



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
“АВИОНИКА” ИМЕНИ О.В. УСПЕНСКОГО

АО МНПК “Авионика”

Joint Stock Company “AVIONICA” 

ул. Образцова, д. 7, г. Москва, Россия, 127055
тел.: (495) 771-66-09, факс: (495) 775-36-97

E-mail: avionika@mnpk.ru
http://www.mnpk.ru

7, Obraztsova. st, 127055, Moscow, Russia
Phone/Fax: +7 (495) 771-66-09 / (499) 951-09-35

№ _____

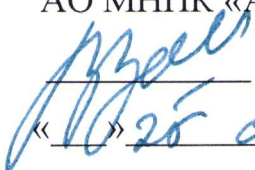
НА № _____ ОТ _____

УТВЕРЖДАЮ

Управляющий директор

АО МНПК «Авионика»

Заец В.Ф.


« 25 » 04 2017 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

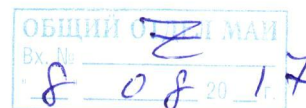
Акционерное общество Московский научно-производственный комплекс

«Авионика» имени О.В. Успенского

(АО МНПК «Авионика»)

на диссертационную работу Евдокимчика Егора Александровича «Система автоматического предупреждения столкновения самолета с землей на основе прогнозирования траектории маневра уклонения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

Диссертационная работа Евдокимчика Е.А. направлена на решение актуальной и практически важной задачи повышения безопасности пилотирования маневренных самолетов и посвящена разработке системы предупреждения столкновения с землей.



Актуальность работы. Предотвращение столкновения самолетов с землей является важной составляющей обеспечения безопасности полетов. Практика применения маневренной авиации показывает, что, несмотря на снижение за последнее время количества авиационных происшествий, вызванных столкновением с землей, данная проблема все еще требует пристального внимания разработчиков. Современные технические средства систем управления позволяют выполнять на борту в темпе реального времени значительный объем вычислений, что делает возможным прогнозирование траектории движения самолета с учетом его динамических и статических характеристик для повышения точности определения опасной близости земли. В последнее десятилетие подходам по организации управления при выполнении маневра уклонения и по определению опасной близости земли для маневренных самолетов уделено недостаточное внимание в отечественных и зарубежных публикациях. Поэтому тема рассматриваемой диссертационной работы является актуальной.

В диссертационной работе поставлены и решены следующие научные задачи:

1. Разработан алгоритм управления самолетом, предусматривающий возможность выполнения маневра уклонения от столкновения с землей с помощью двух способов (стратегий).
2. Разработана методика синтеза упрощенной математической модели движения самолета, предназначенной для прогнозирования на борту траекторий маневра уклонения.
3. Разработан способ формирования структуры астатических систем управления на основе модально-инвариантной подсистемы.

Научная новизна полученных результатов состоит в модификации известного и введении нового способа (стратегии) управления самолетом при выполнении маневра уклонения от столкновения с землей, что позволяет обеспечить уменьшение потери высоты за маневр. Предложенная методика синтеза упрощенной математической модели движения самолета позволяет

определить влияние на траекторию маневра уклонения динамики отработки нормальной перегрузки, отработки угла крена и изменения режима работы двигателя; позволяет учесть изменения в характеристиках работы системы, которые могут возникнуть в процессе выполнения маневра уклонения, что повышает точность определения момента ее активации. Для достижения астатических свойств систем управления предложено предварительное обеспечение интегрирующих свойств модально-инвариантной подсистемы с использованием известных расчетных выражений.

Полученные результаты изложены во введении, четырех главах и заключении.

В первой и второй главах проведен анализ текущего состояния проблемы столкновения самолетов с землей, выполнен анализ известных систем и алгоритмов, предназначенных для предотвращения столкновений, сформулирована общая постановка задачи. В качестве критерия, характеризующего точность работы системы, выбрано требование нахождения минимальной высоты в некотором заданном диапазоне, зависящем от вертикальной скорости полета на момент активации системы. Рассмотрен самолет как объект управления, приведены основные расчетные выражения, описывающие его свойства. При разработке системы предупреждения столкновения с землей предполагается, что в состав системы автоматического управления самолетом входит контур отработки нормальной перегрузки, контур отработки угла крена и исполнительный механизм автомата тяги, позволяющий перемещать рычаг управления двигателем в требуемое положение. Такой подход является оправданным, так как большинство современных самолетов оснащается данными средствами.

Отдельно во второй главе рассмотрена задача повышения инвариантных свойств системы управления, где поэтапно расписан метод синтеза астатической системы управления. В качестве примера синтеза в работе приводится расчет контура управления нормальной перегрузкой.

