



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
**ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ
УПРАВЛЕНИЯ**
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Профсоюзная ул., д. 65, Москва, ГСП-7, 117997
Тел. (495)334 89 10. Факс (495)334 93 40
E-mail: dan@ipu.ru; http://www.ipu.ru
ОКПО 00229530, ОГРН 1037739269590
ИНН/КПП 7728013512/772801001

07.12 2020 г. № 46-18/2203
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПУ РАН
Д.А.Новиков

« _____ » _____



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Е Вин Туна

«Оценка эргономичности компоновки отсека оборудования летательного аппарата» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

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.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

08.12.2020

Целью диссертационной работы является разработка метода оценки эргономичности компоновки авиационной техники по критерию возможности доставки монтажного инструмента в точку его использования и обеспе-

чения необходимого для осуществления монтажных операций свободного пространства.

Для достижения поставленной цели в рамках данной диссертации потребовалось решение следующих задач:

1. Разработка геометрических моделей описания формы монтажных инструментов и траекторий их перемещения в точку использования с учетом дополнительных конструктивных и технологических требований (заданных точек исходного и рабочего положения инструмента, возможность его перемещения между уже размещенными объектами, возможность обеспечения рабочего пространства для доставленного монтажного инструмента).

2. Разработка математического и программного обеспечения для реализации предложенной модели проектирования трассы перемещения монтажного инструмента с учетом дополнительно заданных конструктивных и технологических ограничений.

3. Исследование и верификация разработанного методического, алгоритмического и программного обеспечения.

4. Внедрение полученных результатов в процесс реального проектирования и учебный процесс.

Для достижения цели диссертантом решены следующие задачи, представляющие собой отдельные методики, в совокупности обеспечивающие разработанный в диссертации метод оценки эргономичности:

1. Формирование в автоматическом режиме рецепторной модели любой геометрической сложности по исходной твердотельной модели из любой САД-системы.

2. Разработка эвристических алгоритмов формирования траектории перемещения монтажного инструмента методом ситуационного управления, который оценивает расстояния до ближайших препятствий по 17 направлениям на каждом шаге перемещения инструмента к месту его использования.

3. Визуализация как всей тестируемой на эргономичность конструкции, так и траектории перемещения монтажного инструмента.

Содержание диссертации. Диссертационное исследование Е Вин Туна состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и 5 приложений. Общий объем диссертации составляет 154 страницы.

Во введении проведено обоснование актуальности темы исследования, степени ее разработанности, целей и задач проводимого исследования, места

данного исследования среди проводимых исследований в смежных областях науки и техники.

В первой главе показана роль и место эргономического проектирования в снижении затрат на обеспечение жизненного цикла авиационной техники, описаны классические и компьютерные методы обеспечения эргономичности компоновочных решений. Показано, что даже использование современных компьютерных соматографических манекенов не решает задачи объективной оценки эргономичности конструкции, так как движения манекена формируются на основе опыта и интуиции проектанта. Описаны подходы к полностью автоматическому формированию траектории доставки монтажного инструмента к месту его использования. Так же проведен анализ решения подобных задач выбора направлений перемещения в смежных областях техники (для роботов-манипуляторов и летающих дронов).

Во второй главе обоснован выбор метода решения поставленной задачи. С учетом чрезвычайно сложной (с геометрической точки зрения) и непредсказуемой формы траектории доставки монтажного инструмента к месту его использования обоснован выбор рецепторного (воксельного) метода геометрического моделирования. Показано, что решающим аргументом в выборе такого подхода к решению поставленной диссертантом задачи является возможность сравнительно легкого выявления случаев взаимного пересечения объектов, описанных рецепторными (воксельными) моделями, а также возможность определения расстояния до препятствий по фиксированным направлениям. В данной главе диссертантом описана методика, устраняющая главное препятствие для практического использования рецепторных (воксельных) моделей – возможность формирования таких моделей для геометрических объектов любой сложной формы в автоматическом режиме.

В третьей главе достаточно подробно описан сам разработанный диссертантом метод оценки эргономичности компоновки, заключающийся в построении траектории перемещения монтажного инструмента к месту его использования и компоновки этой траектории как твердого тела среди уже размещенных объектов и элементов конструкции, выступающих областями запрета. Описаны эвристические алгоритмы выбора рациональных направлений перемещения монтажного инструмента на основании ситуационного подхода, в котором принятие решения о направлении движения инструмента производится путем оценки расстояний до препятствий по 17 направлениям. Проведена верификация предложенного метода - оценка его производительности, эффективности и влияния на эти показатели различных параметров

(прежде всего – выбранной дискретности геометрической модели), а также результаты внедрения результатов диссертации в промышленность (на примере ремоторизации самолета ТВС-2ДТС «Байкал»).

Заключение дает общую оценку диссертационной работы и отражает факт достижения поставленных целей и решения сформулированных задач.

