

На правах рукописи



**ДЕГТЯРЕВ ВЯЧЕСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ**

**МЕТОДИКА СЕРТИФИКАЦИИ УСТРОЙСТВ ИМИТАЦИИ ПОЛЕТА,  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ ЭКИПАЖЕЙ ПО ВЫВОДУ  
ВОЗДУШНОГО СУДНА ИЗ СЛОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ  
ПОЛОЖЕНИЙ**

Специальность: 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА).

**Научный руководитель:** **Машошин Олег Федорович** - доктор технических наук, профессор, декан механического факультета, заведующий кафедрой «Двигатели летательных аппаратов» ФГБОУ ВО МГТУ ГА.

**Официальные оппоненты:** **Шапкин Василий Сергеевич** - доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, Первый заместитель генерального директора НИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского»;

**Колокольников Филипп Аркадьевич** - кандидат технических наук, заместитель начальника отдела технических средств обучения 170.172 КБ ИЦ им. А.С. Яковлева ПАО «Корпорация «Иркут».

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

Защита диссертации состоится 18 мая 2022 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 223.011.01, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) по адресу:

125993, г. Москва, Кронштадтский б-р, 20.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО МГТУ ГА и на сайте ФГБОУ ВО МГТУ ГА [www.mstuca.ru](http://www.mstuca.ru)

Автореферат разослан «      » \_\_\_\_\_ 2022г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 223.011.01  
доктор технических наук, профессор

 Самойленко В.М.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность и степень проработанности темы.** Принятые еще в конце прошлого века "Нормы годности авиационных тренажеров для подготовки авиационного персонала воздушного транспорта" в настоящее время устарели и не обеспечивают проведения сертификации даже современных устройств имитации полета на мировом уровне, не говоря уже о перспективных моделях УИП, тем самым ставя под угрозу уровень безопасности полетов и жизни пассажиров в нашей стране.

С развитием технологий построения современных тренажерных систем, появилась возможность создания устройств имитации полета (УИП), способных имитировать попадания ВС в СПП и перегрузки в них. Для проведения сертификации таких УИП, требуется создание совершенно новой методики сертификации, которая будет учитывать весь накопленный по данному вопросу мировой опыт и особенности перспективных УИП, которые только готовятся быть запущены в серийное производство. Данная методика сможет использоваться так же и при проведении сертификации уже действующих УИП на мировом уровне.

Данным вопросом занимались: Хосман, Адвани, Гибсон, Синакори, Шредер, и Джим Такатс, который возглавлял группу специалистов по системам подвижности, которая в сотрудничестве с Королевским авиационным обществом Великобритании (RAeS), Международной организацией гражданской авиации (ICAO) работали над проектом по созданию комплекса объективных критериев качества управления подвижностью (ObjectiveMotionCueingTests, ОМСТ).

В настоящее время оценка адекватности имитации полёта производится тест-пилотами по шкале Купера-Харпера. Такая оценка не может быть точной так как точность измерения перегрузки мозжечком человека составляет примерно 0.15g и варьируется от индивида к индивиду. Так же субъективная оценка не учитывает критерий Гибсона, критерий раскачки ВС, критерий Синакори и Шредера, Адвани. Учитывается только шкала Купера-Харпера. И тем более, такая методика не может быть применена к УИП, способным имитировать попадания в СПП.

Только в 2009 году в третьем издании документа 9625 (ИКАО) появился объективный метод оценки систем подвижности (англ. ОМСТ, ObjectiveMotionCueingTests). Общий принцип работы этого метода заключается в подаче на вход системы подвижности набора сигналов разной частоты и оценке сдвига фазы и затухания амплитуды её исполнительных механизмов. Этот метод позволяет объективно оценить технический уровень тренажёра, но до сих пор не реализованы объективные методики оценки качества имитации акселерационных воздействий на органы восприятия пилота и оценки корректности самих алгоритмов имитации.

Признавая тот факт, что по измеренным характеристикам нельзя провести оценку качества, пункт 3.5.3.1.10 (документ ICAO 9625, Part II, Appendix B — FSTD ValidationTests) гласит: «Границы будут проведены после того, как будет собрана достаточная база данных».

Создание новой методики и ее имплементация в документы, регламентирующие процесс сертификации УИП поможет гармонизации отечественного авиационного законодательства с мировой практикой и рекомендациями ИКАО. Это не только позволит повысить уровень безопасности полетов, но также будет способствовать выходу Российских авиационных тренажных систем на мировой рынок.

**Объектом исследования** являются современные и перспективные устройства имитации полета, предназначенные для тренировки летного состава выводу из сложных пространственных положений.

