

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.12

Соискатель: Евдокимчик Егор Александрович

Тема диссертации: Система автоматического предупреждения столкновения самолета с землей на основе прогнозирования траектории маневра уклонения

Специальность: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 14 сентября 2017 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Евдокимчику Егору Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета В.В. Малышев, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета:* М.Н. Красильщиков; В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, В.Н. Евдокименков, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, Г.Г. Райкунов, В.В. Родченко, С.И. Рыбников, К.И. Сыпало, В.Е. Усачов, Г.Ф. Хахулин.

Учёный секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.09.2017 г., протокол № 9

О присуждении **Евдокимчику Егору Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Система автоматического предупреждения столкновения самолета с землей на основе прогнозирования траектории маневра уклонения» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «6» июня 2017 года, протокол № 5, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк. от 11.04.2012 г.

Соискатель Евдокимчик Егор Александрович 1989 года рождения, в 2012 г. окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО МАИ) по специальности «Системы управления летательными аппаратами» с присуждением квалификации «инженер», работает Начальником бригады в Акционерном обществе «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной аспирантуре кафедры № 301 «Системы автоматического и интеллектуального

управления» факультета «Системы управления, информатика и электроэнергетика» ФГБОУ ВО МАИ, которую закончил в августе 2016 года.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО МАИ на кафедре № 301 «Системы автоматического и интеллектуального управления».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры № 301 «Системы автоматического и интеллектуального управления» факультета «Системы управления, информатика и электроэнергетика» ФГБОУ ВО МАИ **Елисеев Валерий Дмитриевич**.

Официальные оппоненты:

1. Воробьев Александр Владимирович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, Генеральный директор – Генеральный конструктор Акционерного общества «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования»,

2. Ткаченко Олег Иванович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, начальник отдела НИО-15 НИК-21 Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» имени О.В. Успенского (АО МНПК «Авионика»), г. Москва, в своем **положительном отзыве**, подписанном Заместителем управляющего директора - Главным конструктором, кандидатом технических наук Р.Р. Абдулиным, Главным конструктором ТН-17, кандидатом технических наук, доцентом В.С. Кулабуховым, Начальником сектора ТН-17, кандидатом технических наук В.В. Булгаковым, секретарем НТС Е.О. Каравашкиной и утвержденным Управляющим директором АО МНПК «Авионика» В.Ф. Заецом (отзыв обсужден и утвержден 13 июля 2017 года на научно-техническом совете АО МНПК «Авионика», протокол заседания № 5), **указала**, что диссертация Евдокимчика Е.А. является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, имеет

практическую значимость, соответствует паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», прошла достаточную апробацию и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)». В отзыве приводятся **рекомендации для практического использования** результатов диссертационной работы в АО МНПК «Авионика», АО «РСК «МиГ», ПАО «Компания «Сухой», ПАО «МИЭА» и в других организациях, занимающихся проектированием систем управления летательных аппаратов.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 4-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Всего по теме диссертации соискатель имеет 8 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Евдокимчик Е.А. Система автоматического увода от опасной высоты с прогнозированием высоты завершения маневра [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2015. – № 80. – Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=56895> (номер в перечне ВАК, действующем до 30.11.2015 – 2186).

2. Евдокимчик Е.А. Синтез алгоритма управления для выполнения маневра уклонения летательного аппарата от столкновения с Землей // Журнал «Мехатроника, автоматизация, управления». – 2016. – № 7. – С. 492 –498 (номер в перечне ВАК от 26.07.2017 – 829).

3. Елисеев В.Д., Евдокимчик Е.А., Котельникова А.В., Чемоданов В.Б. Формирование астатических систем управления объектами с неопределенными параметрами на основе модально-инвариантной подсистемы [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2016. – № 91. – Систем. требования: Adobe

Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=75640> (номер в перечне ВАК от 26.07.2017 – 1844).

4. Евдокимчик Е.А. Алгоритм управления при автоматическом выполнении маневра уклонения летательного аппарата от столкновения с Землей [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2017. – № 92. – Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=76785> (номер в перечне ВАК от 26.07.2017 – 1844).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс «Авионика» им. О.В. Успенского (АО МНПК «Авионика») (ведущая организация). Отзыв положительный.

Необходимо отметить и следующие недостатки.

1) Автор не рассматривает возможные последствия автоматического увода при групповых полетах, характерных для ЛА рассматриваемого класса.

2) Автором не учтены эргономические аспекты реализации предлагаемых стратегий уклонения от столкновения с землей.

