

Измерения деформации крыла с упругими органами управления в потоке аэродинамической трубы Т-104 методом видеограмметрии

В.П. Кулеш^{1,2}, М.В.Бусарова², Г.Е.Швардыгулов², К.А.Курулюк²

1Московский физико-технический институт (государственный университет)

2Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Предметом исследований в области аэродинамики и прочности летательных аппаратов являются процессы, характеризующиеся большим или даже очень большим числом степеней свободы. Для их описания создаются многопараметрические числовые математические модели. Верификация этих числовых моделей экспериментом тоже должна проводиться по большому числу измерений или измерений с высокой плотностью точек. Одними из перспективных методов измерений с высокой плотностью точек являются оптико-физические методы исследования, основанные на использовании самых современных средств оптики, цифровой регистрации изображений, методов математического анализа и численной обработки изображений.

Одним из направлений оптико-физических методов является видеограмметрия, предназначенная для бесконтактных измерений распределенных геометрических параметров формы, положения, движения и деформации объектов, в первую очередь таких, непосредственный доступ к которым затруднен или нежелателен.

Видеограмметрическая система была разработана для данного проекта. Она включала четыре оптических канала. Каналы 1 и 2 были предназначены для измерения смещений точек верхней и нижней поверхностей крыла по схеме с одной камерой. Каналы 3 и 4 были предназначены для измерения деформации верхней поверхности устройства морфинга методом стереометрии (рисунок 1).

Суть метода видеограмметрии заключается в определении трех координат x, y, z точки объекта в пространстве по двум координатам u, v проекции этой точки на цифровом изображении. Приемный объектив камеры осуществляет центральную проекцию точек объекта на плоскость фоточувствительной матрицы. В качестве центра проекции выступает главная точка объектива.

На верхней и нижней поверхностях крыла координата z считалась неизменной. Определялись смещения Δx и Δy всех точек.

На поверхности устройства морфинга переменными считались все координаты. Поэтому возможны были определения смещения Δx , Δy и Δz по всем трем координатам.

Погрешность бесконтактных измерений включает в себя инструментальную погрешность видеogramметрической системы и технологические погрешности, связанные с условиями испытаний в аэродинамической трубе.

Оценки инструментальной погрешности измерений (стандартные отклонения) дали для каналов 1 и 2 значения около 0.1 0.2 мм по координате x и 0.2 0.3 мм по координате y. Для стереосистемы (каналы 3 и 4) инструментальная погрешность оценивается величиной, не превосходящей 0.1 мм.

Получены практически важные результаты исследований деформации упругих элементов механизации крыла пассажирского самолета: предкрылка, закрылка и устройства морфинга.

Литература

1. Кулеш В.П., Фонов С.Д. Измерение параметров движения и деформации модели самолета в аэродинамической трубе методом видеogramметрии. // Ученые записки ЦАГИ. –1998. т. XXIX–№1– 2. –С.165– 176.
2. Burner A.W., Tianshu Liu. Videogrammetric model deformation measurement technique. // J. of Aircr., 2001. 38. 4, pp. 745-754.
3. Кулеш В.П.. Бесконтактные измерения геометрических параметров формы, движения и деформации объектов в экспериментальной аэродинамике. // Датчики и системы. – 2004. №3. – С. 22– 27.
4. Bosnjakov S.M., Kulesh V.P., Fonov S.D. et al. Videogrammetric system for studying of movement and deformation of real– scaled helicopter rotor blades.// SPIE. – 1999. Vol. 3516, 0277 – 786X/99, Part One, P.196– 209.
5. Иншаков С.И., Кулеш В.П., Мошаров В.Е., Радченко В.Н. Videogramметрический метод бесконтактных измерений мгновенной деформации лопастей вращающихся воздушных винтов. // Ученые записки ЦАГИ. – 2013. Т. XLIV, №4.– С. 72– 79.
6. В.П. Кулеш. Измерения деформации адаптивной носовой части крыла в потоке аэродинамической трубы методом видеogramметрии. // Ученые записки ЦАГИ. 2014. Т. XLV, №6. – С. 100-109.