**Предметом исследования** является методика сертификации современных и перспективных устройств имитации полета, предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП, с автоматическим расчетом коэффициента подобия устройства имитации полета летательному аппарату, при проведении квалификационных испытаний.

**Цель диссертационной работы** – решение научной задачи совершенствования методик сертификации современных и перспективных устройств имитации полета, путем разработки методики сертификации перспективных УИП и компьютерной программы способной оценить коэффициент подобия системы имитации акселерационных эффектов УИП, предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП. Уход от применения субъективной оценки УИП при проведении его квалификационных испытаний.

Поставленная цель достигается решением следующих **основных задач**:

1. Анализ существующих технических средств обучения, применяемых при подготовке летного состава ГА, а также действующих нормативных документов, регламентирующих сертификацию и эксплуатацию УИП в целях подготовки летного состава.

2. Анализ существующих методов обучения летного состава ГА распознаванию и выводу из СПП.

3. Разработка технических требований к перспективным УИП, предназначенным для тренировки летного состава выводу из СПП.

4. Анализ методик сертификации УИП, применяемых в нашей стране и за рубежом, и документов, регламентирующих процессы создания, сертификации и эксплуатации УИП.

5. Разработка методики сертификации УИП, применяемых при обучении летного состава ГА выводу из СПП.

6. Разработка компьютерной программы, способной рассчитывать коэффициент подобия системы имитации акселерационных эффектов УИП, предназначенных для тренировки летного состава распознаванию и выводу из СПП при проведении квалификационных испытаний.

7. Получение графиков перегрузок настоящего ВС, существующих УИП и перспективных УИП в сложных пространственных положениях. Анализ этих графиков и создание методики расчета коэффициента подобия.

**Методы исследования** основаны на использовании положений теории вероятности, методов сравнительного анализа, инженерии знаний и

математического моделирования. В разработке программного обеспечения использовалась технология объектно-ориентированного программирования.

**Научная новизна работы состоит в следующем:**

Сформулированы технические требования к современным УИП, а так же к перспективным УИП, способным имитировать попадания в СПП и вывод из них.

Дано обоснование необходимости разделения УИП на 5 классов.

Разработана методика сертификации всех видов существующих УИП, а так же перспективных УИП предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП, гармонизированная с международными требованиями, стандартами и практикой.

Разработано программное обеспечение, способное вычислять коэффициент подобия УИП настоящему ВС, в том числе при имитации попадания в СПП.

Проведены испытания созданного программного обеспечения в реальных условиях на ВС нескольких типов и на существующих УИП данных типов ВС.

Предложены рекомендации по имплементации созданной методики сертификации современных и перспективных УИП в документы, регламентирующие сертификационный процесс в Российской Федерации, для улучшения уровня безопасности полетов и гармонизации Российской авиационной правовой базы с международной.

**На защиту выносятся:**

Методика сертификации УИП, предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП.

Методика определения коэффициента подобия имитации акселерационных эффектов УИП реальному ВС, при проведении тренировок и имитации попадания в СПП.

Разработанное и опробованное экспериментально программное обеспечение, предназначенное для определения коэффициента подобия имитации акселерационных эффектов УИП настоящему ВС, при проведении тренировок и имитации попаданий в СПП.

Результаты практических испытаний созданного программного обеспечения для сертификации перспективных УИП и определения их коэффициента подобия реальному ВС при проведении тренировок и имитации попадания в СПП.

**Практическая ценность работы** состоит в том, что её результаты позволяют:

Использовать разработанную методику для сертификации как действующих УИП, так и перспективных УИП предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП.

Применить созданное программное обеспечение для целей сертификации действующих и перспективных моделей УИП и расчета коэффициента подобия имитации акселерационных эффектов реальному ВС, а так же для сертификации УИП при имитации попадания в СПП.

Применить разработанный математический аппарат для создания новых видов программного обеспечения, которое может быть использовано в целях сертификации всех типов УИП.

Улучшить уровень безопасности полетов, путем тренировки летного состава выводу из СПП, на УИП нового поколения.

Имплементировать настоящую методику сертификации УИП в документы, регламентирующие сертификационный процесс в Российской Федерации, для гармонизации процесса сертификации с международными стандартами, применяемой практикой и требованиями руководящих документов ИКАО.

**Достоверность** результатов диссертационного исследования строится на корректном применении методов исследования и использовании современного математического аппарата. Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечена проведением проверки полученных результатов в реальных условиях на ВС и УИП, применяемых в настоящее время в учебных центрах, и еще находящихся на этапе разработки и испытаний. Теоретические положения научного исследования основаны на методиках подготовки летного состава, применяемых в настоящее время и на международных документах, относящихся к данной тематике.