3) Неясно, как предлагаемая автором система будет взаимодействовать с системами огибания рельефа.

4) В тексте встречаются неточные и неясные формулировки.

а. На стр. 46 в формуле (31) используются и производная по времени, и функция от оператора «р».

б. На стр. 103 автор характеризует размер области возможного нахождения ЛА по завершении маневра уклонения величиной L . Что это за величина - радиус? Вместе с тем, L определяется по формуле (73) вида $dL/dt = V \cos \theta$. Следует ли для определения L выполнить интегрирование (73) на время прогнозирования?

5) Процедура выбора времени прогнозирования $t_{\text{прог}}$ на стр. 86, 100 при выборе стратегии управления не описана.

6) Процедура выбора желаемых корней характеристических уравнений эталонного контура и контура коррекции не описана - стр. 47, формула (36) и стр. 52, 53.

7) При формировании математической модели для описания динамики изменения нормальной и тангенциальной перегрузок используется по два динамических звена, характеризующих влияние отработки нормальной перегрузки и изменение режима работы двигателя. В работе не описано как распределяются начальные условия между указанными динамическими звеньями.

2. Воробьев Александр Владимирович (официальный оппонент), доктор технических наук. **Отзыв положительный.** Подпись заверена начальником отдела кадров АО «НИИОА» О.Ю. Парфеновой.

В качестве недостатков работы можно указать следующее:

1) В примере применения предложенного метода синтеза астатической системы управления (раздел 2.4.3) отсутствуют данные по сравнению разброса характеристик переходных процессов при вариации параметров объекта в сравнении с какой-либо из известных систем управления.

2) Зависимость угла упреждения по крену (раздел 3.1.1.1) определена для объекта управления, изменение нормальной перегрузки которого имеет характер близкий к апериодическому. Не указаны рекомендации по использованию данной зависимости для объектов, имеющих другой характер изменения нормальной перегрузки.

3) Несмотря на то, что в целом методика формирования математической модели носит общий характер, некоторые ее элементы носят частный характер. Например, определение динамических характеристик влияния изменения режима работы двигателя (раздел 3.2.1.3) скорее относятся к рассматриваемому автором объекту управления (самолету МиГ-29К).

4) Важное влияние на работу предложенной системы предупреждения столкновения с землей оказывает ветер. Определенные результаты исследований по этому вопросу в работе присутствуют, однако ему уделено недостаточное внимание.

3. Ткаченко Олег Иванович (официальный оппонент), кандидат технических наук. **Отзыв положительный.** Подпись заверена ученым секретарем диссертационного совета Д 403.004.01, доктором физ.-мат. наук, М.А. Брутяном.

Диссертационная работа не лишена недостатков.

1) В анализе существующих систем предупреждения столкновения с землей (глава 1) отсутствует упоминание и анализ отечественных САУ, работающих в данном режиме. И, соответственно, отсутствует анализ преимуществ предлагаемой автором системы от реализованной системы предупреждения с землей в САУ для МиГ-29.

2) Значительное внимание уделено выводу известных уравнений пространственного движения летательного аппарата (стр. 35-40).

3) При формировании алгоритма управления тягой двигателя (стр. 92-94) для упрощения прогнозирования принимается алгоритм управления в виде формирования командных сигналов на перевод двигателя на заданный режим работы вместо использования автомата тяги. В работе не приводится анализ по увеличению/уменьшению потери высоты за маневр уклонения в связи с принятым алгоритмом управления тягой двигателя.

4) Параметры бортовой математической модели зависят от приборной скорости полета, что требует ее расчета с использованием приближенных выражений (стр. 121-122). В случае определения математической модели в зависимости от индикаторной скорости, такой расчет бы не потребовался.

5) В работе приведены материалы математического моделирования и моделирования на полноразмерном стенде систем управления. Последние следует называть «полунатурным моделирование», поскольку используются элементы реального оборудования самолета и участвует при моделировании оператор.

6) В работе имеются некоторые опiski автора. В частности в уравнениях (46) на стр. 52. Однако в приведенном ниже примере приведены параметры, соответствующие правильному написанию данных уравнений.

4. Филиал ПАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой» «ОКБ Сухого» (Филиал ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого»).
Отзыв положительный. Подписан Заместителем начальника Отдела систем управления, кандидатом технических наук И.И. Лернером, утвержден Первым

заместителем генерального директора по программам - директором филиала ПАО «Компания «Сухой» «ОКБ Сухого» М.Ю. Стрельцом.

К числу недостатков можно отнести следующее:

1) Работа ограничена рассмотрением равнинного (плоского) рельефа местности.

