

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный
технический университет
имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, 426069
тел. (3412) 58-53-58, 58-88-52, 77-60-55 (многоканальный)
факс: (3412) 50-40-55
e-mail: info@istu.ru <http://www.istu.ru>
ОКПО 02069668 ОГРН 1021801145794
ИНН/КПП 1831032740/183101001

УТВЕРЖДАЮ

Проектор по научной и
инновационной деятельности
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени
М.Т.Калашникова», д.э.н.,
профессор

Кузнецов А.Л.
2019 г.

№ _____
На № _____ от _____



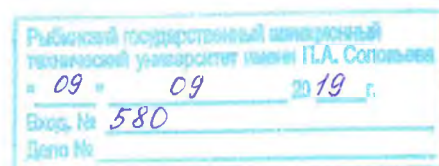
Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО «Ижевский государственный
технический университет им. М.Т. Калашникова»
на диссертационную работу Осипович Дарьи Андреевны
«Разработка технологии цифровой сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на
основе измерений лопаток фотограмметрическим методом», представленную в
диссертационный совет Д212.210.01 на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
05.02.08 – «Технология машиностроения»

1. Актуальность темы

Диссертационная работа Осипович Д.А. посвящена 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.

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 модернизацией



производственной материальной базы на основе введения комплексной автоматизации технологических процессов.

В ходе этой модернизации следует учитывать, что в цикле изготовления газотурбинных двигателей (ГТД) сборочные операции характеризуются высокой трудоемкостью, а результат их выполнения в значительной степени определяет итоговые показатели качества. При этом существующий уровень производственно-технологических возможностей не позволяет гарантировать достижение требуемой точности ключевых параметров ступеней турбины ГТД в силу ряда проблем, таких как не стабильная повторяемость результатов сборки, сложность обеспечения требований к качеству и необъективность оценки его достижения, что вызывает необходимость введения корректировок и доработок комплекта лопаток в узле, на основании данных об их фактической геометрии.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выбор усовершенствованной схемы процесса, содержащей новые операции фотограмметрического измерения и компьютерного комплектования, обоснован результатами анализа современных направлений в области обеспечения точности и измерения сложнопрофильной геометрии. Работоспособность разработанной математической модели и методики оптимизации стратегии процесса фотограмметрической оцифровки сложнопрофильных деталей обоснована сходимостью результатов расчета с экспериментальной съемкой. Эффективность разработанного алгоритма прямого подбора лопаток по отклонениям формы и расположения пера обоснована результатами численного моделирования на случайных массивах данных.

3. Достоверность и новизна выводов и результатов работы

Достоверность основных положений и результатов работы обусловлена корректным использованием основных научных положениях 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 экспериментальными данными, полученными при верификации на образцах и модельных лопатках с использованием поверенного оборудования - установки оптической координатно-измерительной фотограмметрической ATOS III.

Новизна работы Осипович Д.А. заключается в том, что автором представлено комплексное решение задачи обеспечения требуемой точности проходного сечения при сборке сопловых аппаратов турбины ГТД на основе комплекса математических моделей и алгоритмов для создания новой цифровой технологии сборки.

4.Практическая ценность работы

Научная значимость диссертационной работы заключается в разработке математической модели процесса фотограмметрической оцифровки, позволяющей прогнозировать состояние распознавания точки на поверхности измеряемого объекта; теоретических положений и алгоритмов оптимизации стратегий фотограмметрической оцифровки сопловых лопаток и их блоков, позволяющих повысить его производительность и управляемость; алгоритма комплектования лопаток при сборке соплового аппарата с учетом их фактической сложнопрофильной геометрии, позволяющего обеспечить площадь проходного сечения межлопаточных каналов с требуемой точностью.

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.

5. Общая характеристика работы

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

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, обозначена степень разработанности темы исследования, представлены цели и задачи работы, приведены методы исследования, сформулированы научная новизна и практическая ценность работы

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.

Формулировка выводов, в основном, достаточно корректна и отражает сущность вопросов, изложенных в диссертации.

6.Замечания по работе

6.1. Встречаются стилистические ошибки (например, субъективное выражение: «... плохая повторяемость результатов сборки...») и ошибки в оформлении;

6.2. Отсутствует подтверждение защиты интеллектуальной собственности, как результата научной деятельности автора (патентов, свидетельств о государственной регистрации по разработанной программе);

6.3. Логически правильным завершением диссертационной работы в прикладном плане является разработка руководящих технических материалов (РТМ) для технологов, и формирование виртуального процесса сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на рабочих местах.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

В диссертации автором представлена совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений по обеспечению требуемой точности величины и распределения площади проходного сечения сопловых аппаратов турбины ГТД при сборке, внедрение которых в производство позволит значительно сократить трудоемкость выполнения контрольных и сборочных операций, а также повысить качество изготавливаемых сопловых аппаратов.

8. Заключение

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Осипович Дарьи Андреевны «Разработка технологии цифровой сборки сопловых аппаратов турбины ГТД на основе измерений лопаток фотограмметрическим методом», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложено научно обоснованное

решение актуальной технологической задачи авиационного двигателестроения.

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

Диссертационная работа соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», а её автор Осипов Дарья Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08– Технология машиностроения.

Материалы диссертации рассмотрены на заседании кафедры «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «ИжГТУ» имени М.Т. Калашникова» «30» августа 2019 г.; отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры «Конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» «30» августа 2018 г. Протокол № 38

доктор технических наук, профессор
кафедры «конструкторско-
технологическая подготовка
машиностроительных производств»
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т.
Калашникова»

Владимир Григорьевич Осетров
«30» августа 2019 г.

426069, Удмуртская республика, г. Ижевск,
ул. Студенческая, д. 7.
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»
(<http://www.istu.ru>)
раб. тел: +7 (3412) 77-60-55 доб. 1187
моб. тел: +7 (912)8746094
Эл. Почта: osetrov37@mail.ru

Подпись профессора Осетрова В.Г.
Заверяю
Ученый секретарь ИжГТУ имени
М.Т. Калашникова, д.т.н., профессор



Владимир Александрович
Алексеев