

ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

д.т.н., доцента Хаймовича Александра Исааковича по диссертационной работе Болотова Михаила Александровича «Разработка методов создания цифровых технологических моделей деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Болотова М.А. посвящена разработке комплекса методов создания действительных моделей деталей и узлов ГТД, использование которых позволит повысить технические показатели производства изделий.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью повышения эффективности операций сборки ГТД, что достигается реализацией комплекса мероприятий, в основу которых легли два направления исследований, представленных в диссертационной работе. В первом направлении ставится задача снижения трудоёмкости технологических процессов сборки и балансировки роторов ГТД за счёт разработки методов прогнозирования сборочных параметров узлов и определения путей обеспечения геометрической точности их сборочных единиц. Цель второго направления заключается в снижении уровня вибрации на опорах роторов ГТД за счёт разработанных автором методик уравнивания роторов с использованием виртуальной (на цифровых моделях) балансировки деталей и узлов ГТД.

Одним из современных подходов, направленных на совершенствование технологий производства ГТД, является создание «цифровых двойников» технологических операций.

Методологические основы совершенствования операций сборки роторов ГТД с использованием цифровых моделей включают в себя разработанные автором теорию и практику применения компьютерного моделирования и анализа данных для улучшения проектирования сборочных процессов, а также использование цифровых моделей для прогнозирования возможных проблем и их решения до начала фактической сборки роторов ГТД. Особенностью нового подхода, разработанного в диссертационном исследовании, является определение оптимизированных условий выполнения технологических операций с учётом фактической измеренной геометрии заготовок, деталей и узлов, которые рассматриваются автором в их информационной связи между натурным изделием и его цифровой моделью.

Болотов М.А. предложил специальный термин «действительная модель», используемый при разработке «цифровых двойников» технологических операций сборки, предполагающий учёт фактической геометрии заготовок, деталей и узлов. В диссертации рассмотрены основные принципы создания и применения проблемно-ориентированных действительных моделей деталей и узлов, применяемых для цифровизации технологий сборки ГТД. Эти модели отличаются от известных цифровых моделей сборочных единиц выявленными требованиями к необходимости и достаточности их информационного содержания, которые определяются исходя из условий сборки и особенностей формируемых размерных связей. Целью создания таких моделей является повышение управляемости, точности и производительности технологических процессов сборки.

К научной новизне исследования можно отнести: комплекс взаимосвязанных методов определения действительных размеров деталей и сборочных параметров узлов с помощью новых технологий виртуальных мер (ВМ) и комплектных виртуальных сборок (КВС); комплекс специальных методов оценки параметров сопряжений деталей и узлов по контактирующим поверхностям, используемых для создания действительных моделей; метод снижения неуравновешенностей роторов ГТД с помощью балансировки на цифровой модели.

Практическую направленность диссертационного исследования определяют предложенные автором методы и алгоритмы, которые были положены в основу разработки программных средств, обеспечивающих повышение достоверности размерного анализа, повышение точности технологических операций сборки и снижение в конечном итоге уровня вибраций роторов ГТД.

Результаты диссертационной работы были внедрены на предприятиях: ПАО «ОДК-Кузнецов» при выполнении балансировки ротора методом двухборок; АО «Металлист-Самара» при снижении неуравновешенностей ротора НД в ходе его балансировки с использованием действительных моделей узлов; ООО «Газпром трансгаз Самара» при создании 3D моделей и улучшению технологии сборки и ремонта ротора и камеры сгорания ГТД на основе использования результатов измерений.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 100 научных работах, в том числе 32 статьях в периодических изданиях, включенных в перечень ВАК России, и 45 статьях в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus.

Теоретические положения и результаты, изложенные в диссертационной работе, нашли свое практическое приложение при выполнении грантов и заказов по темам: «Разработка комплекса технологий ремонта и восстановления функциональных характеристик ответственных деталей газотурбинных двигателей и энергетических установок», 2015 – 2017 г., идентификатор RFMEFI57815X0131, в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» (ответственный исполнитель); «Разработка алгоритма машинного обучения при использовании данных оптических или лазерных сканеров для управления роботизированными системами промышленного и двойного назначения», в рамках Государственного задания, 2018 г., шифр проекта 9.11560.2018/10.11 (руководитель); «Обеспечение качества изделий посредством разработки и использования их цифровых двойников в «Умных» фабриках будущего», в рамках Государственного задания, 2018 – 2019 г., шифр проекта 9.11978.2018/11.12 (руководитель).

В процессе работы над диссертацией Болотов М.А. проявил себя как исследователь, способный ставить и решать комплекс сложных технологических задач с глубокой теоретической проработкой. Михаил Александрович отличился упорством и ответственностью при работе над материалом диссертационного исследования. Особенно хотелось бы отметить его трудолюбие и целеустремленность.

Под руководством Болотова М.А. сформирован коллектив молодых исследователей, занимающийся проблемами повышения точности технологических операций. В коллективе защищены диссертации на соискание учёной степени к.т.н. Печениным Вадимом Андреевичем (2017 г.), Рузановым Николаем Владимировичем (2019 г.), Грачевым Ильёй Александровичем (2022 г.) и Печениной Екатериной Юрьевной

(2023 г.). Подготовлены к защите диссертации на соискание учёной степени к.т.н. Кудашовым Евгением Викторовичем и Янюкиной Марией Викторовной.

В заключении хотелось отметить, что изложенные в диссертации новые научно обоснованные технические и технологических решения, связанные с цифровизацией сборочных операций роторов ГТД, предназначены обеспечить повышение точности и производительности этих операций. В целом, решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

Считаю, что диссертация Болотова Михаила Александровича на тему «Разработка методов создания цифровых технологических моделей деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства» является законченной научной работой, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Научный консультант:
Доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой технологий
производства двигателей федерального
государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Самарский
национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

А.И. Хаймович

