

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д212.125.10

Соискатель: Е Вин Тун

Тема диссертации: Оценка эргономичности компоновки отсека оборудования летательного аппарата

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 Е Вин Туну 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
25.12.2020

Ученый секретарь
диссертационного совета Д212.125.10
к.т.н., доцент



Начальник отдела УДС МАИ 25.12.2020
Т.А. Аникина

А.Р. Денискина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.10,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ ИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25 декабря 2020 г. № 26

Диссертация «Оценка эргономичности компоновки отсека оборудования летательного аппарата» по специальности по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» (технические науки) принята к защите 22 октября 2020 г., протокол № 17, диссертационным советом Д 212.125.10 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, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.10 - № 4/нк от 02 ноября 2012 г.

Соискатель Е Вин Тун, 1990 года рождения, гражданин Республики Союз Мьянма. В 2011 году соискатель окончил бакалавриат Янгонского университета по специальности «Инженерная математика», с 2011 г. по настоящее время проходит службу в вооруженных силах Республики Союз Мьянма. С 2013 по 2015 годы обучался в магистратуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) по специальности «Авиастроение».

С 2016 по 2020 гг. соискатель обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» и освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

Диссертация выполнена на кафедре 904 «Инженерная графика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор **Маркин Леонид Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» «МАИ», профессор кафедры 904 «Инженерная графика».

Официальные оппоненты:

Припадчев Алексей Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Летательные аппараты» Аэрокосмического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»,

Загордан Анатолий Александрович – кандидат технических наук, главный конструктор Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH (AMTES GmbH).

Официальные оппоненты дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН). В своем **положительном заключении**, подписанном главным научным сотрудником ИПУ РАН, начальником лаборатории 18, доктором технических наук профессором Алексеем Вячеславовичем Толоком и утвержденном директором ИПУ РАН, членом-корреспондентом РАН, доктором технических наук, профессором Дмитрием Александровичем Новиковым, отмечено:

Актуальность темы исследования обусловлена стремлением снизить стоимость жизненного цикла эксплуатируемых и вновь проектируемых изделий авиационной техники за счет снижения временных затрат на техническое обслуживание бортового оборудования в технических отсеках. Такая экономия осуществляется за счет повышения качества рабочего проектирования авиационной техники путем оценки эргономичности конструкции. Учет степени эргономичности проектных решений приведет к снижению временных затрат персонала на монтаж/демонтаж, текущее обслуживание и на проведение ремонтных и профилактических работ размещенного оборудования. В итоге это будет способствовать увеличению суточного налета авиационной техники, что повышает ее боевую или экономическую эффективность. Учет эргономического фактора при проектировании для повышения ремонтпригодности техники актуален не только для авиационной, но и для любой транспортной техники, в которой высокая плотность компоновки оборудования.

Научная новизна исследования и полученных результатов заключается в следующих основных пунктах:

1. Для оценки эргономичности компоновки предложен метод, основанный на построении допустимой траектории перемещения монтажного инструмента в точку использования как огибающей семейства мгновенных положений монтажного инструмента по всей траектории его перемещения, а также необходимого пространства для его использования. Построенная таким образом траектория компонуется как отдельный твердотельный объект.

2. Разработан универсальный метод формирования рецепторных (воксельных) моделей объектов любой геометрической сложности по их твердотельной модели, созданной в любой из CAD-систем.

3. Существенно модифицирован рецепторный (воксельный) метод использования геометрических моделей путем перехода от классической 2-х значной логики к 6-значной.

4. Разработаны на принципах ситуационного управления эвристические алгоритмы перемещения монтажного инструмента, направленные на выбор рациональных направлений перемещения инструмента к месту его использования с учетом областей запрета. Допустимые направления перемещения инструмента также определяются посредством использования рецепторных (воксельных) моделей.

5. Проведена верификация разработанного метода и реализующего его методик оценки эргономичности компоновки, а также оценка их эффективности.

Достоверность научных положений обеспечивается корректным использованием аппарата вычислительной геометрии и компьютерной графики, подтверждается тестированием разработанных геометрических моделей и созданного на их основе программного обеспечения на языке Microsoft C# и среды визуализации Unity как при решении тестовых задач с

заведомо известным результатом, так и внедрение ее результатов для оценки эргономичности компоновки в ООО «Гагаринский старт» и «Байкал Инжиниринг», государственной регистрацией программы для ЭВМ № 2020617602 от 08.07.2020 г., а также апробацией работы на научных конференциях.

