

«Утверждаю»

Первый проректор Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Волгоградский
государственный технический
университет»

д.т.н., проф. Кузьмин С.В.

«24» ноября 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу Фрейлехмана Станислава Александровича «Формирование геометрических моделей элементов силовых конструкций летательных аппаратов для аддитивного производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Диссертация посвящена разработке методики формирования геометрических моделей элементов силовых конструкций летательных аппаратов.

Автором проводится анализ современных методов топологической оптимизации, их преимуществ и недостатков, а также особенности использования аддитивных технологий, как производственного инструмента, для синтеза перспективных силовых конструкций летательных аппаратов.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«07 12 2020»

Для отработки метода послойного сглаживания разработан алгоритм и создан программный модуль, позволяющий адаптировать электронные модели силовых изделий летательных аппаратов (ЛА), прошедших процедуры топологической оптимизации к процессам аддитивного производства.

Применение методики и реализованного программного модуля позволяют существенно сократить издержки на процедуры получения геометрической формы электронных моделей с учетом особенностей этапов технологической подготовки аддитивного производства из металлопорошковых композиций.

Актуальность темы выполненной работы и её связь с соответствующими отраслями науки и практической деятельностью диктуется рядом факторов. Во-первых это детальный научный анализ особенностей совершенствования ракетно-космической техники, которая является на сегодняшний момент одной из ведущих и динамично развивающихся отраслей мировой экономической системы.

Во-вторых, детальный научный анализ послойного сглаживания геометрии электронной модели изделия и принципов послойного сглаживания топологически оптимизированных контуров силовых конструкций летательных аппаратов лягут в основу практических рекомендаций по повышению качества проектно-конструкторских параметров изделия на этапах предварительного и технологического проектирования, а также по снижению материальных и временных затрат при подготовке к производству изделий силовых конструкций летательных аппаратов с использованием аддитивных технологий.

В-третьих, с целью совершенствования процедуры формирования геометрических моделей элементов силовых конструкций, адаптированных для изготовления с использованием аддитивных технологий в России востребован анализ существующего опыта в ходе реализации проектов в

авиа и ракетостроении, требующих проведения всестороннего исследования процедур в проектно-конструкторских работах.

В-четвертых, определение ключевых приоритетов в стратегии параметрического сглаживания трехмерной топологически оптимизированной электронной модели изделия с учетом технологических ограничений аддитивного производства позволяют определять рациональные решения ряда обозначенных проблем, что детерминирует целесообразность практического исследования высказанных в кандидатской диссертации положений.

Научная новизна исследования, полученные результаты, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются принципиально новыми, что заключается, в первую очередь, в представленном авторском подходе к определению области существования и применения альтернативных решений по формированию геометрических моделей элементов силовых конструкций летательного аппарата для уменьшения их весовых характеристик; в обосновании и разработке методики послойного представления элементов силовых конструкций летательного аппарата, учитывающего параметры и их зависимости для прогнозирования отклонения формы реального контура синтезируемого слоя изделия на этапе технологической подготовки аддитивного производства; в том числе, в разработке методики и алгоритмов параметрического сглаживания трехмерной топологически оптимизированной электронной модели изделия с учетом технологических ограничений аддитивного производства.

Значимость для науки и практической деятельности полученных диссертантом результатов заключается в получении проектных рекомендаций, позволяющих найти рациональные решения при использовании технологий аддитивного производства силовых элементов конструкции из металлических материалов, геометрическая форма которых,

была получена с применением процедур топологической оптимизации.

Структура и содержание работы выполнено в строгом соответствии с поставленными автором задачами исследования. В первой главе диссертации С.А. Фрейлехман дает обзор и критический анализ становления и принципов функционирования ракетно-космической техники. На конкретных моделях автор убедительно демонстрирует актуальность глубокого анализа работы данной сферы, которая напрямую воздействует на релевантность выбираемых методов моделирования элементов силовых конструкций летательных аппаратов. Во второй главе описана методика послойного сглаживания электронной модели изделия после топологической оптимизации для подготовки к аддитивному производству, где проанализировано современное состояние существующих актуальных методов доработки электронной модели изделия, представлена математическая постановка задачи исследования и разработка функции сглаживания слоя модели, описан результат анализа функций сглаживания в виде разработанной адаптивной функции для решения вышеописанной задачи. В третьей главе автором разработано программное обеспечение с открытым исходным кодом для обеспечения свободного доступа к решению задач сглаживания трехмерных моделей после топологической оптимизации в противовес закрытым и платным коммерческим продуктам для российских предприятий ракетно-космической и авиационной отраслей и проведены тестовые эксперименты по подготовке электронной модели изделия после топологической оптимизации для аддитивного производства.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы: полученные результаты и выводы могут быть востребованы при проведении проектно-конструкторских работ на этапах концептуального и технологического проектирования для реализации задач по снижению массы и себестоимости силовых изделий авиационной и

