

УДК 629.7.036, 004.942

РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ИЗМЕРЕНИЙ В «УМНЫХ» ФАБРИКАХ БУДУЩЕГО

© Балякин Д.М., Печенин В.А., Болотов М.А.

e-mail: dimulya.balyakin@mail.ru, gdi@ssau.ru

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

При выполнении измерений параметров объекта неизбежно возникают погрешности измерений, которые имеют место в действительных моделях. По этой причине важной задачей является рассмотрение процесса измерения интересующих параметров, присущих погрешностей и путей их снижения. Действительные модели могут описывать геометрические, механические, физические, химические и другие параметры описываемого объекта. В качестве рассматриваемых объектов могут выступать: заготовки, детали, сборочные единицы, изделие, технологические объекты и др. Важными рассматриваемыми геометрическими параметрами объектов в авиационных двигателях являются: форма поверхностей; параметры расположения; отклонения формы и расположения; случайные и систематические погрешности.

Важными рассматриваемыми физическими параметрами объектов в авиационных двигателях являются центр масс, главная центральная ось инерции, распределение масс по объёму рассматриваемых объектов. В работе рассматриваются проблемы создания геометрических действительных моделей, поскольку геометрия изделия оказывает значительное влияние на его показатели качества.

Действительная модель объекта, отражающая его геометрические параметры, может быть сформирована на основе измерений и обработки их результатов. Значимую роль в создании действительных моделей объектов занимают алгоритмы и процедуры обработки измеренных данных. В общем виде последовательность создания геометрических действительных моделей на основе информации, получаемой с использованием координатных средств измерений, может быть представлена в следующем виде:

$$X_k \xrightarrow{F_{t,c}} RM. \quad (1)$$

где X_k – измеренные данные, полученные с использованием координатных средств измерений, представленные в виде координат точек поверхностей объектов либо других параметров;

F – функция, выполняющая формирование действительных геометрических моделей на основе измеренных данных O ;

t, C – соответственно трудоёмкость и стоимость создания действительной модели RM .

Создание геометрических действительных моделей на основе результатов измерений является процессом, включающим несколько основных этапов. Функцию F можно представить как сложную функцию включающую ряд последовательных функций:

$$F = f_n(\dots f_3(f_2(f_1(O)))\dots), \quad (2)$$

где f_1, f_2, f_3, f_n – соответственно функции 1, 2, 3 и n -го этапов обработки данных при создании действительных геометрических моделей.

На первом этапе создания действительных моделей объектов выполняется подготовка измеренного массива координат точек поверхностей в следующей последовательности: 1) предварительная обработка измеренных данных; 2) фильтрация [1]; 3) создание полигональной модели. Содержание предварительной обработки

зависит от используемого средства измерения. При измерении на координатно-измерительных машинах величина погрешностей при фильтрации составляет до 50% от величины случайной погрешности, то есть достигают 1,5 мкм.

В ходе второго этапа выполняется предварительное математическое базирование с целью определения собственной системы координат измеряемого объекта, которое включает: аппроксимацию измеренных координат точек поверхностей заменяющими геометрическими элементами; формирование последовательности трансформации систем координат в соответствии со схемой базирования объекта и трансформация системы координат. Погрешности базирования вносят до 7 мкм в общую погрешность.

На третьем этапе создания действительных 3D моделей объектов выполняется формирование поверхностей деталей посредством аппроксимации или интерполяции измеренных массивов координат точек поверхностей посредством сплайнов в виде профилей или поверхностей [2].

Четвёртый этап создания действительных 3D моделей включает оценку отклонения формы и расположения поверхностей [3], в том числе сложнопрофильных, а также уточнение базирования. Выполняется, главным образом, для объектов, имеющих сложнопрофильные поверхности, которые задаются конструктором относительно систем координат, включающих в себя совокупность осей и начальных точек.

В процессе выполнения пятого этапа проводится уточнение базирования и рассчитанных геометрических параметров исходя из функционального назначения объекта [4]. Выполнение пятого этапа позволяет учесть функциональные и конструкторские особенности измеряемых изделий, возникающие в процессе сборки и эксплуатации изделий, которые выявляются в ходе анализа конструкции и выполняемых функций объекта.

Заключительный шестой этап предназначен для проверки достоверности созданной действительной модели. Выполнение повторных измерений и сравнение их результатов с созданной действительной моделью объекта позволит оценить погрешности создания поверхностей. Приведенные этапы создания действительных 3D моделей объектов характеризуются повышением значимости измерений отдельных координат точек поверхностей, а также обработки результатов измерений при создании действительных моделей объектов.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках стипендии Президента Российской Федерации (номер СП-262.2019.5).

Библиографический список

1. 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.
2. Печенин, В.А. Модель и программный модуль для прогнозирования погрешностей координатных измерений в NX OPEN API [Текст]/ В.А. Печенин, Н.В. Рузанов, М.А. Болотов // Сборник трудов IV Международной конференции и молодёжной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018). – 2018. – С. 1454-1460.
3. Печенин, В.А. Повышение точности оценки отклонения расположения в координатных измерениях профилей лопаток компрессора и турбины ГТД [Текст]/ В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов // Вестник СГАУ, 2014. – № 5-3 (47). – С. 202-211.
4. Печенин, В.А. Исследование неопределённостей измерений геометрических параметров профилей лопаток компрессора газотурбинного двигателя [Текст]/ В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов, М.В. Янюкина // Вестник СГАУ, 2016. – Т.15, № 2. – С.162-170.