Теоретическая значимость работы заключается:

- в разработке метода, использующего совершенно новый подход к оценке эргономичности компоновки - оценка возможности доставки монтажного инструмента в точку его использования;

- в существенной модификации рецепторного (воксельного) метода геометрического моделирования путем использования многозначной (6-ти значной) логики вместо классической 2-х значной.

- в разработке методики формирования рецепторной (воксельной) модели любой геометрической сложности.

Практическая значимость работы. Наибольшей практической ценностью обладают следующие результаты:

1. Разработанный метод оценки эргономичности компоновки приборного оборудования позволяет (с учетом указанных в диссертации допущений и ограничений) оценить результаты автоматизированного проектирования по критерию эргономичности, под которым понимается возможность выполнения монтажных работ максимально производительным оборудованием.

2. Доведен до уровня программного продукта разработанный универсальный метод формирования рецепторных (воксельных) моделей по исходным твердотельным геометрическим моделям в полностью автоматическом режиме.

3. Использование многозначных (6-ти значных) рецепторных геометрических моделей позволяет существенно расширить область их практического применения.

Рекомендации по практическому использованию результатов работы и выводов, приведенных в диссертации. Результаты исследования могут быть рекомендованы:

1. Для использования на этапах рабочего проектирования авиационной техники, а также на других этапах ее жизненного цикла – в технологическом проектировании, при глубокой модификации бортового оборудования, а также для повышения ремонтпригодности любой обслуживаемой техники (автомобильной, железнодорожной и т.п.).

2. Для оценки допустимых перемещений крупногабаритных объектов в ограниченных пространствах (например, строительной техники на ограниченной по размерам стройплощадке и т.п.).

3. Для использования рецепторных (воксельных) моделей, полученных по предложенной диссертантом методике из твердотельных, в других практических задачах (например, задачах оценки вложимости объектов, взаимного затенения и т.п.).

4. Для внедрения в учебный процесс вузов, занимающихся проектированием авиационной техники (МАИ, МГТУ им. Баумана и др.) в курсах «Автоматизированное проектирование», «Геометрическое моделирование» и т.п.

По теме диссертаций опубликовано 16 научных работ, включая 4 в рецензируемых научных изданиях, 2 – в рецензируемых в SCOPUS, научная монография в международном издательстве Lambert Academic Publishing, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Перечень работ, в рецензируемых научных изданиях:

1. Куи Мин Хан, Маркин Л.В., Е Вин Тун, Корн Г.В. Дискретные модели геометрического моделирования компоновки авиационной техники // Электронный журнал «Труды МАИ», 2016, № 86. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=66465>.

2. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Дискретные модели обеспечения зон обслуживания и автоматизированной компоновки летательных аппаратов //

Электронный журнал «Труды МАИ», 2017, № 96. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=85901>.

3. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Обеспечение требований эргономики в автоматизированной компоновке оборудования // Геометрия и графика, Том 7, № 3, 2019. – С. 70 – 85.

4. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Построение рецепторных геометрических моделей объектов сложных технических форм // Геометрия и графика, Том 7, № 4, 2019. – С. 44 – 56.

Перечень работ, рецензируемых SCOPUS:

1. Ye Win Tun and L.V. Markin. Methods of formation of receptor (voxel) geometric models for automated layout tasks // 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 687 044050 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/687/4/044050> (SCOPUS)

2. Ye Win Tun and L.V. Markin. Usage of receptor (voxel) geometric models in the tasks of evaluating the ergonomics of engineering equipment of building structures // 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 687 044050.

Научные монографии:

1. Куи Мин Хан, Маркин Л.В., Е Вин Тун, Корн Г.В. Рецепторные модели в задачах автоматизированной компоновки техники. - Саарбрюкен, изд-во Ламберт, 2016. - 110 С.

Другие публикации:

1. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Использование рецепторных геометрических моделей для обеспечения зон обслуживания проектируемой техники // Сб. тезисов конф. «Авиация и космонавтика-2016», М.: МАИ, 14-18 ноября 2016, с. 512-513.

2. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Компьютерное моделирование зон обслуживания авиационной и космической техники // Сб. тезисов конф. «Гагаринские чтения-2016», М.: МАИ, 12-15 апреля 2016, Том 3, с. 62-63.

3. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Использование рецепторных геометрических моделей для обеспечения зон обслуживания оборудования летательных

аппаратов // Сб. тезисов конф. «Гагаринские чтения-2017», М.: МАИ, 5-19 апреля 2017, с. 1010-1011.

4. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Геометрические модели компоновки авиационной техники с учетом возможности монтажа и обслуживания размещенных объектов // Сб. тезисов конф. «Авиация и космонавтика-2017», М.: МАИ, 20-24 ноября 2017, с. 381-382.

5. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Универсальный способ получения дискретного описания геометрических объектов в задачах автоматизированной компоновки авиационной техники // Сб. тезисов конф. «Гагаринские чтения-2019», М.: МАИ, 16-19 апреля 2017, с. 721.

6. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Геометрическое моделирование зон обслуживания авиационной и космической техники // Сб. тезисов конф. «Авиация и космонавтика-2018», М.: МАИ, 19-23 ноября 2018, с. 417- 418.

7. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Геометрические модели автоматизированной компоновки авиационной техники с учетом технологических и эргономических факторов // Сб. трудов конф. «Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации», г.Алушта.: МИФИ, 14-20 сентября 2019, с. 119.

8. Е Вин Тун, Маркин Л.В. Универсальный способ построения рецепторных геометрических моделей объектов сложных технических форм // Сб. тезисов конф. «Авиация и космонавтика-2019», М.: МАИ, 18-22 ноября 2019, с. 187 и 486.

Государственная регистрация программ для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020617602 от 08 июля 2020 г. «Программный комплекс для автоматизированной компоновки твердотельных моделей в рецепторном (воксельном) представлении».

На диссертацию и автореферат поступили отзывы. В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий

обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость и рекомендации по использованию результатов. **Все отзывы положительные.**

Отзыв на диссертацию ведущей организации - федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН).

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Серьезным ограничением представленного в диссертации метода построения траектории инструмента является то, что эвристические алгоритмы не предусматривают «движение назад» из возможных ситуационных тупиков при перемещении инструмента в точку использования.

2. В диссертации не рассмотрен и другой вариант возможной ситуационной ловушки, связанной с определением расстояний до ближайшего препятствия. Тестовый рецептор, посылаемый по одному из 17 направлений поиска, может попасть в узкую щель, через которую одиночный рецептор пройдет, а весь монтажный инструмент – нет. Полученное таким образом и возвращенное в алгоритм расстояние до ближайшего препятствия по этому направлению будет ошибочно завышенным.

3. Расчет угловых положений монтажного инструмента производится на основании матричного представления углов Эйлера-Крылова. Диссертация бы выиграла, если было бы рассмотрено использование для этой цели математического аппарата кватернионов.

4. Количество из 8 пунктов научной новизны исследования, указанные на страницах 8-9 диссертации и странице 4 автореферата, можно было бы сократить путем их объединения, тем более, что некоторые из них носят постановочный характер.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Припадчева Алексея Дмитриевича – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Летательные аппараты» Аэрокосмического

института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет». **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В эвристических алгоритмах формирования траектории перемещения монтажного инструмента не предусмотрено движение инструмента назад от обслуживаемого объекта, что может привести к прокладыванию траектории «в тупик».

2. Хотя в диссертации говорится об оценке эргономичности компоновки бортового оборудования летательных аппаратов, все тестовые примеры диссертации иллюстрируют обслуживание отсеков с механическими элементами управления летательных аппаратов.

3. В работе выполнено моделирование траекторий доставки в точку монтажа рабочих инструмента, однако неясно, сможет ли человек удерживать инструмент в руке при заданной форме траектории, обходя различные агрегаты в заданном положении в процессе монтажа, а так-же хотелось бы видеть в работе возможность применения инструмента со стационарным пневматическим или электрифицированным источником питания, т.к. показатели эргономичности, из-за наличия питающего кабеля или шланга, будут отличаться от представленных аккумуляторных вариантов исполнений инструмента.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Загордана Анатолия Александровича – кандидата технических наук, главного конструктора Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH (AMTES GmbH). **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В диссертации отсутствуют сведения о базе данных монтажных инструмента, в которой должны содержаться сведения об их габаритах, видах монтажных операций, производительности выполнения работ, необходимом рабочем пространстве для выполнения монтажных операций и ряд других сведений;