Список литературных источников включает в себя 164 наименования (из них - 34 наименований на иностранных языках), что с необходимой полнотой охватывает тематику и положения, изложенные в диссертации.

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 САД-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 из-

вестным 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-значной) логики вместо классической 2-х значной.
- в разработке методики формирования рецепторной (воксельной) модели любой геометрической сложности

Практическая значимость работы. Результаты диссертационной работы имеют как научный, так и прикладной характер. Наибольшей практической ценностью обладают следующие из них:

1. Разработанный метод оценки эргономичности компоновки приборного оборудования действительно 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-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, МВТУ им. Баумана и др.) в курсах «Автоматизированное проектирование», «Геометрическое моделирование» и т.п.

Следует отметить, что практическая ценность данной диссертации могла бы быть многократно увеличена, если бы фирмы - разработчики САД-систем (КОМПАС, AutoCAD, SolidWorks и др.) обеспечили в своих разработках возможность сохранения твердотельных моделей в рецепторной (воксельной) форме с заданной дискретностью по предложенной в данной диссертации методике.

Апробация работы и публикации.

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

Материалы диссертационной работы Е Вин Туна доложены, обсуждены и одобрены на 8 Международных научных конференциях:

1. 15-я Международная конференция «Авиация и космонавтика-2016», М.: МАИ, 14-18 ноября 2016 г.;

2. XLII Международная конференция «Гагаринские чтения-2016», М.: МАИ, 12-15 апреля 2016 г.;

3. XLIII Международная молодежная конференция «Гагаринские чтения-2017», М.: МАИ, 5-19 апреля 2017 г.;

4. 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика-2017», М.: МАИ, 20-24 ноября 2017 г.;

5. 17-я Международная конференция «Авиация и космонавтика-2018», М.: МАИ, 19-23 ноября 2018 г.;
6. XLV Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения-2019», М.: МАИ, 16-19 апреля 2019 г.;
7. XXVIII Международная научно-техническая конференция «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации», г.Алушта.: МИФИ, 14-20 сентября 2019 г.;
8. 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика-2019», М.: МАИ, 18-22 ноября 2019 г.

К достоинствам работы, помимо ее безусловной актуальности и научной новизны, можно отнести:

1. Широкое использование в данном исследовании современных информационных технологий в виде интеграции в единый вычислительный комплекс среды программирования C#, макросов SolidWorks и среды визуализации Unity.
2. Доведение результатов исследования до уровня программного продукта с его государственной регистрацией, их исследование и верификация.
3. Внедрение результатов исследования в практику проектирования и учебный процесс МАИ.
4. Значительное количество публикаций и докладов на конференциях.

В диссертационной работе выявлены следующие недостатки:

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.

Следует признать, что высказанные замечания не снижают общего научного уровня и практической значимости диссертационной работы как законченного научного исследования и не изменяют ее общей положительной оценки. Диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа Е Вин Туна соответствует паспорту специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» по следующим пунктам паспорта специальности:

П.1. Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА с учетом особенностей технологии изготовления и обработки, механического и теплового нагружения, характеристик наземного комплекса и неопределенности реализации проектных решений.

П. 4. Исследование и анализ способов интенсификации проектирования и модернизации существующих ЛА с учетом накопленного опыта.

П. 9. Разработка методов, моделей и программного обеспечения для принятия оптимальных решений с целью исследования проектно-конструкторских задач при заданных ограничениях с учетом их компромиссного характера, риска и различимости сравниваемых вариантов изделий (процессов).

П. 15. Технологические процессы проектирования, программирования и информационного обеспечения при производстве летательных аппаратов, двигателей и их составных частей, включая технологию и средства:

- автоматизированного проектирования технологических процессов и управления ими;
- математического моделирования технологических процессов;

Относительно стиля и качества оформления диссертации следует отметить ее логическую стройность, литературный язык, обилие ссылок на результаты исследований других авторов, качественные рисунки и графики, помогающие восприятию изложенного материала. Диссертация по своему оформлению полностью соответствует существующему ГОСТу. **Автореферат** диссертации Е Вин Туна с достаточной полнотой отражает содержание диссертации и позволяет составить целостное представление о проделанной работе. По объему и оформлению автореферата замечаний нет.

Заключение: диссертационная работа Е Вин Туна решает новым методом актуальную техническую задачу повышения качества и эффективности использования проектируемой авиационной техники, имеет практическую ценность и выполнена на высоком научном уровне. Она полностью соответствует критериям, предъявляемым п.п. 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (принятым Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842) к кандидатским диссертациям, а ее автор Е Вин Тун заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на диссертацию обсужден и единогласно одобрен на научном семинаре лаборатории № 18 « 3 » декабря 2020 г.

Главный научный сотрудник ИПУ РАН
начальник лаборатории 18
д.т.н. профессор

А.В.Толок

Подпись Алексея Вячеславовича Толока удостоверяю

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова (ИПУ РАН)
Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
Телефон: +7 495 334-89-10.
E-mail: dan@ipu.ru

