



УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального конструктора
ПАО «ОДК-Сатурн»

Р.Ю. Старков

«21» 08 2024 г.

ОТЗЫВ

на автореферат докторской диссертации

Болотова Михаила Александровича

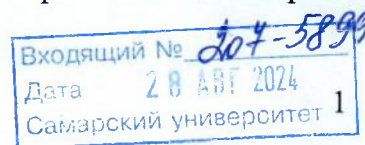
«Разработка методов создания цифровых технологических моделей деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.15. – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Диссертационная работа Болотова Михаила Александровича посвящена разработке методов, моделей и программных средств, позволяющих повысить точность технологических размерных расчётов, сборки узлов ГТД, снизить трудоёмкость выполнения упомянутых технологических операций, уменьшить уровень вибраций изделий.

Предложенные методики и алгоритмы позволяют решать практические задачи для обеспечения точности и производительности изготовления деталей, а также сборки узлов ГТД, и предназначены для использования инженерно-техническим персоналом предприятий авиадвигателестроительной отрасли.

Работа является актуальной. Решение задачи повышения эксплуатационных характеристик ГТД включает целый комплекс мероприятий, два из которых рассматриваются в диссертационной работе. Первое из них связано с прогнозированием и обеспечением геометрической точности сборочных параметров узлов. Второе – с балансировкой деталей и узлов ГТД. Многие из роторов существующих и перспективных ГТД являются гибкими, что приводит к усложнению технологии их изготовления, сборки и балансировки. В этой связи перспективным направлением совершенствования технологий производства ГТД является разработка «цифровых двойников» технологических операций, которые могут быть использованы для определения оптимальных условий их выполнения при учёте реальной геометрии заготовок, деталей и узлов.

Поставленные задачи в диссертации успешно решены. Автором получены следующие научные результаты:



- предложена научная идея, предусматривающая разработку и сквозное использование действительных (цифровых) моделей объектов, получаемых путем измерений на контактных КИМ, лазерными или оптическими методами, при решении технологических задач обеспечения качества при производстве и ремонте ГТД;

- разработан метод определения действительных геометрических параметров деталей, включающий в себя этапы подготовки измеренного массива координат точек, предварительного математического базирования, формирования поверхностей деталей, оценку отклонения формы и расположения поверхностей, уточнение базирования, уточнения геометрических параметров в обеспечение функционального назначения объекта, проверку достоверности созданной модели и сборочных параметров узлов, позволяющий за счет учета особенностей сопряжений (прогнозирования контактного взаимодействия) повысить точность оценки действительных размеров деталей и сборочных параметров узлов на 20% по сравнению с существующими технологиями;

- предложен метод снижения неуравновешенностей роторов ГТД с помощью балансировки на цифровой модели, учитывающий геометрические погрешности и неуравновешенности деталей с использованием действительных моделей деталей и узлов роторов и позволяющий уменьшить вибрации на опорах ГТД в процессе сборки не менее чем на 30% посредством учёта производственных погрешностей входящих в него деталей и узлов.

Особо хотелось бы отметить **широкую реализацию результатов работы**. Результаты работы были внедрены на предприятиях: ПАО «ОДК-Кузнецов» (акт от 28.02.2024 г.) при выполнении балансировки ротора методом двухборок; АО «Металлист-Самара» (акт от 26.02.2024 г.) при снижении неуравновешенностей ротора НД в ходе его балансировки с использованием действительных моделей узлов; ООО «Газпром трансгаз Самара» (акт от 12.02.2024 г.) при создании 3D моделей и улучшении технологии сборки и ремонта ротора и камеры сгорания ГТД на основе использования результатов измерений. Результаты работы внедрены в учебный процесс.

Диссертационная работа прошла апробацию и широко представлена на значимых международных конференциях в России.

По теме диссертации опубликовано более 100 научных работ, в том числе 32 статьи в периодических изданиях, включённых в перечень ВАК России, и 45 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus.

Замечания по диссертационной работе:

1. Автореферат не содержит сведений об особенностях использования разработанных в диссертации положений для сборки роторов, конструкция которых отличается от барабанно-дискового типа.

2. Актуальным вопросом является получение зависимостей показателей качества изделий от геометрической точности изделий. Было бы полезным рассмотреть данный вопрос в диссертационной работе.

3. При проведении стендовых испытаний опытных образцов ГТД с дополнительным препарированием ротора турбокомпрессора часто фиксируются повышенные, иногда недопустимые уровни вибраций на роторной частоте, вызванные повышенным остаточным дисбалансом ротора, при этом технологически невозможно провести его балансировку в сборочном цехе. Решение данного вопроса, с использованием действительных (цифровых) моделей, к сожалению, не представлено в автореферате диссертационной работы.

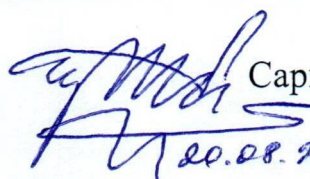
Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают высокой научной, теоретической и практической ценности представленных в диссертации результатов. Работа в целом актуальная и, безусловно, вызовет интерес у специалистов с точки зрения использования её методических и практических результатов, так как разработаны методы обеспечения требуемой точности сборки и снижения неуравновешенностей роторов, основанные на использовании в производственном процессе действительных (цифровых) моделей деталей, учитывающие результаты измерения их геометрии; также, что важно, рассчитаны контактные деформации при сборке и динамические параметры сборочных единиц в составе роторов. Диссертация Болотова Михаила Александровича «Разработка методов создания цифровых технологических моделей деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства» представляет собой законченное исследование, полученные в ней результаты обладают научной новизной и высокой практической ценностью, их достоверность не вызывает сомнений.

Данная диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждённого постановлением Правительства РФ №842, 24.09.2013г.) и паспорту специальности 2.5.15. – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, а её автор – Болотов Михаил Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности

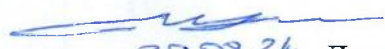
2.5.15. – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Согласны на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Болотова Михаила Александровича и их обработку.

Эксперт по безопасности и надежности
конструкторского отдела исследований и надежности
ПАО «ОДК-Сатурн»,
доктор технических наук

 Сарычев Сергей Витальевич
20.08.24

Ведущий специалист
службы главного конструктора
ПАО «ОДК-Сатурн»,
кандидат технических наук

 20.08.24 Диденко Роман Алексеевич

Подписи С.В. Сарычева и Р.А. Диденко заверяю:
начальник конструкторского отдела
композиционных материалов
и выходных устройств,
учёный секретарь ПАО «ОДК-Сатурн»,
кандидат технических наук



Левитова Ольга Николаевна

Публичное акционерное общество "ОДК-Сатурн".

Почтовый адрес: 152903, Ярославская обл., г. Рыбинск, проспект Ленина,
д.163. Тел.: +7(4855) 296-101; Эл. почта: saturn@uec-saturn.ru