**Личный вклад автора.** Автором сформулированы требования, предъявляемые к устройствам имитации полета, предназначенным для подготовки летного состава выводу из СПП. Разработана компьютерная программа, способная записывать графики прироста перегрузки по трем осям и, сравнивая их, вычислять в автоматическом режиме коэффициент подобия устройства имитации полета реальному ВС при попадании в СПП. Проведены испытания созданного ПО в реальных условиях на ВС и УИП. Разработана методика сертификации перспективных устройств имитации полета, предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП.

В опубликованных в соавторстве работах автору принадлежат постановка задачи, результаты теоретических и практических исследований, анализ проблем, рекомендации по практическому использованию разработанных алгоритмов, методов и методик.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях:

- 2-я Международная конференции «Проблемы современной авиации – 2017», г. Минск, БГАА, 14-15 октября 2017 года;
- Межвузовская конференция «Философия современной науки» г. Москва, МГТУ ГА, 14 декабря 2017 года;
- Международная научно-техническая конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», г. Москва, МГТУ ГА, 16-17 мая 2018 года;

- Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации», г. Иркутск, МГТУ ГА, 29 октября 2018г.;
- Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации», г. Иркутск, МГТУ ГА, 14-16 октября 2019г.;
- Конкурс научных работ ОАК 09.2020г.;
- Конкурс научных работ «Молодежь и будущее авиации и космонавтики» 09.2020г.;
- Конкурс «Инновационных проектов аэрокосмической отрасли» ЦАГИ 10.2020г.;
- «Всероссийский инженерный конкурс» 2020г.;
- 4-ый Международный конкурс «Инновационные стратегии развития» г. Санкт-Петербург 10.2020г.;
- Лауреат конкурса научных работ Росавиации в 2019г. и 2020г.;
- 12-ый «Всероссийский межотраслевой конкурс научно-технических работ и проектов в области ракетно-космической техники и технологий» г. Москва 2020г.;

**Реализация и внедрение результатов работы.** Полученные данные позволили автору обосновать и предложить методику сертификации перспективных УИП, предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП и сформировать рекомендации по имплементации данной методики в законодательство РФ, для приведения его в соответствие с действующими нормами ИКАО и международной практикой. Разработано и опробовано на практике программное обеспечение, способное, в автоматическом режиме, рассчитывать коэффициент подобия УИП реальному ВС при проведении подготовки летного состава выводу из СПП. Разработаны требования к существующим и перспективным УИП, способным имитировать попадания в СПП. С учетом результатов исследования проведены испытания программного обеспечения в реальных условиях на ВСи на существующих УИП, применяемых в учебных центрах, и на УИП, находящихся на стадии испытаний и предназначенных для тренировки летного состава выводу из СПП.

**Публикации.** По результатам выполненных исследований были опубликованы 4 печатных работы общим объемом 35 страниц. Все работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации диссертационных работ. В Роспатенте получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020611212 (Приложение 1).

Полученные в процессе научной работы результаты были удостоены призового места на конкурсе научных работ Федерального агентства воздушного транспорта РФ в 2019г. и гранта ученого совета МГТУ ГА.

#### **Объем и структура диссертации.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы (105 наименований) и двух приложений.

Основное содержание диссертационной работы изложено на 222 странице машинописного текста, иллюстрированного таблицами и рисунками.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы работы. Отмечена важность проведения подготовки летного состава гражданской авиации к попаданиям в сложные пространственные положения (далее – СПП). Дано развернутое определение СПП. Приведена статистика катастроф по причине попадания ВС в СПП за последние годы. Кратко изложена история возникновения данной проблемы. Подчеркнута роль применения новых видов УИП при подготовке летного состава и необходимость создания новой методики проведения сертификационных испытаний таких УИП. Сформулирована цель работы и основные научные задачи, решение которых необходимо для ее достижения. Определены научная новизна и ценность работы, выносимые на защиту сведения о реализации работы и ее практическом применении, а также сведения о публикациях автора по теме работы в научных журналах.

**В первой главе** проведен анализ требований нормативных документов, применяемых при производстве и сертификации технических средств обучения, предназначенных для подготовки летного состава ГА. Проанализированы стандарты и рекомендации ведущих мировых организаций по данному вопросу. Исследованы технические средства обучения, которые могут применяться для подготовки летного состава (Рис. 1) и требования, предъявляемые к ним. Исследованы методики, применяемые в мире при сертификации технических средств обучения летного состава.