2) Не рассмотрены вопросы наблюдения состояния объекта и в частности высоты полета, что актуально в связи с ограниченной областью работы существующих измерителей высоты: радио и спутниковых высотомеров.

3) Не рассмотрены вопросы контроля системы, формирования индикации и сигнализации экипажу, что существенно для пилотируемых ЛА.

5. ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики» (ПАО «МИЭА»). Отзыв положительный. Подписан Главным специалистом направления 900 В.Е. Куликовым. Подпись заверена ученым секретарем диссертационного совета ДСО 403.026.01 О.Б. Кербер.

При рассмотрении автореферата обнаружены следующие недостатки.

1) Не указан интервал времени расчета в бортовом вычислителе текущего прогноза выполнения маневра уклонения.

2) В автореферате не приведены структурные схемы алгоритмов и системы управления, что не способствует полному показу достигнутых результатов.

6. ПАО «Научно-производственная корпорация «Иркут» (ПАО «Корпорация «Иркут»). Отзыв положительный. Подписан Вице-президентом по разработке АТ - Директором Инженерного центра, Главным конструктором МС-21, кандидатом технических наук К.Ф. Поповичем, Начальником отдела систем автоматического управления Е.В. Ольдаевым, подписи заверены Руководителем департамента управления персоналом ПАО «Корпорация «Иркут» А.Р. Бахаревым, утвержден Старшим Вице-президентом, Исполнительным директором, кандидатом технических наук В.Б. Прутковским.

Недостатки работы:

1) В описании способа формирования астатических систем (стр. 7) не приводятся размерности используемых матриц, что затрудняет анализ правильности расчетных выражений.

2) Алгоритму управления скорости полета (стр. 11) уделено недостаточное внимание: не ясно, как определяются скорости, при которых осуществляется перевод двигателя на максимальный и минимальный режим работы.

7. ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»). Отзыв положительный. Подписан Руководителем аналитического центра поддержки программ развития авиационной техники, доктором технических наук, доцентом Н.И. Сельвесюком, подпись заверил Ученый секретарь ФГУП «ГосНИИАС», доктор технических наук, профессор С.М. Мужичек.

Предлагаемая система предупреждения столкновений с землей может быть использована для различных самолетов за счет соответствующей настройки математической модели. Автором не указаны пути по адаптации системы для гражданских маломаневренных самолетов. Использование для них второй стратегии управления не представляется возможным.

8. АО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро» (АО «РПКБ»). Отзыв положительный. Подписан Ведущим инженером-конструктором А.А. Гарбузовым, утвержден Заместителем генерального конструктора АО «РПКБ», доктором технических наук, профессором В.В. Кавинским.

В качестве замечания к автореферату следует отметить отсутствие описания источников навигационной информации, используемой для управления и прогнозирования траекторий движения.

9. АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики» (АО «КБПА»). Отзыв положительный. Подписан Начальником отдела - главным конструктором программно-математического обеспечения В.С. Книгой, Начальником лабораторного сектора отдела моделирования и программирования,

кандидатом технических наук О.В. Бисеновым, утвержден Первым заместителем генерального директора - главным конструктором И.В. Сергушовым.

К недостаткам автореферата можно отнести:

1) Не приведены точности датчиков, используемые при моделировании, и влияние погрешностей датчиков на функционирование системы предупреждения столкновения с землей.

2) Из текста автореферата не ясно как определяется максимальная скорость ветра и как определяется постоянный коэффициент K_n (при вычислении компенсационной высоты).

10. ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е Жуковского и Ю.А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»).

Отзыв положительный. Подписан преподавателем 72 кафедры авиационных комплексов и конструкций летательных аппаратов, кандидатом технических наук П.С. Костиным, Начальником 72 кафедры авиационных комплексов и конструкций летательных аппаратов, кандидатом технических наук, доцентом Д.В. Верещиковым, утвержден Начальником ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», доктором педагогических наук, профессором Г. Зибровым.

По автореферату имеются следующие замечания:

1) Отсутствует структурная схема организации управления для предложенного способа формирования астатических систем.

2) Целесообразно указать возможные значения величины расчетного периода, за который осуществляется прогнозирование траекторий движения самолета.

11. АО «Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова» (АО «ЛИИ им. М.М. Громова»). **Отзыв положительный.** Подписан начальником НИО-9 НИЦ, доктором технических наук, профессором Е.Г. Хариним, начальником лаборатории 93 НИО-9 НИЦ, кандидатом технических наук А.В. Ясенком, утвержден Первым заместителем генерального

директора по науке - начальником НИЦ АО «ЛИИ им. М.М. Громова» В.В. Цыплаковым.