2. Все приведенные в диссертации примеры основаны на использовании исключительно твердотельных моделей как самих монтажных инструментов, так и всего отсека, в котором производится обслуживание оборудования. К сожалению, нигде не показаны примеры получения исходной информации для эргономического проектирования непосредственно из электронного геометрического макета изделия (ЭГМИ);

3. Практическая ценность диссертации значительно бы возросла, если бы в выявленных местах отсека, в которых перемещение монтажного инструмента или обслуживание оборудования данным монтажным инструментом невозможно, можно было бы получить рекомендации для конструкторов об изменении исходной компоновки с целью улучшения ее эргономичности.

Отзыв на автореферат диссертации ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», подписанный профессором кафедры «Управление и защита информации», доктором технических наук, профессором В.Г. Сидоренко. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- из автореферата непонятно, каким образом по расчетным графикам параметров траектории перемещением монтажного инструмента (например, рисунок 16 на стр. 20 автореферата) выявляется факт пересечения траектории с областями запрета, т.е. невозможность проведения обслуживания компоновки данным монтажным инструментом.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», подписанный доцентом кафедры «Информационные измерительные системы и технологии», кандидатом технических наук, доцентом А.В. Шулеповым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- в автореферате отсутствуют какие-либо данные о других возможных путях использования разработанного диссертантом метода оценки эргономичности компоновки, например, в задачах технологического проектирования.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Авиационный комплекс им. С.В.Ильюшина» (группа компаний ОАК), подписанный начальником управления конфигурации изделия С.А. Рылецким, начальником отдела управления требованиями кандидатом технических наук И.А. Петровым и утвержденный главным конструктором ПАО «Ил» С.В.Ганиным. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

1. В автореферате нет упоминания современного ПО для оценки эргономики в электронном макете, например, модуля NX Jack и др. Хотя этот модуль не позволяет оптимизировать компоновку, но может оценить качество. Рационально рассмотреть его или подобные продукты.
2. В автореферате не достаточно явно для практической реализации описан алгоритм и эвристики.
3. Если рисунок 15 а автореферата считать созданным по нотации IDEF0, то там перепутаны направления стрелок.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», подписанный заведующим кафедрой математического и компьютерного моделирования, доктором физико-математических наук, доцентом Ю.А. Блинковым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- отсутствие в автореферате более подробного описания решающих правил ситуационного управления, определяющих возможные направления перемещения монтажного инструмента на каждом элементарном шаге траектории. Из автореферата непонятно, как выбирается вектор сдвига и поворота монтажного инструмента по данным 17-ти направлений локации, каждое из которых возвращает расстояние до ближайшего препятствия.

Отзыв на автореферат диссертации ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ), подписанный профессором Института системной и программной инженерии и информационных технологий (Институт

СПИНТех) НИУ «МИЭТ, доктором технических наук Е.М. Портновым.

Отзыв положительный. Имеется замечание:

- в автореферате не показано взаимодействие трех программных продуктов, в совокупности позволивших диссертанту решить поставленную задачу - среды программирования C#, макросов CAD - системы SolidWorks и системы визуализации Unity.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московская государственная художественно-промышленная академия им. С.Г. Строганова» (МГХПА им. С.Г. Строганова), подписанный заведующим кафедрой художественного проектирования интерьера кандидатом искусствоведения доцентом О.И. Кирьяновым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- в автореферате диссертации нет указаний на пути и возможности «конверсионного» использования полученных результатов, например при оценке эргономичности другой, чисто гражданской продукции.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э.Баумана), подписанный доцентом кафедры ИУ-1 «Системы автоматического управления», кандидатом технических наук А.И. Гавриловым. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- из автореферата непонятно, увеличит ли количество направлений, по которым определяются дистанции до ближайших препятствий, с 17 (как в диссертации) до большего их числа вероятность выбора заведомо существующего решения по формированию траектории перемещения монтажного инструмента.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (ПГТУ), подписанный доцентом кафедры начертательной геометрии и графики, кандидатом технических наук Т.А. Полушиной. **Отзыв положительный.** Имеется замечание:

- в автореферате диссертации не показаны возможные пути использования разработанного диссертантом метода для решения других технических задач, близких по своей природе к оценке эргономичности компоновки.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), подписанный профессором кафедры аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов, доктором технических наук В.В. Ефимовым. Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры 24 ноября 2020 г., протокол №4. **Отзыв положительный.** Имеются замечания:

- разработанное программное обеспечение вряд ли можно считать одним из пунктов научной новизны, как это делает автор, т.к. создание программного обеспечения является инженерной, а не научной задачей, его скорее можно отнести к практической значимости работы;
- в тексте встречаются несогласованные предложения.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области исследований диссертационной работы.

