

УДК 535-1/-3 В67

## Использование спекл-голографической интерферометрии для регистрации компонент деформаций авиационных конструкций

Вэй Хлэйн У, Ньян Мин Хтет, Тун Мин Лат, Волков И.В.

Рассматриваются возможности использования методов голографической спекл-интерферометрии для регистрации компонент деформации натурной конструкции самолета. Излагаются особенности методики. Приведен пример регистрации компонент деформаций.

Использование голографической интерферометрии при испытании натуральных конструкций позволяет лучше понять действительную работу элементов конструкции, оценить влияние заложенных геометрических и жесткостных параметров, выявить дефекты и концентрацию напряжений и т.п. [1] Ниже показана эффективность ее использования при исследовании жесткости работы соединительных элементов конструкции и выявлении концентрации напряжений при статических испытаниях элемента натурной конструкции крыла самолета. Голографическая интерферометрия позволяет регистрировать напряженно-деформированное состояние на этапах нагружения вплоть до разрушения, это является одним из больших достоинств нового мощного метода анализа. [1,2,4,5]

Ранее [1] была показана возможность регистрации компонент деформации натуральных элементов конструкции и образцов с помощью методов спекл-голографии при испытании их в промышленных условиях.

В данной работе были проведены исследования по применению голографических методов для регистрации напряженно-деформированного состояния части натурной конструкции элемента крыла самолета при статических испытаниях.

Разработанная ранее [1,4,5] методика внестеновой регистрации голограмм при испытании натуральных образцов и элементов конструкций на испытательных машинах позволила применить спекл-голографический метод при статических испытаниях натурной конструкции самолета. В развитии ранее описанной методики [1] источником освещения – (оптический квантовый генератор), использовался полупроводниковый лазерный модуль. При этом производилась тщательная виброзащита оптической схемы регистрации (рис.1).

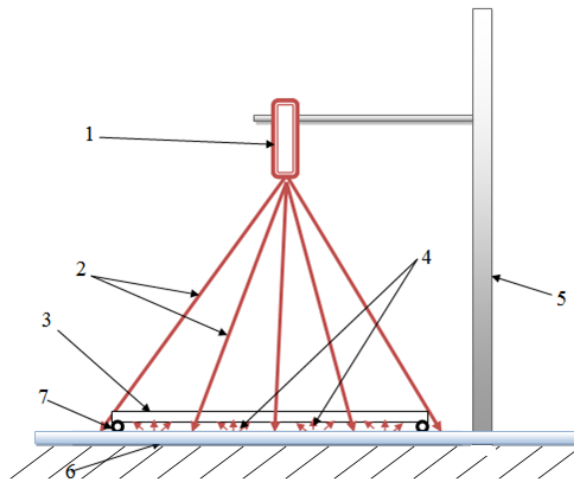


Рис.1. Оптическая схема регистрации спекл-голограмм во встречных пучках: 1) Полупроводниковый лазер, 2) Опорный луч, 3) Спек-голограмма, 4) Дифракционная волна объекта, 5) Жесткий штатив, 6) Объект, 7) Липучка

Регистрирующая оптическая схема жестко крепится на исследуемой части конструкции самолета с помощью оптической скамьи или жесткой рамы.

На оптической скамье также жестко располагался расширитель пучка, которым обычно является микролинза. Диаметр высвечиваемого места конструкции был в пределах 150 мм. Деформации и перемещения объемной конструкции имеют все компоненты в пространстве.

Падающая волна от расширителя интерферирует с диффузно-отраженной волной от объекта в поле регистрирующей фотопластинки высокого разрешения. Таким образом, фотопластинка регистрирует микроинтерференционную картину во встречных пучках и после соответствующей обработки обладает всеми обычными свойствами голограмм. Кроме того, эти голограммы обладают свойством восстанавливать изображение не только в когерентном свете, но и в обычном белом (полихроматическом). При этом при малой усадке фотоэмульсии восстанавливается четкое изображение на волне, использованной при регистрации, т.е. такие голограммы обладают памятью к регистрируемой волне. Как показывает эксперимент, получение этих голограмм в условиях статических испытаний натурной конструкции самолета является вполне разрешимой задачей.