Пилотажные тренажеры

Стенды



Воздушное судно



Тренажер типа ТПТО

Рисунок 1 - ТСО применяемые при практической подготовке летного состава.



Проведен подробный анализ действующих федеральных законов, приказов Минобрнауки, федеральных авиационных правил и приказов Росавиации и министерства транспорта РФ по вопросу сертификации УИП. Отмечены недостатки, обращено внимание на устаревание законодательной базы нашей страны в области сертификации УИП. Даны рекомендации по устранению отмеченных недостатков нормативно-правовой базы с целью гармонизации ее с общепринятыми стандартами и рекомендациями международной организации гражданской авиации (ИКАО).

Представлена схема поэтапного процесса определения уровня адекватности УИП (Рис. 2).

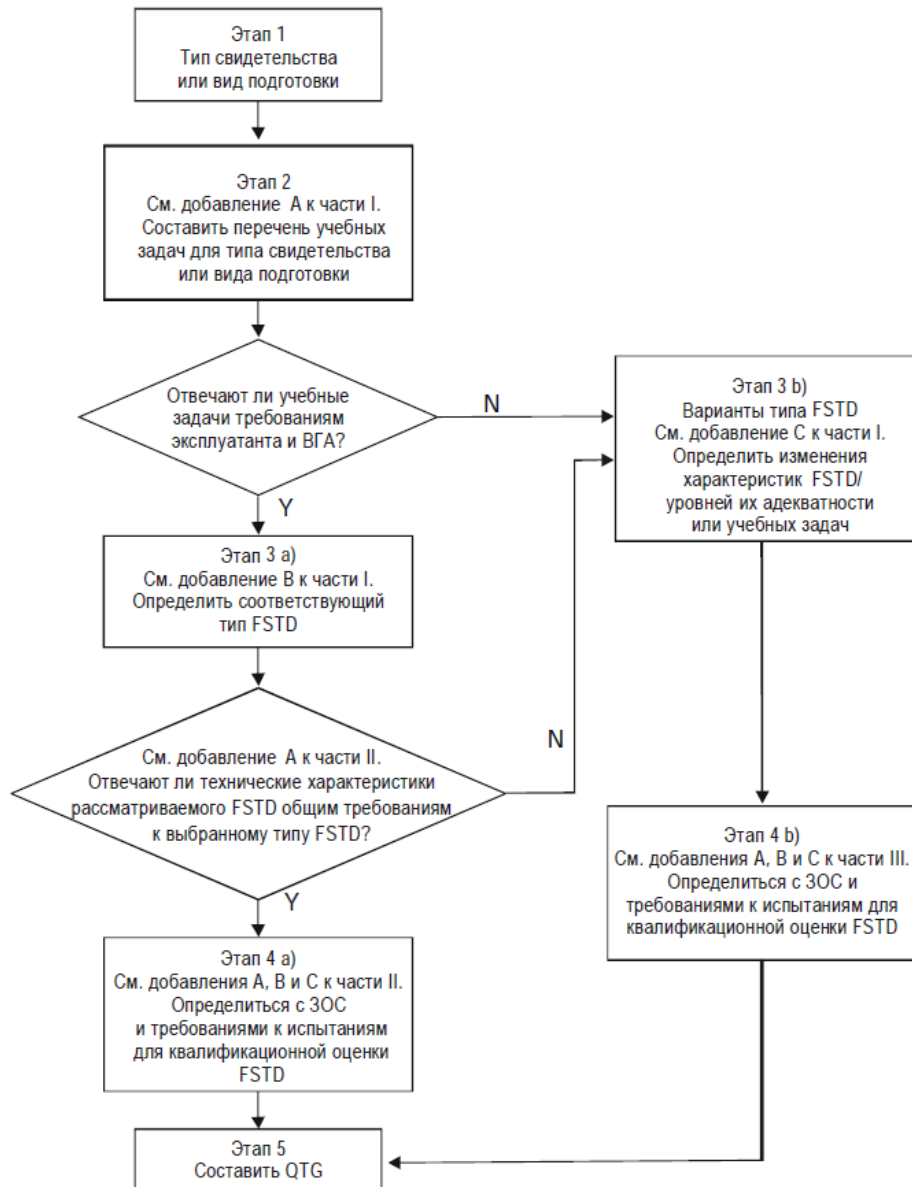


Рисунок 2 - Схема поэтапного процесса определения уровня адекватности УИП.

В части совершенствования системы сертификации УИП, предназначенных для подготовки всех видов авиационного персонала, отмечена необходимость в разработке и внедрении не только современных и

понятных правил сертификации, но и методик, по которым будет проводиться данный вид работ.