Первая часть третьей главы посвящена синтезу алгоритма управления для выполнения маневра уклонения. Методом математического моделирования с использованием упрощенной модели движения самолета автором выявлен подход к модернизации известного способа выполнения маневра уклонения, позволяющий обеспечить величину потери высоты за маневр уклонения близкую к минимальной. В качестве второго способа (второй стратегии) управления для выполнения маневра уклонения автором предложено применение выполнения маневра «переворот». Следует отметить, что ранее для автоматического предотвращения столкновения с землей такой подход не использовался. Показано, что применение данной стратегии позволит сократить величину потери высоты за маневр уклонения до 30...35 %. Кроме того, возможность выполнения маневра уклонения с помощью двух способов косвенно позволяет повысить точность работы системы в целом. Это обеспечивается меньшим изменением величины потери высоты за маневр уклонения при вариациях по начальным углам крена и тангажа для случая управления по второй стратегии.

Вторая часть третьей главы посвящена разработке алгоритмов прогнозирования траектории движения и алгоритма активации системы. Особое внимание уделено описанию подходов к формированию математической модели самолета с системой управления. Разработанная математическая модель используется для прогнозирования траекторий движения и принятия решения о выборе первой или второй стратегии (в зависимости от величины потери высоты) для выполнения маневра уклонения. При активации системы также учитывается компенсационная высота, введение которой направлено на устранение возможных ошибок прогнозирования. Как преимущество необходимо отметить возможность учета ошибок измерения датчиков информации: для их компенсации осуществляется смещение начальных условий на величины максимально возможных ошибок. Такой подход не требует дополнительных трудоемких вычислений и прост при практической реализации.

Предложенные алгоритмы представлены в виде структурных схем и блок-схем, что делает их удобными при реализации в программном обеспечении БЦВМ самолета.

В четвертой главе приводятся результаты математического моделирования предлагаемой системы применимо к самолету МиГ-29К, выполненного на полноразмерном стенде систем управления. Результаты моделирования подтверждают работоспособность системы, характеристики работы соответствуют теоретически обоснованным.

Вышесказанное позволяет считать полученные результаты **достоверными и обоснованными.**

Текст диссертации написан технически-грамотным языком, оформлен должным образом, материалы изложены логично и аргументированно.

Практическая значимость

Предложенный способ формирования систем управления может быть использован для синтеза астатических быстродействующих систем, характеристики объекта управления которых известны с ограниченной точностью. Предложенные подходы к организации управления для выполнения маневра уклонения и формированию математической модели обеспечивают уменьшение потери высоты и повышение точности работы системы предупреждения столкновения с землей. За счет этого увеличивается область пилотирования, свободного от вмешательства системы в управление самолетом, повышается безопасность пилотирования. Разработанная система автоматического предупреждения столкновения с землей может быть использована на маневренных самолетах.

Полученные в диссертационной работе Евдокимчика Е.А. результаты **могут быть рекомендованы** для практического использования в АО МНПК «Авионика», АО «РСК «МиГ», ПАО «Компания «Сухой», ПАО «МИЭА» и в других организациях, занимающихся проектированием систем управления летательных аппаратов.

Основное содержание работы достаточно полно отражено в восьми научных работах, в том числе в четырех работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Полученные автором основные результаты прошли апробацию на конференциях и в научно-технических конкурсах.

Автореферат отражает основные положения и выводы диссертации.

Содержание исследования соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отмечая актуальность, научную обоснованность, практическую значимость работы, 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.
 - a. На стр. 46 в формуле (31) используются и производная по времени, и функция от оператора «р».
 - b. 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 $dL/dt = V \cdot \cos \theta$. 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.

Указанные недостатки не являются определяющими при общей положительной оценке представленного диссертационного исследования.

Таким образом, по рассматриваемой работе можно сделать следующее **заключение**:

Диссертационная работа Евдокимчика Егора Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные подходы по совершенствованию системы предупреждения столкновения с землей. Диссертация имеет существенное значение для развития отрасли знаний, соответствующей специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Считаем, что диссертация Евдокимчика Егора Александровича соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отзыв обсужден и утвержден на НТС предприятия «13» июля 2017 г.,
протокол № 5.

Отзыв составили:

кандидат технических наук

Абдулин Рашид Раисович

Заместитель управляющего директора – Главный конструктор АО МНПК
«Авионика», Председатель НТС

Тел. 495-514-19-73

кандидат технических наук, доцент

Кулабухов Владимир Сергеевич

Главный конструктор ТН-17 АО МНПК «Авионика»,

заместитель председателя НТС

Тел. 965-119-40-38,

e-mail: nit@mnpk.ru

кандидат технических наук

Булгаков Валерий Валерьевич

Начальник сектора ТН-17 АО МНПК «Авионика», член НТС

e-mail: nit@mnpk.ru

Секретарь НТС АО МНПК «Авионика»,

Каравашкина Елена Олеговна

Начальник отдела

Тел. (495) 771-66-07 доб.10-04

127055, г. Москва, ул. Образцова, д. 7