Метод получения спекл-голограмм во встречных пучках обладает возможностью, регистрировать все компоненты деформации конструкции. Но, вследствие достаточно высокой чувствительности метода, составляющей порядка десятых долей микрометра на полосу, обычно регистрируется или преобладающее направление перемещения, или направление деформирования, определяемое геометрией освещающей оптической схемы.

При направлениях освещения и наблюдения, близких к нормали поверхности, как это было в данном эксперименте, косинусы углов близки к 1, поэтому на интерферограмме фиксируется только нормальное к поверхности перемещение.

$$U_{\lambda} = \frac{\lambda}{2}$$

Цена полосы при этом составляет 0,3 мкм при использовании лазера с длиной волны излучения  $\lambda=0,6328$  мкм. Таким образом, данный метод может быть использован в простейшем случае для регистрации нормальной компоненты деформации поверхности объекта при изгибе.

Другим интерферометрическим методом, позволяющим регистрировать деформации и перемещения в плоскости исследуемого объекта, является метод оптической фильтрации спекл-голограмм. Подробно этот метод был рассмотрен ранее [1]. Метод не отличается сложностью и может быть использован при испытании натуральных конструкций. Метод позволяет выделять при расшифровке различного направления плоские компоненты тензора деформации поверхности объекта. Конечно, трудностей конкретного применения этих методов еще очень много, несмотря на всю их простоту. Основной проблемой их использования является жесткость привязки регистрирующей оптической схемы к деформируемому объекту исследования.

Приведем пример регистрации деформаций в лабораторных условиях на элементе крыла самолета натурной конструкции.

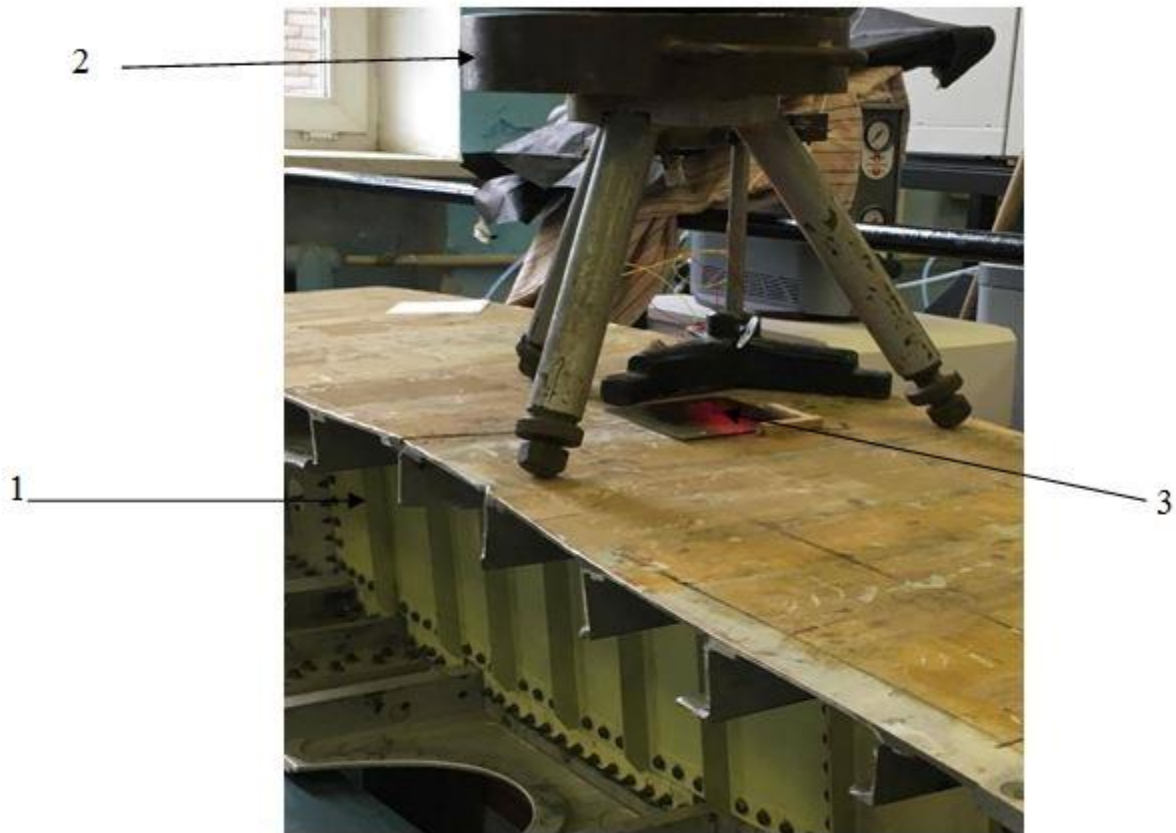


Рис. 2 Голографическая установка на натурной конструкции крыла самолета

1- Элемент конструкции крыла самолета(объект) 2- нагрузочное устройство 3- стекл-голограмма

