**ВИДЕОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НОРМАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛА**

**Копотева К.А., Кулеш В.П.**

***Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского***

***140180, Россия, г. Жуковский, Московская область, ул. Жуковского, д.1***

Исследование механических свойств элементов конструкций требует измерения в большом числе точек распределенных по поверхности деформаций образца. Такие измерения может обеспечить бесконтактный оптический метод цифровой видеограмметрии. Суть метода заключается в определении трех координат X,Y,Z точки объекта в пространстве по двум координатам u,v образа этой точки на цифровом изображении [1–2]. Его преимущества по сравнению с традиционным методом тензометрии – это бесконтактность, панорамность (одновременное измерение в большом числе точек), высокое пространственное и временное разрешение, а также относительно низкая стоимость проведения эксперимента [3]. Существуют несколько вариантов реализации данного метода. Наиболее встречаемые – метод с нанесением нерегулярной мелкомасштабной структуры пятнышек на поверхность и метод с регулярным расположением маркеров, однако, существенным недостатком первого является его невысокое пространственное разрешение.

Таким образом, в настоящей работе рассматриваются возможности метода видеограмметрии с регулярным расположением маркеров и отслеживанием смещений всех маркеров в процессе деформации как отдельных точек. Особенность метода заключается в том, что для измерений деформации поверхности достаточно только одной цифровой камеры, что дает преимущество при исследованиях в сложных условиях ограниченности окружающего пространства. Более того, метод позволяет проводить исследования деформирования элементов конструкций с предварительными повреждениями (трещины, удары). Погрешность измерений нормальных отклонений точек поверхности не превышает 0.1 мм.

Эффективность метода продемонстрирована при исследованиях местной потери устойчивости цилиндрической панели обшивки фюзеляжа пассажирского самолета из алюминиевого сплава и при исследованиях поврежденных натурных плоских панелей кессона крыла перспективного самолета из полимерного композиционного материала при нагружении их до разрушения. Во всех случаях получено поле нормальной деформации поверхности, имеющее характерную волновую форму, содержащую основные моды с чередующимся знаком нормальных отклонений. В одном из испытаний применены две измерительные системы, регистрирующие одновременно нормальные деформации двух противоположных поверхностей обшивки панели. Это дало возможность получить количественную картину утолщения обшивки в процессе развития ее расслоения в зоне ударного повреждения.

Таким образом, будет показано, что видеограмметрический метод с регулярной сеткой маркеров обладает высокой точностью, удобен в применении и может использоваться для широкого круга задач, связанных с деформациями поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кулеш В.П., Фонов С.Д.** Измерение параметров движения и деформации модели самолета в аэродинамической трубе методом видеограмметрии. // Ученые записки ЦАГИ. 1998. Т. XXIX, №1–2. С. 165–176.
2. **Кулеш В.П.** Бесконтактные измерения геометрических параметров формы, движения и деформации объектов в экспериментальной аэродинамике // Датчики и системы. 2004. №3. С. 22–27.
3. **Д.Дэлли, У.Райли.** Тензодатчики. – В сб. «Экспериментальная механика» под редакцеей Б.Н.Ушакова. – М.: Мир, 1990. С.78–80.