В качестве недостатков диссертации можно отметить следующее:

1) Несмотря на то, что в автореферате указано, что «проведен большой объем математического моделирования» (стр. 17), не приведен ни один график или другой иллюстративный материал, который позволил бы оценить работоспособность разработанных алгоритмов.

2) Не рассмотрено информационное обеспечение решения поставленной задачи, а именно, использование цифрового рельефа местности, влияние точности навигационного оборудования на корректность работы системы и т.д.

12. 1 УНИИ войсковой части 15650. Отзыв положительный. Подписан Заместителем начальника 1 УНИИ войсковой части 15650 по испытательно-методической и научно-исследовательской работе, кандидатом технических наук В. Журавель, ВрИО Начальника 9 отдела 1 УНИИ войсковой части 15650 А. Калимановым, Ведущим научным сотрудником 1 УНИИ войсковой части 15650, кандидатом технических наук, доцентом О. Столяровым, утвержден Заместителем командира войсковой части 15650 по научной работе, доктором технических наук О. Балыком.

По содержанию автореферата отмечены следующие замечания:

1) В работе не рассмотрен вопрос взаимодействия летчика с системой предупреждения столкновений: не указаны способы отключения системы, возможности по вмешательству в управление самолетом, например для создания большей перегрузки.

2) Не указаны условия проведения испытательных реализаций при проверке системы на работоспособность.

3) Отсутствует иллюстративный материал по выполнению маневра уклонения с помощью предложенных стратегий управления.

4) Не рассмотрены какие системы используются для формирования управляющих сигналов по выводу самолета от столкновения с землей

(спутниковая навигация, цифровые карты местности, корреляционно-экстремальная навигация и т.д.).

5) Неясно каким образом взаимодействует предложенный режим увода с уже существующими аналогичными режимами: Режимом увода с опасной высоты от радиовысотомера и увода от авиационных средств поражения.

6) Как встраивается предложенный режим в общий алгоритм решения целевых задач - поражения наземных целей (с учетом облака разлета осколков) и маловысотного полета.

7) Отсутствует сравнительный анализ предложенной системы предупреждения столкновения с землей и существующими на борту летательных аппарата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация обеспечивает авиастроительные предприятия бортовыми электронными системами управления полетом для летательных аппаратов всех типов и классов. Ведущей организацией разработаны системы ручного и автоматического управления маневренных самолетов, включая системы, соответствующие теме диссертационной работы.

Воробьев Александр Владимирович является автором более 80 научных работ, в том числе свидетельств на объекты интеллектуальной собственности, в области методов, алгоритмов и программных средств систем и комплексов управления аэрокосмических систем.

Ткаченко Олег Иванович является автором более 20 научных работ, в том числе патентов и свидетельств на объекты интеллектуальной собственности, в области динамики, систем управления и математического моделирования движения самолетов.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
МАЛЬШЕВ В.В.	д.т.н, 05.07.09
БОБРОННИКОВ В.Т.	д.т.н., 05.13.01
КИБЗУН А.И.	д.ф.-м.н., 05.13.18
КОНСТАНТИНОВ М.С.	д.т.н.,05.07.09
РАЙКУНОВ Г.Г.	д.т.н., 05.07.09
РЫБНИКОВ С.И.	д.т.н., 05.13.01

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Проведен анализ существующих систем предупреждения столкновения с землей, позволивший осуществить выбор перспективного направления разработки данных систем для высокоманевренных самолетов.

2. Разработан алгоритм управления самолетом, позволяющий выполнить маневр уклонения от столкновения с землей из любого пространственного положения, отличающийся возможностью выполнения маневра уклонения с помощью двух стратегий и обеспечивающий сокращение величины потери высоты.

3. Разработана методика формирования математической модели движения летательного аппарата, предназначенной для прогнозирования траектории маневра уклонения, основанная на упрощении уравнений движения и аппроксимации переходных процессов по нормальной и тангенциальной перегрузкам и углу крена замкнутой системы «летательный аппарат - система управления».

4. Разработан алгоритм активации системы предупреждения столкновения с землей, позволяющий на основе прогнозирования траектории маневра

уклонения с помощью разработанной математической модели движения выбрать стратегию управления, приводящую к меньшей потере высоты за маневр уклонения.