**Во второй главе** дано обоснование необходимости тренировки летного состава выводу из СПП и сформулированы требования к УИП, предназначенным для проведения таких тренировок летного состава.

Приведены рекомендации фирмы Боинг по действиям экипажа при попадании в СПП и дано обоснование недостаточности данных рекомендаций.

Рассмотрены технические характеристики, общий вид и возможности УИП нового поколения (DESDEMONA-disorientationdemonstrator, Рис. 3), способного воспроизводить длительные акселерационные эффекты, при имитации сложных пространственных положений. Проведен сравнительный анализ данного УИП с УИП, применяемыми в настоящее время для подготовки летного состава ГА.



Рисунок 3 – УИП DESDEMONA.

Проведен анализ технических характеристик акселерометров, применяемых в современных портативных компьютерах, для целей измерения прироста перегрузки по трем осям на ВС и УИП, при проведении сертификационных испытаний. По результатам проведенного анализа сделан вывод о теоретической возможности применения акселерометров современных мобильных устройств для целей измерения прироста перегрузки по трем осям на ВС и УИП.

Проанализирована возможность создания, специализированного ПО для целей сертификации систем имитации акселерационных эффектов УИП. Выбраны операционная система, программная среда и язык программирования для создания ПО.

Разработана концепция дизайна, цветовая гамма и функционал разрабатываемого ПО.

Проведен анализ и выбор возможных алгоритмов сравнения графиков прироста перегрузки по трем осям на ВС и УИП для их корректного сравнения и расчета коэффициента подобия УИП и ВС.

Написан и отлажен программный код создаваемого ПО (Приложение 2 диссертационного исследования). Проведены испытания новейшего ПО в реальных условиях записи прироста перегрузки по трем осям и расчету коэффициента подобия на ВС и УИП (Рис.4). При проведении испытаний разработанного ПО, для записи названий формируемых графиков прироста перегрузки и удобства работы, при натурных испытаниях применен сокращенный вид записи названий полученных графиков, отражающий все необходимые параметры графиков и обладающий высокой информативностью и краткостью формата записи.

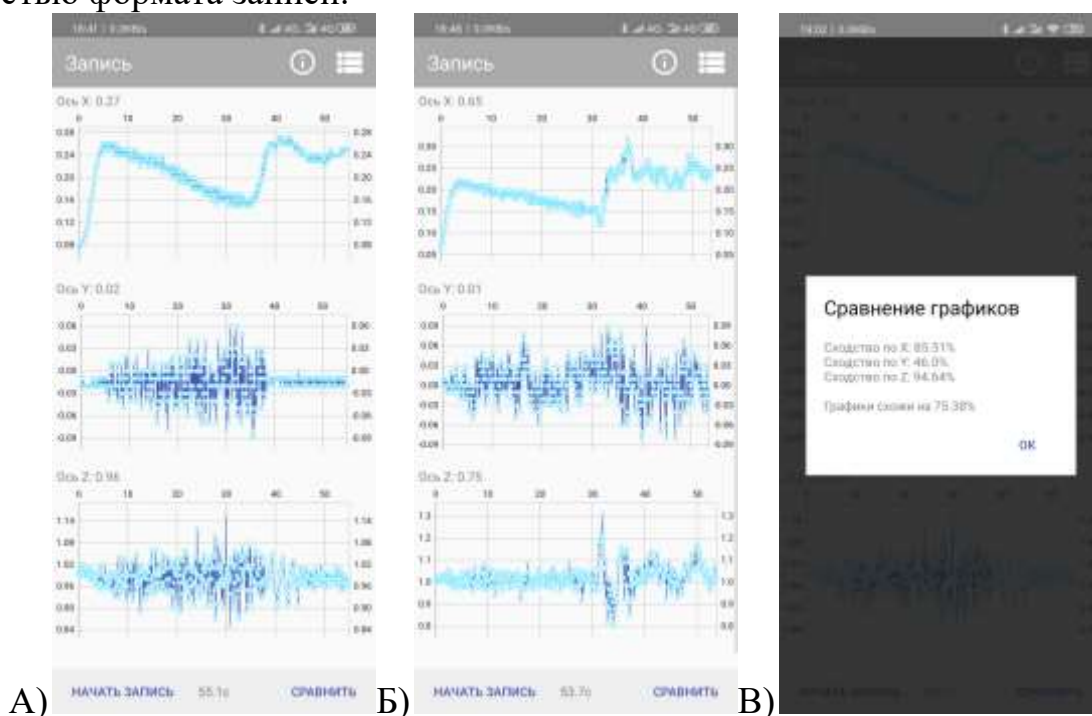


Рисунок 4 -Графики прироста перегрузки при выполнении взлета на (А) УИП и (Б) ВС Боинг 747-400, при одинаковых условиях и (В) результаты сравнения полученных графиков.

