

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Фрейлехман Станислав Александрович

Тема диссертации: Формирование геометрических моделей элементов силовых конструкций летательных аппаратов для аддитивного производства

Специальность: 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 25 декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Фрейлехману Станиславу Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председательствующий на заседании диссертационного совета* д.т.н., проф. Туркин И.К.; *ученый секретарь диссертационного совета* к.т.н., доц. Денискина А.Р.; члены диссертационного совета: д.т.н., проф. Абашев В.М.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М.Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сидоренко А.С.; д.т.н., проф. Сироткин О.С.; д.т.н., проф. Ушаков А.Е.; д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

Председательствующий на заседании
диссертационного совета Д 212.125.10
д.т.н., профессор

 И.К. Туркин

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.125.10
к.т.н., доцент

Начальник отдела у
Т.А. Аникина



А.Р. Денискина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.12.2020 г. № 25

О присуждении Фрейлехману Станиславу Александровичу,
гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических
наук.

Диссертация «Формирование геометрических моделей элементов
силовых конструкций летательных аппаратов для аддитивного производства»
по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство
летательных аппаратов» принята к защите 23.10.2020г., (протокол заседания
№ 18) диссертационным советом Д 212.125.10, созданным на базе
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета
Д 212.125.10 – № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Фрейлехман Станислав Александрович, 1993 года
рождения, гражданин Российской Федерации. В 2016 году окончил
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» по специальности «Ракетостроение». В
2020 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

С 2015 года является сотрудником АО «Корпорация «МИТ». С 2020 года работает в должности инженера-конструктора 1-ой категории отдела «Комплексных испытаний, стендового оборудования, гарантийной документации и утилизации РДТТ».

Диссертация выполнена на кафедре «Инженерная графика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Рипецкий Андрей Владимирович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доцент кафедры «Инженерная графика».

Официальные оппоненты:

Пухов Андрей Александрович, доктор технических наук, директор проектного комплекса «Гражданские самолеты» Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е Жуковского»;

Данилкин Евгений Васильевич, кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор отдела камер сгорания Акционерного общества «Тураевское машиностроительное конструкторское бюро «Союз»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ), в своем положительном отзыве, подписанном Яковлевым Алексеем Андреевичем, доктором технических наук, профессором кафедры автоматизации

производственных процессов ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Макаровым Алексеем Михайловичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующего кафедрой автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» и утвержденном Кузьминым Сергеем Викторовичем, доктором технических наук, профессором, первым проректором федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ), указала, что диссертация Фрейлехмана Станислава Александровича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, в которой содержится решение вопросов, непосредственно затрагивающих проблемные области развития космической отрасли и авиационной отрасли РФ с учетом актуальных принципов проектирования и конструирования, а также производства летательных аппаратов, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 - «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Соискатель имеет **10** опубликованные работы (все по теме диссертации), из них в журналах, рекомендованных ВАК – **4** работы, в том числе одна статья в журнале, входящем в Q1 базы Scopus.

В данных работах изложен анализ существующих проблем и их решений в области аддитивных технологий и топологической оптимизации. Представлен анализ изложенных проблем. Предложена методика подготовки электронной модели изделия к производству – методика послойного сглаживания электронной модели изделия после топологической оптимизации для последующего аддитивного производства с целью снижения уровня издержек на этапах технологического проектирования, за счет автоматизации процесса доработки электронной модели изделия, а

также с целью улучшения характеристик серийного изделия. Основные результаты работы и ее этапы изложены в опубликованных материалах, отражающих идею диссертационной работы Фрейлехмана С.А.

Соискатель в своих работах в полной мере отразил основные результаты диссертационного исследования: анализ современных методов и программных комплексов, позволяющих оптимизировать геометрическую форму с учетом критериев массы и жесткости конструкции; анализ решений, позволяющих с меньшими издержками полученную геометрию электронной модели воспроизвести в изделие с использованием технологий аддитивного производства. Проведенный объем работ позволил разработать алгоритм и программный модуль для реализации решения исследуемой проблемной области. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Freylekhman, S.A. Smoothing the surface of the engineering model after topological optimization [Text] / S.A. Freylekhman, T.I. Mirolubova, A.V. Ripetskiy, E.V. Petrakova // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2018, October. - vol. 9, N. 10. - P. 1200–1207. - Article ID: IJMET_09_10_122.

2. Фрейлехман, С.А. Топологическая оптимизация объекта на основе трехмерного моделирования [Текст] / С.А. Фрейлехман, Д.К. Лукомский, А.В. Рипецкий, Е.В. Петракова. – М: Изд-во: Общество с ограниченной ответственностью «Научные технологии», – 2018. – «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – N. 11. – 210 с.

