

УДК 531.7

## ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ НА ОДИНОЧНОМ СПЕКЛЕ

Лимов М.Д., Осипов М.Н., Сергеев Р.Н.

Самарский университет, г. Самара, Россия, maiklim@mail.ru

*Ключевые слова:* спекл-интерферометрия, вибрация, собственные колебания, резонансная кривая, логарифмический декремент колебаний.

Обеспечение вибрационной прочности является важнейшей задачей при разработке и создании изделий в аэрокосмической отрасли. Одной из основных задач при этом, во многом определяющей прочность и долговечность элементов конструкций, является определение их вибрационных характеристик – в первую очередь определение их собственных частот и форм колебаний. Для исследования вибрационных процессов используются разнообразные, как контактные, так и бесконтактные, методы исследования. Среди них можно выделить спекл-интерферометрию [1, 2].

Отраженное рассеянное когерентное лазерное излучение от объекта образует в пространстве сложную интерференционную картину, называемую спекл-структурой. Смещение объекта приводит к изменению спекл-картины. По динамике образовавшейся сложной интерференционной картины можно определить амплитуду вибрационных смещений с точностью меньше чем длина волны, используемого лазерного излучения [1-3].

В ранней работе одного из авторов [4] предложен способ исследования виброакустических сигналов на основе спекл-интерферометрии одиночного спекла, образованного за счёт рассеянного лазерного излучения от исследуемой конструкции.

На основе этих работ разработана оптическая схема спекл-интерферометра позволяющего одновременно регистрировать форму колебаний с помощью видеокамеры и с помощью точечного фотодетектора амплитуду колебаний с высокой точностью. Анализ поведения выходного сигнала с фотодетектора, показывает, что форма выходного сигнала с точечного фотодетектора зависит как от амплитуды колебания исследуемой поверхности, так и от расположения точечного фотодетектора в начальный момент времени исследований относительно максимального и минимального значения интенсивности спекла. При больших амплитудах резонансных колебаний выходной сигнал с точечного фотодетектора состоит из осциллирующих пакетов. Количество осцилляций внутри пакета соответствует величине полной амплитуде резонансных колебаний исследуемой точки поверхности. Следовательно, измеряя полное количество отклонений от положения равновесия в осциллирующем пакете, можно определить полную амплитуду колебаний в исследуемой точке поверхности. На рис. 1 представлена фотография с видеокамеры формы колебаний металлической мембраны, возбуждённой на одной из резонансных частот, а на рис. 2 представлена типичная осциллограмма выходного сигнала с точечного фотодетектора.

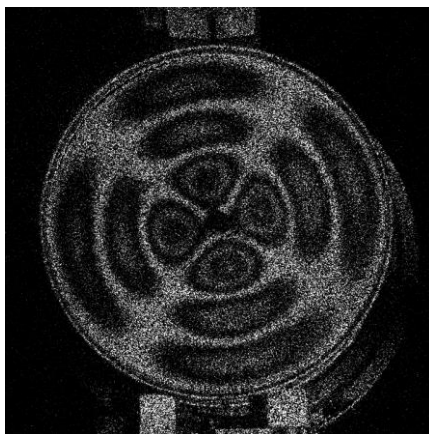


Рис. 1. Фотография формы колебаний мембраны

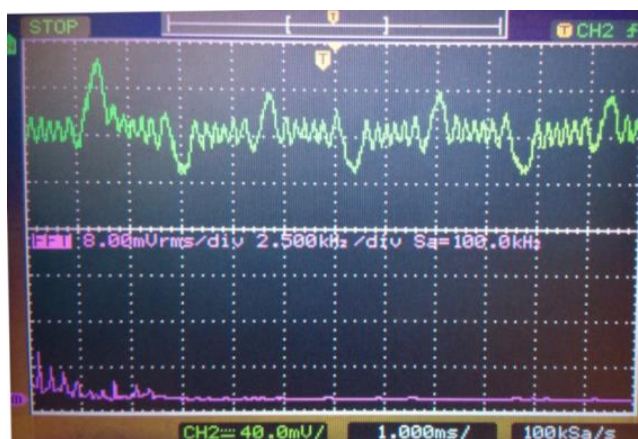


Рис. 2. Осциллограмма выходного сигнала фотодетектора

Одним из основных методов измерения динамических характеристик элементов конструкций является резонансный метод. По резонансной кривой определяют логарифмический декремент колебаний испытываемой конструкции. По логарифмическому декременту колебаний определяют другие параметры затухания колебаний конструкции.

Построение резонансной кривой и измерение динамических характеристик на основе спекл-интерферометрии на одиночном спекле осуществляется в следующей последовательности.

На первом этапе производится поиск и регистрация форм и частот резонансных колебаний исследуемой конструкции. На втором этапе, определив амплитуду колебаний на резонансной частоте, изменения частоту возбуждающего сигнала, аналогично определяют амплитуды колебаний на околорезонансных частотах. По полученным данным строят резонансную кривую по которой определяют логарифмический декремент и другие динамические характеристики испытываемой конструкции – коэффициент затухания, добротность колебательной системы и др. Данные результаты являются основой при определении прочности и долговечности элементов конструкций. Следует особо отметить, что предлагаемый метод спекл-интерферометрии на одиночном спекле позволяет построить резонансную кривую с высокой точностью и в реальном времени.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 21-1100346 и Федерального проекта «Информационная безопасность» национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» – соглашение № 40469-43/2021-К.

### Список литературы

1. Франсон, М. Оптика спеклов: пер. с англ. / М. Франсон. – М.: Мир, 1980.
2. Jones, R. Holographic and Speckle Interferometry / R. Jones, C. Wykes // Cambridge: University Press, 1989.
3. Yamaguchi, I. Speckle and computers / I. Yamaguchi // Optics and Lasers in Engineering. – 2003. – Vol. 39(4). – P. 411-429.
4. Osipov, M. Determination of frequency characteristics of mechanical constructions in real time by speckle interferometry / M. Osipov, N. Sharafutdinov, Y. Sheglov, I. Falileev, M. Fedina // Procedia Engineering. – 2015. – 106. – P. 224-230.

### Сведения об авторах

Лимов Михаил Дмитриевич, аспирант, оптические методы измерений физических величин.

Осипов Михаил Николаевич, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой, оптические методы измерений физических величин.

Сергеев Роман Николаевич лаборант, оптические методы измерений физических величин.

### **MEASUREMENT OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF STRUCTURES BY THE SPECKLE INTERFEROMETRY ON SINGLE SPECKLE**

Limov M.D., Osipov M.N., Sergeev R.N.

Samara University, Samara, Russia, maiklim@mail.ru

*Keywords: vibration, natural frequency, resonance curve, logarithmic decrement, speckle interferometry.*

This paper presents the results related to the use of a speckle interferometer on a single speckle to determine the natural frequencies and forms of vibrations, as well as vibration displacements during resonant vibrations of constructions. Theoretical and experimental studies of the behavior of the output signal from the point photodetector of the speckle interferometer on a single speckle have shown that when studying the natural vibrations of constructions, the output signal consists of oscillating packets. The number of oscillations inside the oscillating packets is proportional to the total amplitude of the natural vibrations. The total amplitude of the oscillations inside the oscillating packets is determined by the optical scheme of the speckle interferometer on single speckle, and is equal to a quarter of the wavelength of the laser radiation used. Consequently, the number of oscillations inside the packet determines the value of the total amplitude vibration. Thus, by measuring the amplitude at resonant and near-resonant frequencies, a resonant curve is constructed by which the logarithmic decrement and other frequency characteristics of the constructions are determined. These results are the basis for determining the strength and durability of constructions.