Доказана полная работоспособность ПО и возможность применения для целей сертификации систем имитации акселерационных эффектов современных и перспективных моделей УИП. Для целей проведения испытаний в реальных условиях разработан и напечатан с применением технологии 3D печати держатель мобильного устройства в кабине летного экипажа, подходящий для большинства моделей самолетов производства фирмы Боинг.

Разработана методика проведения сертификационных испытаний систем имитации акселерационных эффектов современных и перспективных моделей УИП с помощью разработанного программного обеспечения.

Полученное ПО зарегистрировано в Роспатенте (Приложение 1 диссертационного исследования), а программный код опубликован в приложении 2 диссертационного исследования.

В третьей главе дано обоснование разделения УИП на классы по уровням имитационных характеристик с учетом рекомендаций ИКАО и применяемой международной практики, а также с учетом выхода на рынок УИП, способных имитировать попадания в СПП, дано исчерпывающее обоснование такой классификации.

Составлена сводная матрица использования УИП по имитационным характеристикам для подготовки летного состава ГА по определенным видам тренировок, при разделении УИП на 5 классов (Таблица 1).

Таблица 1. Сводная матрица возможности использования УИП.

Клас с УИ П	Вид свидетельства или подготовки	Подготовка (Г) или профессиональная подготовка (Т)	Компоновка и конструкция кабины летного экипажа	Модель полета (аэродинамика и СВ)	Имитация движения по земле	Системы ВС	Рычаги управления и усилия на них	Звуковые эффекты	Визуальные эффекты	Акселерационные эффекты	Окружающая обстановка и УВЛ	Навигация	Метеоусловия	Аэродромы и прилегающая местность
5	PPL/C PL/AT PL	Т	G	S	S	G	R	R	S	S	G	G	R	R
4	PPL/C PL/AT PL/TR /IO/C Q	Т+ТР	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	R
3	PPL	Т+Т Р	R	R	R	R	R	R	S	R	S	S	R	R
2	PPL	Т+ТР	G	G	G	R	G	R	G	N	G	S	G	R
1	CR	Т	R	R	R	R	R	G	R	N	N	S	G	G
	IR	Т	G	G	G	R	G	G	G	N	G	S	G	G
	PPL/C PL	Т	R	R	R	R	R	G	R	N	N	S	G	R

Данная таблица позволяет определить возможность выполнения учебных задач согласно утвержденной программы подготовки летного состава на УИП разных классов, согласно их имитационным характеристикам.

Сформулированы требования:

- к компоновке кабины УИП и усилиям на рычагах управления;
- требования к аэродинамической модели полета и двигателя;
- требования к уровню имитации самолетных систем;
- требования к имитации звуковых эффектов;
- требования к визуальным эффектам;
- требования к системе подвижности УИП;
- требования к рабочему месту инструктора;
- прочие требования к УИП разных классов.

Точное изложение необходимых минимальных требований к имитационным характеристикам для каждого класса УИП дает возможность производителям таких устройств грамотно формулировать техническое задание на этапе проектировки УИП, а также способствует правильной и прозрачной формулировке методов проведения валидационных испытаний и присвоения класса УИП.

**В четвертой главе** разработана и сформулирована методика сертификации современных и перспективных УИП всех классов. Разработаны методики проведения валидационных испытаний систем имитации акселерационных эффектов, систем воспроизведения визуальных и звуковых эффектов, динамических систем управления и определения транспортной задержки. Даны рекомендации по допускам для всех перечисленных выше систем, которые могут применяться при проведении валидационных испытаний УИП.

При разработке методики испытаний системы имитации акселерационных эффектов предложено использование созданного программного обеспечения, доказана его работоспособность, эффективность и пригодность для использования в процессе проведения валидационных испытаний систем имитации акселерационных эффектов УИП при имитации сваливания и попаданий в СПП.

Приведены примеры графиков прироста перегрузки по трем осям и их сравнение, при попадании ВС Як-52 в СПП и имитации таких СПП на УИП Боинг 747-400 и Боинг 737-800 (Рис. 5).