3. Freylekhman, S.A. Analysis of factors that determine the possibility for automation of smoothing of product electronic model, obtained through topological optimization for the purpose of its use in the technological preparation of additive manufacturing [Text] / S.A. Freylekhman, A.V. Ripetskiy, T.I. Mirolubova. - PERIÓDICO TCHÊ QUÍMICA. – 2018. - vol. 15. special issue – 1. – P. 405. - ISSN 2179-0302.

4. Фрейлехман, С.А. Конструирование деталей механической проводки летательных аппаратов в системе SOLID WORKS [Текст] / Хотина Г.К. Фрейлехман С.А., Леонова С.А. // Вестник БГТУ. – 2019. – N 2. – С. 4-11.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные):

Отзыв на диссертацию официального оппонента Пухова А.А., доктора технических наук содержит замечания:

1. В диссертации представлены данные по геометрическим моделям нескольких элементов силовых конструкций ЛА, что не позволяет в полной мере визуализировать универсальность метода. Не рассмотрены альтернативные решения (методы и инструменты).

2. Продемонстрировано положительное влияние разработанной методики на сухую массу аппарата. Тем не менее, в диссертации не показано детальное обоснование полученных результатов и их прямое влияние на процесс проектирования и производства ЛА.

3. В процессе выполнения исследования диссертантом с использованием различных проектно-конструкторских и технологических решений получен большой объем фактического материала. Однако в полном объеме не детерминирована примененная методика.

4. В главе 3 «Апробация методики послойного сглаживания» приводятся результаты сравнительного анализа только с двумя известными методами (инструментами) на примере всего трех изделий. Результаты подобных исследований могут находиться в допустимой зоне погрешности.

5. В литературном обзоре нет сведений о прочих методах и технологиях, позволяющих добиться снижения сухой массы конструкции летательного аппарата, определяющих мировой научно-технический уровень в данной области.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Данилкина Е.В., кандидата технических наук содержит замечания:

1. При описании экспериментальных результатов по применению методики послойного сглаживания уделено мало внимания особенностям применения созданного программного комплекса и его дополнительных возможностях.

2. В работе уделено мало внимания отдельным этапам технологической подготовки топологически оптимизированных изделий, а именно не рассмотрены особенности поиска компоновочных решений электронных моделей в камере трехмерного принтера и проектирования технологических поддержек, необходимых для рассматриваемой технологии производства.

Отзыв на диссертацию ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» содержит замечания:

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

2. Не точно сформулированы цель и задачи исследования диссертационной работы, рекомендуем сформулировать цель работы в соответствии с полученными результатами.

3. В методике не учтена необходимость термообработки послойно синтезированного изделия.

4. Не точно сформулирована научная новизна работы, рекомендуем переформулировать данный раздел.

5. Рекомендуем доработать оформление презентации – исправить встречающиеся опечатки и добавить нумерацию слайдам.

6. Разделы предмет и объект исследования требуют более точного формулирования, чтобы они соответствовали реальному исследуемому объекту и предмету исследования.

7. Необходимо подробнее описать раздел методов исследования.

Отзыв на автореферат диссертации филиала акционерного общества «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» - «Конструкторское бюро «Мотор», составленный начальником сектора отдела по разработке специальных транспортных агрегатов и подвижного технического оборудования (020), кандидатом технических наук Амосовым А.Г., подписанный главным конструктором филиала АО «ЦЭНКИ» - «КБ «Мотор», заместителем председателя научно-технического совета Чайкой Р.В. – содержит замечания:

1. В научной новизне не отмечено, посредством какого конкретного программного модуля в диссертации решаются научно-методические задачи по геометрическому моделированию элементов силовых конструкций летательного аппарата.

2. Также в научной новизне не сказано, о каком именно программном обеспечении идет речь в диссертации.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики», составленный начальником НТО-1, заместителем главного конструктора, кандидатом технических наук Волковым С.В., утвержденный заместителем генерального директора – научным руководителем АО «ЦНИИАГ», доктором технических наук Солуниным В.Л. – содержит замечание:

в работе не указано, по какой именно причине были использованы в диссертации труды Ю.С. Соломонова, Ю.М. Николаева, П.А. Оганесяна, С.Н. Шевцова, А.А. Боровикова, С.М. Тененбаума, О.Н. Тушева, Е.В. Красиловой, Н.А. Поповой, и пр. Хотелось бы, чтобы в ходе защиты прозвучали сформулированные в них идеи со ссылкой на источник.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»), составленный начальником отдела 15002 АО «ЦНИИмаш», подписанный доктором технических наук Клишевым О.П., утвержденный заместителем генерального директора по цифровой трансформации АО «ЦНИИмаш», кандидатом физико-математических наук Черновым Д.Е. – содержит замечание:

1. Имеет место опечатка в автореферате (стр. 14, 2 абзац снизу).
2. Не достаточно четко сформулирована научная новизна диссертации.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», подписанный ведущим инженером, кандидатом технических наук Ахмедовым М.Р., ученым секретарем ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», кандидатом физико-математических наук Хатунцевой О.Н. – содержит замечание:

в качестве замечания можно рекомендовать соискателю оформить патенты на ключевые результаты работы.

