

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М.А. Болотов, Н.В. Рузанов, И.А. Грачев, И.А. Щербаков
Научный руководитель: к.т.н. М.А. Болотов
Самарский университет,
Россия, г. Самара, Московское ш., 34, 443086
E-mail: maikl.bol@gmail.com

Одним из наиболее ответственных и важнейших этапов изготовления авиационных ГТД, является этап сборки. Названный этап в значительной степени влияет на качество и стоимость изделий. Трудоемкость узловой и общей сборки в серийном производстве авиационных двигателей составляет до 25% всей трудоёмкости изготовления изделий, а уровень автоматизации процесса сборки равен нулю. К выполнению сборочных работ привлекаются специалисты наивысшей квалификации, что определяет высокую стоимость работ. Требуемая точность наиболее значимых сборочных параметров достигается на условиях неполной взаимозаменяемости методами компенсации и пригонки. Перспективным направлением совершенствования технологии сборочных работ является использование технологии виртуальной сборки, основанной на компьютерном моделировании для прогнозирования собранного состояния изделий [1,2]. Трудоёмкость сборки ответственных сборочных единиц можно сократить до 50 % за счёт использования компьютерного моделирования взамен метода нецелесообразных проб и ошибок. Кроме того, использование компьютерного моделирования позволяет повысить точность сборочных параметров.

На результат сборки изделий влияют множество факторов, среди которых можно выделить несколько наиболее значимых:

- действительная геометрия узлов, используемых при сборке;
- погрешности взаимного расположения данных узлов перед началом сборки, а также погрешности самого процесса сборки.

Разработанная методика моделирования включает следующие основные этапы.

1. Измерение деталей, используемых при сборке ротора. Измерение производится на координатно – измерительной машине, результаты работы сохраняются в базу данных.

2. Создание 3D моделей деталей на основе их номинальной формы и результатов измерения. Данная операция выполняется в собственном программном обеспечении Solid Generator, позволяющем накладывать отклонение формы и расположения к номинальной модели.

3. Создание управляющего скрипта, для автоматического расчета процедуры сборки

4. Запуск программный комплекс конечно-элементного моделирования [3,4] ANSYS Workbench и выполняется моделирование соединений деталей сборочной единицы в соответствии с параметрами управляющего скрипта.

5. Экспорт и анализ результатов моделирования

Методика позволяет отказаться от множества повторных сборок и разборок сборочного узла при поиске оптимального углового положения деталей в собранном изделии. Данное обстоятельство существенно снижает трудоёмкость самой сборки и способствует повышению точности авиационных ГТД.

Объектом моделирования является турбина низкого давления, которая включает в себя трастовое кольцо, проставку, два диска с лопатками и вал турбины низкого давления. Соединение вала, проставки и диска [5] оказывает существенное влияние на величину радиального биения лопаточного венца относительно оси вращения турбины, так как в процессе сборки будет происходить деформация элементов, по сопрягаемым поверхностям, что повлияет на биение лопаточного венца. Внешний вид рабочего окна программы ANSYS, содержащий разработанную компьютерную модель сборки ротора турбины низкого давления (ТНД), приведен на рисунке 1.

При моделировании процесса сборки учитывались геометрические отклонения формы и расположения сопрягаемых поверхностей детали проставка. Величина и знак действительных отклонений были выявлены в ходе выполнения сбора и статистической обработки данных, полученных на основе производственной практики. В ходе моделирования оценивались торцевые и радиальные биения контрольной поверхности дисков третьей и четвертой ступеней. Полученные в ходе

экспериментов торцевые и радиальные биения, позволяют спрогнозировать оптимальное положение ротора при сборке. Было проведено два эксперимента, представленных в таблице 1.

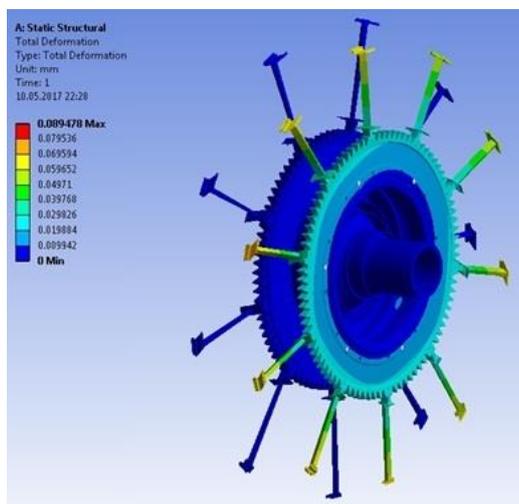


Рис. 1. Внешний вид результатов моделирования сборки ротора ТНД в программе ANSYS

Таблица 1 – Параметры проведения экспериментов и результаты исследований

Геометрические отклонения		Вариант модели	
		1	2
Закладываемые	Отклонение формы, мм	Овальность поверхность Д 0,01	Неплоскостность поверхности П 0,01
	Отклонение расположения, мм	-	Смещение по оси ОУ на 0,01 относительно поверхности Д
Расчётные	Торцевое биение по поверхности В, мм	0,03	0,037
	Радиальное биение по поверхности D, мм	0,016	0,024

Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о значительном влиянии геометрических параметров отклонения формы и расположения на величину торцевые и радиальные биения контрольной поверхности дисков третьей и четвертой ступеней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. B. Schleich, S. Wartzack. Approaches for the assembly simulation of skin model shapes, Computer-Aided Design. 65 (2015) 18–33.
2. L. Homri, E. Goka, G. Levasseur, J. -Y. Dantan. Tolerance analysis – Form defects modeling and simulation by modal decomposition and optimization, Computer-Aided Design. 91 (2017) 46–59.
3. N. Anwer, B. Schleich, L. Mathieu, S. Wartzack. From solid modelling to skin model shapes: Shifting paradigms in computer-aided tolerancing, CIRP Annals - Manufacturing Technology. 63 (2014) 137–140.
4. B. Schleich, N. Anwer, L. Mathieu, S. Wartzack. Status and Prospects of Skin Model Shapes for Geometric Variations Management, 14th CIRP Conference on Computer Aided Tolerancing (CAT). Procedia CIRP. 43 (2016) 154 – 159.
5. Болотов М.А, Печенин В.А., Рузанов Н.В., Грачев И.А., Щербаков И.В., Проничев Н.Д. Моделирование сопряжения деталей по плоско-цилиндрическим поверхностям. СТИН. №3 (2017) с 22-28.