5. Предложен способ формирования структуры систем управления, основанный на предварительном формировании модально-инвариантной подсистемы с интегрирующим свойством и позволяющий обеспечить астатизм системы по отношению к управляющим и возмущающим воздействиям при вариации характеристик объекта управления.

Новизна полученных результатов заключается в том, что **проведена модернизация** известной стратегии управления при выполнении маневра уклонения от столкновения с землей за счет определения зависимости, позволяющей для конкретного самолета по соотношению быстродействия контура отработки нормальной перегрузки и величины угловой скорости крена, развиваемой при автоматическом управлении, выбрать значение угла упреждения по крену (угла крена, при котором необходимо перейти к отработке максимальной нормальной перегрузки), при котором потеря высоты за маневр уклонения будет близка к минимальной. **Введена** новая стратегия управления при выполнении маневра уклонения, позволяющая при больших углах крена и тангажа существенно сократить величину потери высоты за маневр уклонения. **Разработана** методика определения упрощенной математической модели движения самолета, базирующаяся на аппроксимации характеристик переходных процессов по нормальной и тангенциальной перегрузкам и углу крена и позволяющая учесть изменения в характеристиках работы системы, которые могут возникнуть в процессе выполнения маневра уклонения, что повышает точность определения момента активации. **Предложен** новый способ формирования астатических по отношению к управляющим и возмущающим воздействиям систем управления, основанный на предварительном обеспечении интегрирующих свойств модально-инвариантной подсистемы.

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

1. Разработанный алгоритм управления позволяет сократить величину потери высоты за маневр уклонения и расширить область пилотирования

маневренного самолета свободную от вмешательства системы предупреждения столкновения с землей в управление, что достигается за счет использования найденной зависимости угла упреждения по крену и возможности выполнения маневра уклонения по второй стратегии управления при больших углах крена и тангажа.

2. Разработанная методика формирования математической модели, используемой в задаче прогнозирования траектории движения, позволяет повысить точность определения опасной близости земли и сократить количество ложных (преждевременных) срабатываний системы предупреждения столкновения с землей, что достигается за счет учета располагаемых и допустимых статических и динамических характеристик летательного аппарата с системой управления (в том числе изменения этих величин, которые могут возникнуть за время выполнения маневра уклонения).

3. Предложенный способ формирования систем управления может быть использован для синтеза астатических, быстродействующих систем, характеристики объекта управления которых известны с ограниченной точностью, при этом использование модально-инвариантной подсистемы позволяет уменьшить вариацию характеристик переходных процессов, в результате чего упрощается управление такими объектами и прогнозирование их поведения.

Результаты диссертационной работы были использованы в деятельности организаций АО «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ» при разработке перспективной системы автоматического уклонения от столкновения с землей самолета МиГ-29К(КУБ). Результаты использования диссертационной работы подтверждаются соответствующим актом о внедрении, который имеется в деле.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– в основу разработанного алгоритма управления при выполнении маневра уклонения положен анализ широко апробированных уравнений динамики полета; в расчетах по определению угла упреждения по крену, при

котором достигается наименьшая потеря высоты за маневр уклонения, использованы методы математического моделирования и численной оптимизации (метод золотого сечения);

– упрощения и допущения, позволяющие сформировать математическую модель движения летательного аппарата и достичь сокращения трудоемкости вычислений при прогнозировании за счет понижения порядка системы, являются обоснованными и неоднократно использованы при решении иных задач динамики полета и управления летательными аппаратами;

– работоспособность разработанной системы предупреждения столкновений с землей проверена на испытательном оборудовании - полноразмерном стенде систем управления, позволяющем выполнять математическое и полунатурное моделирование с использованием нелинейной пространственной модели движения самолета в условиях, приближенных к реальным;

– согласно предложенному способу формирования астатических систем для определения параметров алгоритма управления используются проверенные методы модального управления, обеспечение инвариантности корней системы управления достигается за счет использования известных расчетных выражений модально-инвариантного управления.

Диссертация целостно охватывает основные вопросы рассматриваемой научно-технической задачи. Изложение полученных результатов логически связано. Использованная методологическая база соответствует современным воззрениям на разработку систем автоматического управления.

Диссертационная работа решает актуальную научно-техническую задачу повышения безопасности полетов за счет совершенствования системы предупреждения столкновения с землей.

Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития авиационной техники страны в части повышения безопасности полетов маневренных самолетов от столкновения с землей.

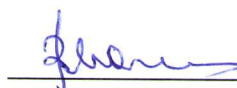
В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На заседании 14 сентября 2017 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Евдокимчику Егору Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н., профессор



Малышев В.В.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.



Старков А.В.