



Литература

1. Орлов С.П. Техническая диагностика электронных блоков по тепловым полям элементов/С.П.Орлов, Е.А.Ахполова// Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016): труды Международной научно-технической конференции/под ред.С.А.Прохорова - Самара: Изд. Самарского научного центра РАН, 2015. - С.139-142.

2. Orlov S.P. Intelligent measuring system for testing and failure analysis of electronic devices/S.P. Orlov, A.N. Vasilchenko//2016 XIX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), IEEE Conference Publications. V.1. P.401-403. Publisher: IEEE Xplore, 2016.

3. Орлов С.П. Метод термографии при контроле электронной аппаратуры авиационной техники/С.П.Орлов, О.Ю. Уютова// Наука и образование транспорту: труды IX Международной научно-практической конференции. Том 2. – Самара: СамГУПС, 2016. - С. 70-71.

М.Н. Осипов¹, Р.Н. Сергеев²

«СЭНДВИЧ» СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королёва¹)
(АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»²)

При решении различных задач механики основным критерием истинности существующих математических моделей остаются экспериментальные методы. При этом высокий потенциал современных численных методов анализа напряженно-деформированного состояния позволил вывести эксперимент на новый качественный уровень. Например, так, стало возможным ставить более корректно задачу экспериментального исследования, а также интерпретировать его результаты [1].

Одним из широко используемых методов когерентной оптики для определения полей перемещений при деформировании элементов конструкций является метод спекл-интерферометрии, поскольку он менее зависим от нестабильности оптической системы по сравнению с голографической интерферометрией. Нестабильность оптической системы приводит к потере информации.

Чувствительность спекл-интерферометрии к определению величины перемещения зависит от размеров спекл-структуры, которая определяется параметрами используемой оптической системы при записи субъективной спекл-структуры, т.е. числовой апертурой оптической системы. Увеличение числовой апертуры оптической системы приводит к уменьшению размеров регистрируемой спекл-структуры и, следовательно, к увеличению чувствительности спекл-интерферометрии. Однако, с другой стороны, увеличение числовой апертуры оптической системы приводит к требованию использования высококачественной оптики, так как при таких параметрах начинают существенным образом



сказываться аберрации оптической системы, которые приводят к искажению регистрируемой информации. Теоретические и экспериментальные исследования принципов работы оптических приборов показали, что наличие в них кольцевых апертурных диафрагм позволяет повысить разрешающую способность зеркальных телескопов и объективов [2].

Для записи спекл-интерферограмм используется оптическая схема с нормальным падением и отражением предметного лазерного луча и наклонным падением опорного лазерного луча. Для записи процесса деформирования элементов конструкций использовался стандартный метод двух экспозиций. Регистрация сфокусированного объекта осуществляется одновременно на две совмещенные фотопластинки, образующие так называемый «сэндвич». «Сэндвич» спекл-фотографии исследуемых поверхностей снимаются при различных внешних условиях – нагрузках. Комбинация «сэндвичей» из различных партий позволяет отследить динамику напряженно-деформируемого состояния поверхности.

В работе представлены результаты исследований по применению «сэндвич» спекл-интерферометрии с функцией зрачка в виде кольцевой апертурной диафрагмы и голографической интерферометрии сфокусированных изображений для определения полного поля перемещений при деформировании элементов конструкций.

В оптическую схему регистрации спекл-фотографий в плоскость входного зрачка оптической системы внесена кольцевая диафрагма [3]. При двухэкспозиционном методе на фотопластинках регистрируется одновременно две спекл-картины: спекл-картина поверхности недеформированного объекта и спекл-картина поверхности деформированного объекта, где каждая точка объекта смещается на величину L_i (i – номер исследуемой точки объекта) относительно начального состояния. Эти две независимые спекл-картины в пространстве изображений смещены на величину mL_i (где m - увеличение оптической системы), образуя на фотопластинке сложную дифракционную решетку – спеклограмму с модуляцией по косинусоидальному закону, которая и несет информацию об изменениях, проходящих с поверхностью объекта.