ракетной техники. Предложенная в рамках работы методика и программный комплекс позволяют снизить машинное время работы оборудования, используемого для аддитивного производства деталей, полученных с применением процессов топологической оптимизации.

Результаты работы могут быть использованы в научных исследованиях в соответствующих предметных областях и включены в программу обучения высших профильных учреждений.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

стоит отметить, что теоретическому анализу предложенного метода в диссертации уделено существенно меньше внимания по сравнению с исследованиями в области технической реализации предлагаемой методики;

не точно сформулированы цель и задачи исследования диссертационной работы, рекомендуем сформулировать цель работы в соответствии с полученными результатами;

в методике не учтена необходимость термообработки послойно синтезированного изделия;

не точно сформулирована научная новизна работы, рекомендуем переформулировать данный раздел;

рекомендуем доработать оформление презентации – исправить встречающиеся опечатки и добавить нумерацию слайдам;

разделы предмет и объект исследования требуют более точного формулирования, чтобы они соответствовали реальному исследуемому объекту и предмету исследования;

необходимо подробнее описать раздел методов исследования.

Замечания по работе являются незначительными, носят характер рекомендательный характер и могут быть связаны с расхождением в интерпретациях, а потому не являются принципиальными и не снижают общей научной ценности защищаемых результатов.

Заключение

Диссертация Фрейлехмана Станислава Александровича на тему «Формирование геометрических моделей элементов силовых конструкций летательных аппаратов для аддитивного производства» представляет собой законченное научное исследование, выполненное автором самостоятельно, на профессиональном высоком уровне. В ней содержатся решения вопросов, непосредственно затрагивающих проблемные области развития космической отрасли и авиационной отрасли РФ с учетом актуальных принципов проектирования и конструирования, а также производства летательных аппаратов.

В работе показано влияние и особенности процессов формирования геометрических моделей элементов силовых конструкций летательных аппаратов на результаты, получаемые при производстве изделий с использованием технологий аддитивного производства.

Показаны процессы проектно-конструкторских работ по созданию перспективной ракетной техники на этапах предварительного и технологического проектирования с использованием результатов топологической оптимизации. Разработаны соответствующие проектные рекомендации, позволяющие получить положительный эффект при использовании современных инструментов топологической оптимизации и технологий трехмерной печати. Выводы, полученные автором, подчеркивают достижение поставленных в работе задач.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой и выполнена на высоком профессиональном уровне. А ее автор С.А. Фрейлехман, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Стоит отметить, что полученные результаты отражены в ряде публикаций в авторитетных международных и отечественных изданиях. А основные положения исследования и его результаты на различных этапах работы были представлены, обсуждены и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях. По теме исследования автором опубликовано 10 работ, из них в журналах, рекомендованных ВАК – 4, в том числе одна статья в журнале, входящем в Q1 базы Scopus.

Практическая ценность предложенных методических рекомендаций по реализации послойного сглаживания с учетом разработанного программного обеспечения иллюстрируется его высокой степенью влияния на ракетно-космическую технику, что характеризуется уменьшением сухой массы конструкции летательного аппарата путем сохранения параметров топологической оптимизации в заданном диапазоне погрешности при подготовке электронных моделей силовых изделий из металлов к аддитивному производству. Также преимуществом результатов исследования с точки зрения их практического применения является разработанная инновационная параметризованная модель.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор достоин присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры автоматизации производственных процессов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» г. Волгоград, протокол заседания №4 от 24.11.2020 года.

Отзыв подготовлен доктором технических наук, профессором кафедры Яковлевым Алексеем Андреевичем.

Яковлев Алексей Андреевич



д.т.н. (05.13.12 Системы автоматизации проектирования)

профессор кафедры автоматизации производственных процессов

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Макаров Алексей Михайлович



к.т.н. (05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами),

доцент, заведующий кафедрой автоматизации производственных

процессов ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Почтовый адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28

+7 8442 248432 app@vstu.ru