Отзыв на автореферат диссертации филиала федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» межведомственного компьютерного центра Российской академии наук (МСЦ АРН – филиал ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН), подписанный заместителем директора, кандидатом физико-математических наук Рыбаковым А.А., – содержит замечание:

ключевые графики на рисунках 10 и 11 в автореферате приведены без подробного описания (для которого, кстати, на странице 21 есть свободное место), поэтому для их полного понимания требуется обращаться к тексту диссертации.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ), подписанный профессором кафедры «Авиа- и ракетостроение» ОмГТУ, академиком Российской академии транспорта, доктором технических наук, профессором

Кузнецовым В.И., заведующим кафедрой «Авиа- и ракетостроение» ОмГТУ, кандидатом технических наук, доцентом Яковлевым А.Б., секретарем ученого совета ОмГТУ Немцовой А.Ф. – содержит замечания:

1. В задачах исследования (п.5) и заключении отмечены практические рекомендации по подготовке оптимизированного изделия к аддитивному производству. Однако по тексту автореферата этот результат никак не отражен.

2. Существенное количество опечаток по тексту автореферата.

3. На рис. 10 не указаны методы доработки оптимальной геометрии (их четыре, с 1 по 4), тогда как на рис. 11 показаны три метода в соответствие с табл. 1.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ), подписанный профессором кафедры «Прикладная математика и системный анализ» СГТУ имени Гагарина Ю.А., доктором технических наук, профессором Поповым В.С., ученым секретарем ученого совета СГТУ имени Гагарина Ю.А. Тищенко Н.В. – содержит замечания:

1. Из текста не ясно приведенные на рис. 2-3 примеры реализации топологической оптимизации методами SIMP, ТАЭМС выполнены автором самостоятельно или взяты из некоторого источника.

2. В формулу (1) входит функция $F(x;y)$ – преобразования проектных параметров в рамках заданных допустимых ограничений. Далее указывается, что данная функция уточняется по результатам анализа взаимозависимостей исследуемых параметров, однако окончательный вид функции в автореферате не приведен.

3. Ряд ссылок в списке публикаций по теме диссертации оформлен без учета рекомендованных требований по ГОСТ 7.0.11. – 2011.

4. Кроме того, в автореферате имеются опечатки и несогласованные предложения. Например, стр. 8 первый абзац сверху, стр. 9 второе предложение второго абзаца сверху.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «Авиационная холдинговая компания «Сухой», подписанный первым заместителем генерального директора – директором ОКБ Сухого Стрельцом М.Ю., Ведущим инженером 1-го класса отдела 100, кандидатом технических наук Роем Р.И. – содержит замечание:

к недостаткам работы можно отнести отсутствие подробного анализа важнейшего направления топологической оптимизации – деталей в виде

тонкостенных оболочек со внутренними полостями и подкреплениями, обеспечивающими устойчивость конструкциям, а также галтелями и скруглениями, снижающими концентрацию напряжений в конструкции.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Воткинский завод», подписанный первым заместителем главного конструктора по спецтехнике Щеткиным Д.М. – содержит замечание:

в качестве замечания по тексту автореферата следует указать отсутствие в нем указания значимости предлагаемого программного обеспечения с точки зрения инновационного развития ракетно-космической промышленности в России в принципе, и производственного процесса АО «Корпорация «МИТ» в частности.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», подписанный генеральным директором АО «ФНПЦ «Алтай», кандидатом технических наук Певченко Б.В., начальником отдела АО «ФНПЦ «Алтай», доктором технических наук Анисимовым И.И., ученым секретарем АО «ФНПЦ «Алтай», кандидатом технических наук Егоровой Л.Г. – содержит замечания:

1. В положениях, выносимых на защиту (стр. 6), элементах научной новизны (стр. 6), в главе 2 (стр. 14) и заключении (стр. 22) указывается о разработке 5-ти различных (по назначению) методик. Однако в автореферате и списке работ, оформленных по теме диссертации, отсутствует информация о разработанных автором методиках. Представленный на стр. 22 материал по структуре и содержанию не является методикой. Очевидно, это стилистический недостаток оформления автореферата.

2. В автореферате отсутствуют указания об области применения предлагаемых принципов геометрического и численного моделирования рассматриваемых конструкций (в части используемых материалов и разработанного методического обеспечения).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Фрейлехмана С.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Пухов Андрей Александрович имеет ученую степень доктора технических наук по специальностям 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования» (технические науки), также является директором проектного комплекса «Гражданские самолеты» Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е Жуковского». За

предыдущие 5 лет имеет 4 научные публикации в рецензируемых научных изданиях, а также в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

Данилкин Евгений Васильевич имеет ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов» (технические науки). За предыдущие 5 лет имеет 4 научных публикации в рецензируемых научных изданиях, а также в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации.

