

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию соискателя Щербакова Александра Игоревича на тему «Разработка адаптивной системы управления с идентификацией математической модели летательного аппарата в реальном масштабе времени», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)»

Авиационная техника претерпела несколько исторических этапов своего развития, каждый из которых определялся созданием определенных инноваций. В частности, существенное расширение диапазона скоростей и высот полета самолета привело к необходимости решения проблем аэродинамики и динамики полета, потребовавших определенного изменения аэродинамического облика ЛА для снижения сопротивления и повышения аэродинамического качества, а также автоматизации управления для улучшения устойчивости и управляемости.

Произошедший в дальнейшем переход на статически неустойчивые компоновки привел к существенному росту влияния системы управления на пилотажные свойства самолета. По сути, она стала их определять. Стремление к улучшению пилотажных характеристик авиационной техники связано с требованиями достижения необходимой эффективности выполнения целевых задач пилотирования, а также обеспечения необходимого уровня безопасности полета. Другим важным требованием, предъявляемым к современным системам автоматизации, является требование робастности, т.е., минимальной чувствительности пилотажных характеристик к возможным неопределенным факторам и переменным характеристикам объекта управления.

И наконец, важнейшим требованием, предъявляемым к системам управления, является требование адаптивности, достигаемого путем изменения структуры и параметров системы управления в случае возникновения отказов.

Еще одна достаточно острая проблема реализации алгоритмов систем дистанционного управления летательных аппаратов, которые способны обеспечить наилучшие пилотажные свойства, возникает из-за того, что управляющие сигналы, вырабатываемые регуляторами, характеризуются большими величинами и скоростями изменения. Это требует обеспечения высоких располагаемых скоростей перемещения органов управления, что определяется свойствами исполнительных устройств. В случае, если потребная скорость отклонения рулей превышает располагаемую, то в контуре управления появляется дополнительное фазовое запаздывание, которое может привести к потере устойчивости системы и возникновению колебаний, известным как «явление раскачки самолета летчиком» или PIO – pilot induced oscillations.

Обобщая вышеизложенное, синтез адаптивных робастных систем управления летательных аппаратов, обеспечивающих желаемый уровень пилотажных свойств ЛА вне зависимости от точности знания параметров объекта управления, а также функционирующих в условиях наличия ограничений исполнительной части, является актуальной задачей, решаемой в рамках диссертационной работы Щербакова А.И.

Первая глава диссертации посвящена обзору и анализу различных способов реализации регулятора, основанного на принципе обратной динамики, анализируется каждая из приведенных методик, обосновывается выбор наиболее эффективного метода синтеза.

Вторая глава посвящена описанию алгоритма вычисления коэффициентов математической модели динамики ЛА, позволяющего определять коэффициенты линеаризованной модели движения летательного аппарата в режиме реального времени и использовать эти коэффициенты для настройки параметров регулятора. Алгоритм использует данные о входных и выходных сигналах объекта управления.

В третьей главе приводится описание альтернативного нелинейного префильтра-гасителя колебаний, обеспечивающего существенное

уменьшение требуемых скоростей отклонения рулей. Это позволяет не допустить развития неустойчивых процессов в контуре управления.

Четвертая глава содержит результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности рассматриваемого регулятора и нелинейного префильтра. В исследованиях используются различные модели объектов управления – как линеаризованные, так и нелинейные. Рассматриваются как штатные условия пилотирования, так и случаи возникновения отказов. Экспериментальные исследования проводятся на пилотажных стендах, к их выполнению привлекается несколько операторов и летчиков-испытателей. Результаты экспериментальных исследований показали высокую эффективность и робастность рассматриваемых алгоритмов систем автоматизации контуров управления. Предложенный алгоритм вычисления коэффициентов линеаризованной модели позволяет обеспечить малую чувствительность системы управления к неточному знанию динамики объекта управления и обеспечивать желаемые пилотажные свойства на всех режимах полета, в том числе при возникновении отказов. Разработанный нелинейный префильтр позволяет избежать возникновения раскачки ЛА летчиком, вызванной большими требуемыми скоростями отклонения рулевых поверхностей, не вводя при этом дополнительного фазового запаздывания в линейной области. Полученные результаты определяют научную и практическую значимость работы. Результаты диссертационной работы отражены в отчетах о НИР, проводимых в МАИ.

За время работы над диссертацией Щербаковым Александром Игоревичем опубликовано 8 печатных работ, в том числе 6 индексируемых в международной базе данных Scopus, причем 2 из них относятся к 1-й четверти. Представлено 14 докладов на международных и всероссийских научных конференциях. Получен патент РФ на изобретение RU 2 814 931 C1 «Нелинейный префильтр, обеспечивающий подавление явления раскачки самолета летчиком».

В процессе обучения в аспирантуре МАИ Щербаков Александр Игоревич освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника». Наряду с научно-исследовательской работой, он активно участвовал в педагогическом процессе кафедры №106, проводя практические и лабораторные занятия по ряду курсов.

В целом Щербакова Александра Игоревича можно охарактеризовать как сформировавшегося научного работника в области динамики полета и управления движением летательных аппаратов, способного самостоятельно решать сложные научные и инженерные задачи, а также выступать с докладами на научно-технических конференциях и публиковать результаты выполненных исследований в виде научных статей.

Считаю, что Щербаков Александр Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)»

Научный руководитель

«07» 05. 26

А.В. Ефремов

Доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой № 106

«Аэродинамика, динамика и управление летательных аппаратов»

Подпись Ефремова А.В. заверяю

Директор дирекции института №1 «Авиационная техника»

Московского авиационного института

Кандидат технических наук

Д.Ю. Стрелец

