

УДК 62-181.1

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ, ВНОСИМЫХ МЕТОДАМИ И АЛГОРИТМАМИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Печенин В. А., Грачев И. А., Болотов М. А., Рузанов Н. В.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

В составе оболочковых форм и прочих сборочных единиц авиационных двигателей и энергетических установок могут присутствовать маложесткие детали. Такие детали могут иметь значительное отклонение формы как в свободном, так и в собранном состоянии. К таким деталям относятся маложесткие кольца. Сопряжение маложестких колец при установке в авиационные двигатели осуществляется по плоским и цилиндрическим поверхностям. В свободном состоянии маложесткие кольца имеют сравнительно высокое допустимое отклонение от круглости, которое составляет величину более 1 мм. Контроль данного вида деталей после изготовления достаточно сложен, так как отклонения от круглости в свободном состоянии вызывает значительные погрешности измерения радиуса и ошибки при прогнозировании сборки их в составе сборочных единиц и агрегатов. На современных производствах детали измеряются на координатно-измерительных машинах, на которых контроль радиусов и отклонений осуществляется с помощью вписывания в массив измеренных точек элемента «окружность» по методу наименьших квадратов. Для снижения влияния отклонения формы можно использовать специальную дорогостоящую оснастку или же снижать погрешность программным методом и с применением специальных методик измерения.

В настоящей работе рассматривается методика оценки погрешности определения геометрических параметра «радиус» изготовленного фигурного кольца для газодинамического демпфера с дросселирующими канавками [1, 2] при измерении на координатно-измерительной машине. Этапы методики представлены в виде блок-схемы на рисунке 1.

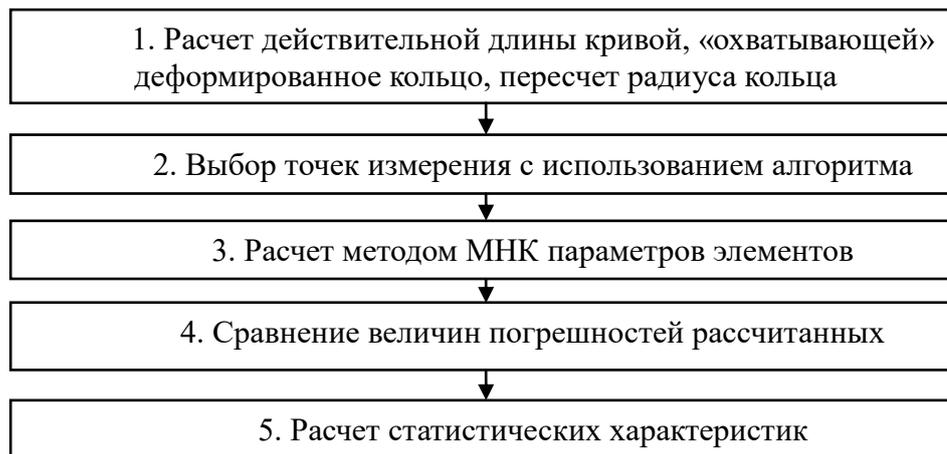


Рис. 1. Блок-схема методики оценки радиуса маложесткого кольца

Контроль кольца производится на координатно-измерительной машине DEA Global Performance 07.10.07 с использованием сканирующего датчика SP600. Отклонение от круглости фигурного кольца [3] в сборке составило 0,056 мм., в свободном состоянии 0,872 мм. При этом в состоянии сборки отклонение формы

представляет собой отклонение от закрепления в трехлапчатом патроне, повторяющее отклонение внешнего кольца, а в свободном состоянии эллипсность.

На рисунке 2 представлены внешнее и фигурное кольца, входящие в сборку гидродинамического демпфера. Соединение деталей производится с натягом.

Для оценки действительного радиуса фигурного кольца использовался подход, основанный на использовании расчета длины окружности при помощи сплайновой интерполяции массива измеренных точек [4]. При этом предварительно производилась фильтрация измеренных данных [5] для снижения случайных погрешностей измерений. Для оценки возникающих погрешностей измерения параметра «радиус» использовался метод Монте Карло. Были проведены численные эксперименты, в которых изменялось количество точек контроля: 6, 8, 15 и 30. Имитация выборок точек основана на алгоритмах, приведенных в работе [6] и производилась на точках сплайна. Моделирование каждого эксперимента проводилось 10000 раз. Оценка радиуса осуществлялась с использованием заменяющего элемента «окружность» и «эллипс». Найденные значения сравнивались с принятой за эталон величиной, рассчитанной с использованием сплайнов.



Рис. 2. Измерение геометрии деталей для экспериментов а – сборка внешнего и фигурного кольца; б – фигурное кольцо в свободном состоянии

Для полученных значений погрешностей расчета радиуса рассчитывались математические ожидания μ и среднеквадратические отклонения σ . Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Математическое ожидание и среднеквадратические отклонения погрешностей измерения радиуса в экспериментах

Количество точек	6 точек измерения		8 точек измерения		15 точек измерения		30 точек измерения	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Статистическая характеристика								
Эллипс	-0,0004	0,0068	0,0003	0,0024	0,0003	0,0008	0,0002	0,0003
Окружность	-0,0016	0,0223	-0,0012	0,0141	-0,0010	0,0056	-0,0012	0,0020

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование заменяющего элемента «Эллипс», по сравнению с элементом «Окружность» при измерении радиуса позволяет снизить погрешность измерения при контроле по

равному количеству точек. Использование заменяющего элемента «Эллипс» предпочтительно при количестве измеряемых точек менее 30.

Таким образом, использование подходящего заменяющего элемента позволяет более достоверно рассчитывать радиус кольца с меньшей трудоемкостью, а так же прогнозировать качество сборки в соединении с внешним кольцом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы». Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57815X0131.

Библиографический список

1. Дилигенский, Д. С. Расчёт коэффициента демпфирования упругих колец с рабочей жидкостью [Текст]/ Д. С. Дилигенский, Д.К. Новиков // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2015. – Т. 14. – № 3, ч. 2. – С. 327-335.
2. Пат. № 860566 Российская Федерация, МПК7 F16F 15/04. Гидродинамический демпфер / Эскин И.Д., Белоусов А.И., Новиков Д.К. [и др.]; заявл. 09.07.1979; опубл. 20.03.2001.
4. Захаров, О. В. Анализ методов оценки круглости деталей подшипников [Текст] / О. В. Захаров, А. А. Королев, А. И. Склярова // Измерение, контроль, информатизация: материалы междунар. науч.-техн. конф. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. – С. 51-55.
3. Чевелева, А. О. Повышение эффективности контроля маложестких колец газотурбинных двигателей по их информационным моделям [Текст] / А. О. Чевелева, Н. Д. Проничев // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. – Т. 15. – №6 (4). – С. 1004-1008.
4. Pechenin, V.A. Determination of the bilateral filter's parameters for the analysis of surface geometry deviations [Text]/ V. A. Pechenin, M. A. Bolotov, E. R. Stepanova // CEUR Workshop Proceedings, 2016. – V. 1638. – P. 386-392.
5. Чевелева, А.О. Имитационные алгоритмы генерации разреженных выборок контролируемых точек при координатных измерениях [Текст] /А.О. Чевелева, М.А. Болотов//Региональная научно-практическая конференция, посвящённая 50-летию первого полёта человека в космос. Самара, 14-15 апреля 2011г.: тезисы докладов. – Самара: Издательство Самар, гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 298 с.