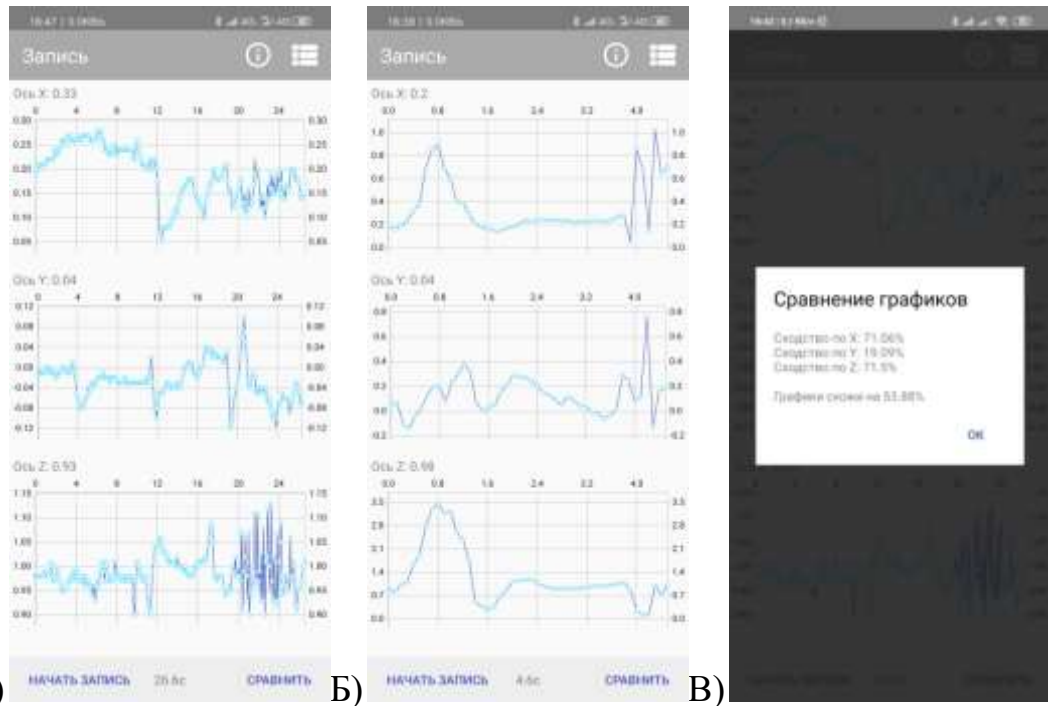


Рисунок 5. Графики прироста перегрузки при выполнении правой бочки на А) УИП Боинг 747-400, Б) ВС Як-52 и В) результаты сравнения полученных графиков.

Разработаны подробные рекомендации по проведению валидационной оценки системы имитации акселерационных эффектов перспективных УИП, способных имитировать попадания в СПП.

Приведена разработанная согласно документам ИКАО методика проведения функциональных и субъективных испытаний УИП, а также испытаний по определению транспортной задержки и времени запаздывания.

Даны рекомендации по квалификационной оценке УИП новых типов, проведению периодических оценок и представлению валидационных данных таких испытаний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования, его цель достигнута в полном объеме. Решена научная задача по генерации методики сертификации современных и перспективных устройств имитации полета, предназначенных для тренировки летного состава выводу из сложных пространственных положений. Полученная методика учитывает все современные требования, применяемые к устройствам имитации полета, мировой опыт в сфере сертификации подобных устройств и нормативно правовую базу по данной тематике.

### Получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ требований нормативных документов применяемых при производстве и сертификации технических средств обучения, предназначенных для подготовки летного состава в Российской Федерации и других странах.

2. Рассмотрены требования, предъявляемые при сертификации устройств имитации полета, предназначенных для первоначальной подготовки, переучивания и поддержания квалификации летного состава гражданской авиации.

3. Исследован широкий спектр технических средств обучения летного состава, применяемый в авиационных учебных центрах.

4. Произведен анализ методик сертификации устройств имитации полета применяемых в других странах и рекомендации международной организацией гражданской авиации (ИКАО) по данному вопросу.

5. На основании проведенного анализа программ подготовки летного состава гражданской авиации в вузах и на авиапредприятиях, произведено обоснование необходимости проведения тренировок летного состава гражданской авиации выводу из сложных пространственных положений и необходимости возвращения данного вида тренировки в программу первоначальной подготовки летного состава в стенах учебных заведений ГА.

6. Разработаны требования к устройствам имитации полета способным имитировать попадания в сложные пространственные положения и выход из них.

7. Создано программное обеспечение, предназначенное для проведения валидационных испытаний систем имитации акселерационных эффектов устройств имитации полета. Для данной программы создан алгоритм сравнения графиков прироста перегрузки по трем осям с расчетом коэффициента подобия УИП реальному ВС в автоматическом режиме.