Припадчев Алексей Дмитриевич имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 05.02.22 «Организация производства (по отраслям)». За предыдущие 5 лет по теме диссертации им опубликовано более 15 научных публикаций в изданиях, индексируемых Scopus, а также входящих в перечень рецензируемых научных изданий.

Загордан Анатолий Александрович имеет ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». За предыдущие 5 лет им опубликовано 2 научные работы по проектированию авиационной техники в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий. Как главный конструктор Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH (AMTES GmbH) он обладает компетенциями в организации технического обслуживания бортового

оборудования как российской авиационной техники (Ан 124-100, Ил-76), так и зарубежной (Boeing 737/747/777 и Airbus A319/A320/A321).

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. 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 том числе в отрасли науки, соответствующей тематике диссертации:

1. Васильев С.Н., Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф., Дургарян И.С., Келина А.Ю., Кудинов И.Ю., Пащенко А.Ф. Intelligent Control Systems and Fuzzy Controllers. II. Trained Fuzzy Controllers, Fuzzy PID Controllers // AUTOMATION AND REMOTE CONTROL. 2020. Vol. 81 No. 5. С. 922-934 .

2. Толоч А.В., Толоч Н.Б., Плаксин А.М., Пушкарёв С.А., Локтев М.А. Визуальная диагностика физических величин на основе метода функционально-воксельного моделирования // Научная визуализация. 2020. Т. 12, № 3. С. 51-60.

3. Толоч А.В., Толоч Н.Б. Constructing the Functional Voxel Model for Terrain on the Basis of Bilinear Interpolation of Triangulated Network // Advances in Intelligent Systems and Computing (Silhavy R. (eds) Applied Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems. CSOC 2020). 2020. Vol. 1226. С. 340-347.

4. Разумовский А.И., Локтев М.А. Dualism for CAD-system creation based on natural-intellectual representation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 709. С. 044053 (1-7).

5. Толоч А.В., Харланова П.М., Сизова Л.Н., Локтев М.А., Сычева А.А. Моделирование алгоритмов управления группами мобильных роботов средствами функционально-воксельного метода // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2020. № 4. С. 76-81.

6. Толок А.В., Толок Н.Б. Mathematical Programming Problems Solving by Functional Voxel Method // Automation and Remote Control. 2018. Vol. 79 (72), Vol. 9 (№.12). С. 1703-1712 (345-354).

7. Толок А.В., Плаксин А.М. Функционально-воксельная модель в задачах интеллектуализации систем автоматизированного проектирования / Вестник МГТУ Станкин. М.: МГТУ Станкин, 2017. № 2 (41). С. 75-78.

8. Толок Н.Б., Толок А.В. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ВОКСЕЛЬНЫЙ МЕТОД КОМПЬЮТЕРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ // Научная визуализация. 2017. Т.9, № 2. С. 1-12 <http://sv-journal.org/2017-2/01.php?lang=ru>.

9. Толок А.В., Толок Н.Б. Решение задач математического программирования функционально-воксельным методом // Проблемы управления. 2017. № 3. С. 37-42.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

- **разработан** метод оценки эргономичности компоновки оборудования летательных аппаратов, основанный на оценке возможности доставки монтажного инструмента в точку его использования и наличия достаточного пространства для выполнения монтажных операций;

- сформулирована физическая и математическая постановка задачи эргономичности компоновки как многокритериальная задача математического программирования.

- **показана** перспективность использования рецепторного (воксельного) метода геометрического моделирования для решения поставленной задачи – автоматизированной компоновки сложных технических объектов с учетом эргономического фактора (возможности обслуживания размещенной техники).