Регистрирующая оптическая схема жестко крепилась на элементе крыла натурального самолёта с помощью жёского штатива.Регистрирующая оптическая схема состоит из полупроводникового лазерного модуля, освещающего расширенным пучком исследуемое место объекта, и высокоразрешающей фотопластинки ПФГ 03М. Спекл-голограмма регистрируется на фотопластинке с временем экспозиции 10 с на двух этапах между нагружением конструкции.

Экспонированная фотопластинка обрабатывалась в проявителе ГП 3.После сушки фотопластинки производилась расшифровка спек-голограмм двойной экспозиции На рис-3 представлена интерферограмма нормалной компоненты деформации, отслеживающей изгиб поверхности элементо конструкции

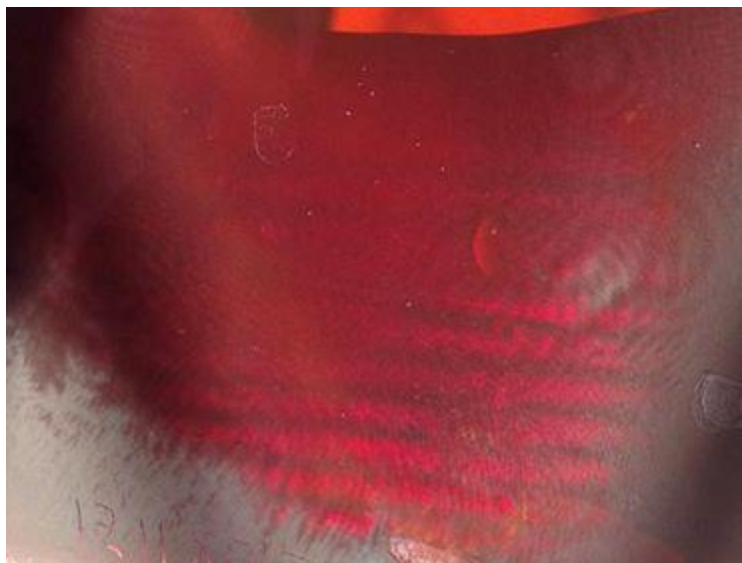


Рис.3 Интерферограмма нагруженной конструкции

По интерферограмме можно судить о жесткости болтового соединения работы конструкции. Плоские компоненты деформации были меньше разрешимого предела пространственных частот дифракционного ореола спекл-голограммы, поэтому их выделить не удалось.

На приведенной интерферограмме наблюдается изгибная компонента поверхности крыла.

#### Выводы

Таким образом, наличие в арсенале экспериментатора-механика рассмотренного метода позволяет полностью решить задачу регистрации деформации поверхности натурной конструкции в пространстве на этапах нагружения.

#### Л и т е р а т у р а

1. *И.В.Волков* Спекл-голография в экспериментальной механике // ПензаПГТА.- 2010.-199с.
2. *Островский Ю.И.* Голография и ее применение.// - Л.:Наука. -1973. - 180с
3. *Денисюк Ю.Н.* Журн. технич. физики.//- 1975. -т.XLV. -№12. с.2574.
4. *Волков, И.В.* Использование голографических методов для регистрации деформаций конструкции самолета // Труды ЦАГИ. – 1976. – Вып. 1810. – С. 17-27.
5. *Волков, И.В.* Исследование механики деформаций натуральных образцов с концентраторами методом Спекле голографии – Материалы 6 Всесоюзной Школы по голографии. //– Л.: АН СССР, 1974. – С. 369-382.
6. *Archbold E., Ennos A.E.* Displacement measurement from double exposure laser photographs.-Optica Acta,/- 1972.-vol.19.-N.4.- p. 253-271.