8. Проведены испытания данного ПО, и доказана его работоспособность и эффективность.

9. На данное ПО получено свидетельство о регистрации Роспатента (Приложение 1).

10. Для проведения испытаний специально разработан и изготовлен с применением технологии 3D печати, держатель мобильного устройства в кабине летного экипажа УИП и ВС.

11. Сформулирована методика проведения сертификационных испытаний системы имитации акселерационных эффектов УИП с помощью созданного программного обеспечения.

12. На основании рекомендаций международной организации гражданской авиации (ИКАО) и мировой практики, сформулирована необходимость разделения УИП на классы по уровням имитационных характеристик и обоснованно количество этих классов

13. Разработаны минимальные требования к компоновке кабин и усилиях на рычагах управления, к математической модели полета и двигателя, к уровню имитации самолетных систем, к звуковым эффектам, к визуальным эффектам и системам имитации акселерационных эффектов УИП разных классов.

14. Сгенерирована методика проведения валидационных испытаний систем имитации акселерационных эффектов УИП, систем визуализации, систем имитации звуков, динамической системы управления, измерения



транспортной задержки и времени запаздывания, проведения функциональных и субъективных испытаний, квалификационной оценки УИП новых типов ВС, проведения периодических оценок УИП и представления валидационных данных.

15. Создана методика сертификации устройств имитации полета для тренировки летного состава по выводу из сложных пространственных положений.

### **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В изданиях, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертации на соискание ученой степени:**

1. Дегтярев В.С. Проблематика обучения летного состава гражданской авиации выводу из сложных пространственных положений / В.С. Дегтярев, О.Ф. Машошин, А.В. Дегтярева // Научный вестник ГОСНИИ ГА - 2020. №30. С.78-85.

2. Дегтярев В.С. UPSET RECOVERY TRAINING FOR CIVIL AVIATION PILOTS/ В.С. Дегтярев, О.Ф. Машошин, А.В. Дегтярева // Научный вестник МГТУ ГА (на английском языке) – 2021 №24. С. 8-15.

3. Дегтярев В.С. Применение устройств имитации полета нового поколения при тренировках пилотов и космонавтов / Дегтярев В.С., Машошин О.Ф., Айзатулин Р.К. // Научный вестник ГОСНИИ ГА. 2021. № 33. С. 30-39.

4. Дегтярев В.С., Проблематика оценки имитации акселерационных эффектов полнопилотажными авиационными тренажерами / Научный вестник ГОСНИИ ГА, 2021, № 36, С. 39-48;

#### **В других изданиях:**

5. Дегтярев В.С. использование акселерометров мобильных устройств в целях проведения сертификационных испытаний авиатренажеров/ Дегтярев В.С., Кулаков М.В., Дегтярева А.В.// В сборнике: Молодёжь и будущее авиации и космонавтики - 2020. Сборник аннотаций конкурсных работ. 12-й Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов в области авиационной и ракетно-космической техники и технологий. Москва, 2020. С. 27-28.

6. Дегтярев В.С. Использование акселерометров мобильных устройств в целях проведения сертификационных испытаний авиатренажеров / В.С. Дегтярев, О.Ф. Машошин, А.В. Дегтярева // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Сборник трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. 2019. С.20-24.

7. Дегтярев В.С. Самолет первоначального обучения для училищ гражданской авиации/ в книге: гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества. Сборник тезисов докладов. 2018. С. 33.

8. Дегтярев В.С. Проблематика сертификации современных и перспективных авиатренажеров / В.С. Дегтярев, О.Ф. Машошин, М. В. Кулаков // Инновации в гражданской авиации, - 2018. №1.С.84-89.



**Список докладов по теме диссертации:**

9. 2-я Международная конференции «Проблемы современной авиации – 2017», г.Минск, БГАА, 14-15 октября 2017 года;
10. Межвузовская конференция «Философия современной науки» г.Москва, МГТУ ГА, 14 декабря 2017 года;
11. Международная научно-техническая конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», г.Москва, МГТУ ГА, 16-17 мая 2018 года.
12. Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации», г.Иркутск, МГТУ ГА, 29 октября 2018г.
13. Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации», г.Иркутск, МГТУ ГА, 14-16 октября 2019г.

**Патент по теме диссертации:**

14. Программа для ЭВМ “Flight accelerometer” / Дегтярев В.С., Машошин О.Ф.: свидетельство №2020611212 Российская Федерация, заявка 2019662018 от 25.09.2019, дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 27.01.2020.

Соискатель

  
\_\_\_\_\_ Дегтярев В.С.