Для расшифровки спеклограмм используется метод Юнга. В этом случае, «сэндвич» фотопластинки, с зарегистрированной спеклограммой, освещаются узким лазерным лучом с диаметром $2r$. Распределение интенсивности света, дифрагированного на спеклограмме лазерного луча, рассматривается в Фурье-плоскости, то есть рассматривается случай дифракции Фраунгофера. Тогда комплексная амплитуда световой волны в дальнем поле определяется как Фурье-образ амплитудного пропускания спеклограммы [3].

Если фотопластинки в «сэндвиче» не смещены относительно друг друга в их плоскости, то при сканировании узким лазерным пучком образуются стандартные полосы Юнга, период и направление которых определяют величину и направление смещения в сканируемой точке. Так как записанные «сэндвич» спекл-фотографии образуются за счет сфокусированного изображения исследуемого объекта, то сканируемая точка на «сэндвич» спекл-фотографии точно



соответствует точке на поверхности исследуемого объекта. Таким образом, сканирование всего сфокусированного изображения позволяет определить поле перемещений исследуемого деформируемого объекта. Величина смещения в исследуемой точке определяется хорошо известным выражением:

$$|L_i| = \frac{\lambda d}{mp_i}, \quad (1)$$

где p_i – период полос в i точки исследуемой поверхности объекта. Направление смещения ортогонально к направлению периода полос Юнга.

Таким образом, данный способ позволяет определить компоненты деформаций в плоскости исследуемого объекта. Отметим, что предложенный метод "сэндвич" для записи и расшифровки спеклограмм позволяет исключить смещение исследуемого объекта как целого. Для получения полного значения компонент деформаций необходимо произвести расшифровку голографических интерферограмм сфокусированных изображений.

С целью автоматизации процесса получения и расшифровки спеклограмм вместо фотопластинки предлагается применять ПЗС-матрицу, при этом спеклограмма, также будет представлять распределение интенсивности спекл-поля. Для этого необходимо, чтобы регистрируемая спекл-структура уверенно разрешалась ПЗС-матрицей – размеры спеклов должны в несколько раз превышать размеры пикселей ПЗС-матрицы. При использовании линзовой схемы записи фурье-спеклограммы это достигается путем уменьшения размера объекта-источника спекл-модулированного поля, и использования линзы с достаточно большим фокусным расстоянием f [4,5].

Литература

1. Разумовский, И.А. Экспериментальный анализ нелинейных динамических процессов с использованием оптико-интерференционных методов/И.А. Разумовский, И. Н. Одинцев//Вестник научно-технического развития.– 2012.– №8(60).– С. 35-56.
2. Борн, М. Основы оптики/ М. Борн, Э. Вольф. – М.:Главная редакция физико-математической литературы издв-ва «Наука». - 1973. – 720 с.
3. Осипов, М.Н. Применение кольцевой апертурной диафрагмы в спекл-интерферометрии/М.Н. Осипов, М.Ю. Шапошников// Компьютерная оптика. – 2002. - №24. – С. 110-113.
4. Горбатенко, Б.Б. Пространственный спектр (дифракционное гало) фурье-спеклограммы рассеивающего объекта/ Б.Б. Горбатенко, А.А. Гребенюк, Л.А. Максимова, В.П. Рябухо//Компьютерная оптика. – 2009. – Т.33,№1. – С. 43-51.
5. Горбатенко, Б.Б. Спекл-фотография и голографическая интерферометрия с цифровой записью дифракционного поля в фурье-плоскости/ Б.Б. Горбатенко, А.А. Гребенюк, Л.А. Максимова, О.А. Перепелицына, В.П. Рябухо//Компьютерная оптика. – 2010. – Т.34,№1. – С. 69-81.