- **разработана** методика построения траектории перемещения монтажного инструмента в точку использования и обеспечения необходимого для него рабочего пространства, основанная на использовании принципа ситуационного управления и эвристических алгоритмах;

- **разработан** универсальный метод формирования рецепторных (воксельных) моделей объектов любой геометрической сложности по их твердотельной модели, созданной в любой из CAD-систем.

- **выполнены вычислительные эксперименты** по оценке достоверности, производительности и эффективности предложенного метода и реализующего его алгоритмического и программного обеспечения;

- предложенный метод и обеспечивающие его методики **применены** в инженерной практике ООО «Гагаринский старт» и ООО «Байкал - Инжиниринг», а также **внедрены** в учебный процесс МАИ.

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

- **предложен метод** оценки эргономичности компоновки оборудования, в котором реализован новый подход – как оценка возможности размещения траектории перемещения монтажного инструмента к месту использования как твердотельного объекта среди других уже размещенных объектов;

- **разработаны** методики (формирования рецепторных (воксельных) моделей объектов любой сложности по их твердотельным моделям, выбор параметров возможного перемещения монтажного инструмента), в совокупности обеспечивающих реализацию разработанного метода оценки эргономичности размещения бортового оборудования.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработан** подход, позволяющий производить выбор наиболее высокопроизводительного оборудования (с учетом его размеров и формы), позволяющего производить монтажные операции в техническом отсеке конкретного летательного аппарата;

- **разработано** математическое и программное обеспечение, позволяющее решить поставленную задачу и визуализировать полученные результаты, на которое получено свидетельство о государственной регистрации;

- результаты работы были использованы в проектных организациях ООО «Гагаринский старт», ООО «Байкал - Инжиниринг» и в учебном процессе МАИ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теоретические выводы**, в частности математические и геометрические модели, получены достоверными методами на основе достоверных данных, описывающих сущность анализируемого явления и отвечающих поставленным целям и задачам работы;

- **корректность выводов** обеспечивается корректным применением аппарата вычислительной геометрии и компьютерной графики и подтверждается тестированием разработанных геометрических моделей и созданного на их основе программного обеспечения на языке Microsoft C# и среды визуализации Unity как при решении тестовых задач с заведомо известным результатом;

- разработанные в ходе исследования метод и обеспечивающие его методики были **апробированы** в ООО «Гагаринский старт», «Байкал Инжиниринг» и МАИ, а также подтверждены государственной регистрацией программы для ЭВМ;

- основные положения и результаты работы **опубликованы** в рецензируемых научных журналах, в изданиях, индексируемых Scopus, научной монографии, а также доложены на научно-технических конференциях Всероссийского и Международного значения.

Личный вклад соискателя:

- анализ существующих методов оценки и обеспечения эргономичности авиационных конструкций;

- постановка задачи исследования;

- предложение математической и геометрической модели оценки эргономичности;

- программная реализация предложенных геометрических и математических моделей (включая среду их визуализации);

- верификация разработанного метода, оценка полученных результатов.

Соискатель принимал непосредственное участие в организации и выполнении исследований по всем разделам диссертации: анализ имеющегося опыта, разработка и описание математических и геометрических моделей, методик расчетов и анализ результатов, разработке программного обеспечения, его тестированию и верификации, анализ результатов численного эксперимента, формулировка положений исследования, выводов и практических рекомендаций, подготовка материалов для публикации. Также соискатель проводил моделирование оцениваемых на эргономичность конструкций в САД-системе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы, методическая организация работы позволила автору логично и последовательно решить поставленные задачи.

Использование современных методологических подходов, корректная обработка числовых данных, объективность выбора в изложении концептуальных положений диссертации, а также правильная интерпретация научных результатов и выводов позволяет считать полученные результаты достоверными и обоснованными.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, обладающим научной новизной, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение в создании изделий авиационной техники. В диссертации представлены новые, обоснованные результаты, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 25 декабря 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Е Вин Туну ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппа-

ратов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали:

за - 16 ,


против - нет ,

недействительных бюллетеней - нет .

Председатель Диссертационного
совета Д212.125.10
д.т.н., профессор


И.К. Туркин
25.12.2020

Ученый секретарь Диссертационного
совета Д212.125.10
к.т.н., доцент


А.Р. Денискина
25.12.2020

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина 