Вышеизложенное позволяет считать, что **выбор официальных оппонентов является обоснованным**, соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней, утвержденному Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями от 01.10.2018 и 26.05.2020) и Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 1093 от 10 ноября 2017 г.

Выбор ведущей организации обоснован тем, что в ведущей организации работают специалисты, достижения которых широко известны в областях исследований, в том числе и по тематике диссертации, что подтверждается их публикациями:

1. Modeling of Interaction of the Mechatronic Unit Segments in the Adaptable Part of an Aircraft Wing / Н.Г. Шаронов, А.М. Макаров, А.В. Ивченко, А.Ю. Горелова // *Advances in Automation : Proceedings of the International Russian Automation Conference (RusAutoCon 2019) (Sochi, Russia, September 8-14, 2019)* / eds.: A. A. Radionov, A. S. Karandaev ; South Ural State University (National Research University). – Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2020. – P. 1113-1123. – URL : <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39225-3>. – (Book Ser.: Lecture Notes in Electrical Engineering (LNEE); vol. 641)

2. Макаров, А.М. Use of additive technologies to increase effectiveness of design and use of a vacuum gripping devices for flexible containers [Электронный ресурс] / А.М. Макаров, О.В. Мушкин, М.А. Лапиков // *MATEC Web of Conferences. Vol. 224: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2018 (ICMTME 2018) (Sevastopol, Russia, 10-14 September, 2018): conference proceedings* / ed. by S.

Bratan [et al.] ; Sevastopol State University, National University of Science and Technology «MISiS», Polzunov Altai State Technical University, Inlink Ltd., International Union of Machine Builders. – [Publisher: EDP Sciences], 2018. – 6 p. URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/83/matecconf_icmtmte2018_01082.pdf.

3. Макаров, А.М. Использование твердотельного компьютерного моделирования при разработке и модернизации конструкций захватных устройств для гибких контейнеров / А.М. Макаров, М.П. Кухтик, О.В. Мушкин // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2016. - № 8. - С. 15-19.

4. Плотников, А.Л. Автоматизированные способы определения значений параметров процесса токарной и фрезерной обработки на станках с ЧПУ: монография / А.Л. Плотников, А.С. Сергеев, Т.В. Уварова. - Волгоград ; Старый Оскол, 2017. - 211 с.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **предложена и апробирована** методика послойного сглаживания и подготовки электронной модели изделия к аддитивному производству;

- **разработаны** алгоритм и программный модуль, позволяющие повысить точность результатов моделирования силовых изделий конструкции летательного аппарата и сократить технологические издержки на этапах проектирования и производства изделий, прошедших процедуры топологической оптимизации;

- **доказано**, что оптимизация конструктивно-силовой модели за счет исключения лишних элементов конструкции сопровождается уменьшением массы при параметрах прочности, соответствующих заданному значению;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что автоматизация процесса доработки и подготовки оптимизированной электронной модели изделия к производству снижает уровень издержек, а повышение качества подготовительных работ перед непосредственным производством положительно сказывается на снижении сухой массы летательного аппарата;

- применительно к анализируемой в диссертационной работе проблеме результативно **использован** метод «томографии» электронной модели изделия в качестве инструмента верификации изделий, получаемых с использованием аддитивных технологий;

- **изложены и реализованы** подходы, улучшающие технологическую подготовку оптимизированной электронной модели изделия к производству, детально обоснованы полученные результаты экспериментов;

- **решена задача** минимизации конструктивной массы силовых элементов методом топологической оптимизации с применением методики послойного сглаживания;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается:

- **сходимостью** результатов апробации и сравнением математическими конечно-элементными моделями;

- **апробированием** методики послойного сглаживания геометрии электронных моделей изделий ЛА;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **погрешность** методики послойного сглаживания, полученная при верификации тестовых электронных моделей, составляет от 3 до 5 %;

- **допущения**, принятые при разработке методики корректны, достоверны и обоснованы;

- **сходимость** полученных в диссертационной работе результатов с результатами экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **разработке** методики послойного сглаживания электронной модели изделия;

- **создании** алгоритмов для реализации программного обеспечения;

- **разработке** программного обеспечения, реализующего созданную методику;

- проведение **верификации** разработанной методики путём сравнения с экспериментальными данными результатов проектно-технологической подготовки оптимизированных изделий к производству с применением существующих методов и инструментов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательным и логичным планом исследования.

На заседании «25» декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Фрейлехману А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий на заседании
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

 И. К. Туркин
25.12.2020

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

 А. Р. Денискина

25 декабря 2020 г.

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина

