидкости через