

В диссертационный совет Д 212.210.01
при ФГБОУ ВО «Рыбинский
государственный авиационный
технический университет имени П.А.
Соловьева»

152934, г.Рыбинск, Ярославской
области, ул. Пушкина, 53

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Польского Евгения Александровича

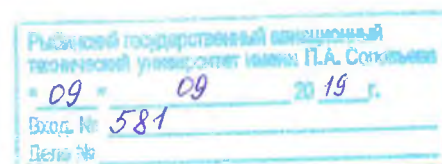
на диссертационную работу Осипович Дарьи Андреевны на тему «Разработка технологии цифровой сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на основе измерений лопаток фотограмметрическим методом», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - Технология машиностроения

Актуальность диссертации

Развитие авиационной промышленности направлено не только на разработку и внедрение принципиально новых конструкторских решений, но и имеет тенденцию к росту объемов производства двигателей и техники в целом, определяемую потребностями растущих пассажиро- и грузо- потоков. Требуется координация между наукой и промышленностью с заменой устаревшей производственно-технологической базы. Планируемый рост объема и номенклатуры изготавливаемых двигателей на базе ПС-90А и ПД-14 невозможно выполнить без введения комплексной автоматизации технологических процессов.

При этом окончательная сборка газотурбинных двигателей (ГТД) и их отдельных узлов занимает до 40-50 % общей трудоемкости изготовления изделия и характеризуется рядом проблем, таких как плохая повторяемость результатов сборки, сложность обеспечения требований к качеству и необъективность оценки его достижения, что в совокупности определяет значительную актуальность автоматизации этой стадии.

Существующий уровень производственно-технологических возможностей позволяет обеспечивать достижение требуемой точности одного из ключевых параметров ступени турбины ГТД – площади проходного (минимального) сечения соплового аппарата методом полной взаимозаменяемости не более чем в 30% случаев, в связи с чем возникает необходимость принятия решений о корректировках и доработках комплекта лопаток в узле, на основании данных об



их фактической геометрии. Но для проведения и обработки результатов контроля лопаток и сопловых аппаратов в сборе используются трудоемкие устаревшие методики, в значительной степени зависящие от опыта и квалификации контролеров и сборщиков.

В этой связи, тема диссертационной работы Осипович Д.А. посвященной разработке комплекса математических моделей и алгоритмов, составляющих технологию цифровой сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на основе измерений лопаток фотограмметрическим методом, призванную обеспечить достижение требуемого качества с минимальными затратами труда, является актуальной.

Содержание диссертации, ее цель, задачи, решенные для достижения этой цели, соответствуют заявленной научной специальности областям исследования заявленной научной специальности в п.3 – «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения», п.4 – «Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска» и п.5 – «Методы проектирования и оптимизации технологических процессов»

Научная новизна и новые результаты

В диссертационной работе автором впервые разработан комплекс математических моделей и алгоритмов для создания новой цифровой технологии сборки сопловых аппаратов, призванной обеспечить требуемое качество с минимальными затратами труда, который включает:

1. математическую модель процесса фотограмметрической оцифровки, позволяющую прогнозировать состояние распознавания точки на поверхности измеряемого объекта;
2. теоретические положения и алгоритмы оптимизации стратегий фотограмметрической оцифровки сопловых лопаток и их блоков, позволяющие повысить его производительность и управляемость;
3. алгоритм комплектования лопаток при сборке соплового аппарата с учетом их фактической сложнопрофильной геометрии, позволяющий обеспечить площадь проходного сечения межлопаточных каналов с требуемой точностью.

Достоверность полученных результатов

Достоверность основных положений и результатов работы обусловлена корректным использованием основных научных положений технологии машиностроения, включая технологическое обеспечение точности деталей и

сборочных единиц, технологическую наследственность, а также закономерностей оптики, аналитической геометрии и математической статистики. Кроме того приведенные в работе результаты математического моделирования согласуются с данными, полученными в ходе проведенных экспериментов.

Практическая ценность работы

Практическая ценность работы состоит в технологическом и методическом обеспечении повышения точности, стабильности и прогнозируемости параметров величины и распределения площади проходного сечения сопловых аппаратов турбины ГТД при сборке, сокращения трудоемкости изготовления сопловых аппаратов турбины ГТД за счет введения предварительного комплектования лопаток, сокращения трудоемкости операции измерения и контроля геометрии лопаток на основе фотограмметрической оцифровки и создании компьютерных программ для определения оптимальных параметров процесса фотограмметрической оцифровки сложнопрофильных деталей и для определения последовательности расстановки лопаток в сопловом аппарате при сборке.

Апробация работы и публикации

Материалы диссертации были представлены на международных научных конференциях в 2012-2016 гг. в том числе на 13-й, 14-й международной научно-технической конференции «Измерение, контроль, информатизация» (Барнаул, 2012 г, 2013 г.); 13-й Международной молодежной научно-технической конференции "Будущее технической науки" (Нижний Новгород, 2014 г.). XVI Всероссийской научно-технической конференции «Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации» (г. Пермь, 17–18 ноября 2015 г.), 5-й Международной научно-практической конференции «Современное машиностроение: Наука и образование» (Санкт-Петербург, 2016 г.) В целом диссертационная работа докладывалась и обсуждалась на семинарах кафедры «Инновационные технологии машиностроения» (ПНИПУ, Пермь) в период с 2012 по 2019 г.

Основные результаты работы представлены в 19 публикациях, из них 1 - в журнале Scopus, 6 – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК;

Результаты диссертационной работы переданы для использования на АО «ОДК-Пермские моторы» (г. Пермь).

Общая характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа изложена грамотным профессиональным техническим языком и состоит из введения, 4 глав и заключения составляет 178 страниц, включает 83 рисунка, 14 таблиц и список литературы из 149 наименований. Библиографический список достаточно полно отражает состояние вопроса, рассмотренного в диссертации. По объему и содержанию автореферат и диссертация отвечают требованиям к оформлению кандидатских диссертаций.

В первой главе представлены результаты проведенного автором анализа конструкции соплового аппарата турбины ГТД и существующей технологии его изготовления, включая используемые методы контроля площади проходного сечения межлопаточных каналов. Для устранения выявленных недостатков существующего технологического процесса предложена концепция технологии цифровой сборки. Проанализированы и выбраны для включения в нее современные методы обеспечения точности сборочных параметров и технологии измерения параметров сложнопрофильных лопаток. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе представлена разработанная математическая модель процесса фотограмметрической оцифровки сложнопрофильных деталей, предназначенная для установления зависимости между положением камер измерительной установки в пространстве и возможностью распознавания точки поверхности измеряемого объекта при его реализации. На основе анализа принципов формирования трехмерных изображений сформулированы и формализованы условия распознавания точки поверхности измеряемого объекта на снимке цифровой камеры в двух- и трехмерной постановке. Сравнение результатов проведенных в рамках верификации разработанной модели экспериментальных исследований с результатами расчетов по разработанным математическим моделям подтверждает возможность их использования для оцифровки реальных деталей.

В третьей главе описывается разработка методики оптимизации стратегии фотограмметрической оцифровки сложнопрофильных деталей. В качестве критерия оптимальности стратегии оцифровки предложена скорость получения уникальных данных о координатах точек поверхности измеряемого объекта, а переменными для оптимизационного поиска - пространственные координаты положения камер измерительной установки. Разработанные алгоритмы выбора оптимального положения камер при оцифровке целевого участка поверхности и стратегии оцифровки проверены для сопловых лопаток первой ступени турбины.

В четвертой главе приведен алгоритм подбора лопаток при сборке соплового аппарата на основе измеренных фактических значений их параметров

путем виртуальной сборки и вычисления прогнозируемого значения площади проходного сечения межлопаточных каналов. Разработанный алгоритм дополнен условиями, обеспечивающими возможность его применения с учетом расхода охладителя, а также для сборки сопловых аппаратов из блоков лопаток.

Автореферат и опубликованные статьи, в полной мере, отражают содержание диссертации.

Замечания и пожелания

1. В модели подбора лопаток, представленной в работе, не в полной мере отражено влияние всех звеньев, так при анализе пространственных размерных цепей важную роль играют не только отклонения выполнения размеров, но и допуски отклонения от правильной геометрической формы, а также допуски отклонения взаимного расположения отдельных поверхностей деталей сборки, в частности, базовых поверхностей для установки лопаток в статоре и роторе, что значительно усложняет модель, но повышает параметры надежности узла.

2. Для повышения адекватности модели формирования контуров проходного сечения проточного канала желательно учитывать в размерных цепях звенья, сопутствующие процессам сборки и эксплуатации (контактные деформации сопрягаемых деталей, деформации профиля при нагружении, суммарные тепловые расширения деталей узла).

3. Было бы желательно отразить в работе всю последовательность выполнения отдельных операций технологического процесса изготовления лопаток, и сборочного процесса с учетом обеспечения требуемой точности сопрягаемых поверхностей при согласовании конструкторских, технологических и измерительных баз.

4. В представленной схеме имитационного моделирования процесса формирования величины и распределения ППС соплового аппарата на основе расстановки лопаток не отражен этап сортировки лопаток на колесе по массе, который, как правило, является одним из первых в технологическом процессе сборки.

Заключение

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку рецензируемой диссертации, в которой решена актуальная научная проблема обеспечения требуемого качества с минимальными затратами труда.

Диссертация Осипович Дарьи Андреевны «Разработка технологии цифровой сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на основе измерений лопаток фотограмметрическим методом» является законченной научно-

квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения, использование которых вносит вклад в развитие технологического обеспечения авиационного двигателестроения.

По актуальности темы, новизне, достоверности результатов, научной и практической значимости диссертация отвечает требованиям ВАК РФ, а также «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ N 842 от 24 сентября 2013 г.) к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Осипович Дарья Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения».

Заведующий кафедрой «Технология машиностроения»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,
кандидат технических наук, доцент
специальность: 05.02.08 - Технология машиностроения

Польский Евгений Александрович

02.09.2019г.

241035, Россия, г. Брянск,
бул. 50 лет Октября, д.7
Телефон: +7 (4832) 58-82-20
Факс: +7 (4832) 56-29-39
e-mail: tm-bgtu@yandex.ru,
polski.eugene@hotmail.com
<https://www.tu-bryansk.ru>

Подпись Польского Евгения Александровича удостоверяю:

Учёный секретарь Учёного Совета
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»,
к.т.н., доцент

Афониная Е.В.

