

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию соискателя Ефремова Евгения Владимировича на тему «Улучшение пилотажных характеристик летательных аппаратов путем использования перспективных подходов к разработке алгоритмов элементов технической части системы самолет-летчик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)»

Основным требованием, предъявляемым к авиационной технике, является обеспечение безопасности полета. Эта задача решается разными способами, в том числе путем улучшения пилотажных характеристик. Требования к этим характеристикам определяются в исследованиях различных целевых задач пилотирования, в которых летчик активно участвует в управлении. Они зависят от всех элементов системы самолет-летчик, в том числе от ее технической части: объекта управления (система самолет + система управления), дисплея и рычагов управления. Как правило, выбор алгоритмов функционирования и параметров каждого из этих элементов осуществляется независимо друг от друга без учета возможного синергетического эффекта улучшения пилотажных характеристик при совместной оптимизации этих элементов. При синтезе алгоритмов системы ручного управления широкое распространение получил подход, базирующийся на методах исследования системы самолет-летчик, включающий математическое моделирование этой замкнутой системы, а также ряд критериев оценки пилотажных характеристик, базирующихся на нормировании параметров этой системы. Однако, при выборе характеристик рычагов управления получили распространение другие методики, включающие критерии оценивания, являющиеся требованиями к некоторым обобщенным параметрам рычагов, полученным из экспериментов, выполненных с традиционными типами рычагов (штурвал или центральный рычаг управления) и использующими управляющий сигнал

пропорциональный перемещению. Эти результаты не позволяют применить полученные знания для новых типов рычагов управления (например, активных боковых рычагов), использующих альтернативные варианты формирования управляющих сигналов, а также решить задачу исследования совместного выбора элементов технической части системы самолет-летчик. Для решения этих задач требуется моделирование математической модели летчика, позволяющей оценивать влияние типа рычага управления и формируемого им управляющего сигнала, а также разработать критерии, базирующиеся на нормировании параметров системы самолет-летчик и позволяющие оценить влияние как алгоритмов системы управления, а так и характеристик рычага.

Стремление обеспечить наилучшие пилотажные характеристики сталкивается с проблемой их реализации из-за ограниченных возможностей исполнительной части системы самолет-летчик. Традиционный способ решения этой проблемы путем использования префильтров, входным сигналом которых является отклонение рычага управления. Это приводит к ухудшению пилотажных характеристик из-за введения дополнительного эквивалентного запаздывания в тракт управления. В этой связи необходим поиск новых алгоритмов построения префильтров, которые позволили бы не превышать ограниченные возможности приводов при сохранении наилучших пилотажных свойств.

Решение комплекса отмеченных проблем определяет актуальность диссертационной работы Ефремова Е.В. В первой ее главе проводится экспериментальные исследования влияния характеристик различных рычагов управления, вариантов формирования им управляющих сигналов на свойства системы самолет-летчик и управляющие действия летчика. Полученные здесь результаты являются основой разработанной автором модификации структурной модели управляющих действий летчика. В работе показано достаточно хорошее совпадение результатов математического и полунатурного моделирования, возможности средствами математического

моделирования выбирать жесткость и демпфирование рычага управления, оценивать влияние типа рычага управления (центрального и бокового), типа управляющего сигнала.

Полученная математическая модель была использована во второй главе при разработке критериев оценки пилотажных характеристик рычага управления и оценки загрузки летчика, основанных на нормировании показателей системы самолет-летчик. Помимо этого, в работе проведена модернизация ряда известных критериев оценки пилотажных характеристик и явления раскачки самолета летчиком. Основой такой модернизации является введение автором правила отбора динамических конфигураций, исследованных в летных экспериментах, используемых при формировании критерия. Сформулированные правила позволили уточнить границы уровней пилотажных оценок и повысить прогностические свойства конкретных критериев. При разработке этих критериев автором проведены широкие экспериментальные исследования на пилотажных стендах, подтверждающие соответствие измеренных в эксперименте и вычисленных при математическом моделировании нормируемых параметров.

В третьей главе работы сформулированы условия практической реализации принципа обратной динамики, позволившие получить законы регулятора для ряда летательных аппаратов (вертолета, сверхзвукового пассажирского самолета второго поколения). Здесь продемонстрирована высокая эффективность такого регулятора по сравнению с традиционным, как при точном, так и при неточном знании аэродинамических характеристик, используемых при его синтезе. А также экспериментально подтверждена эффективность интеграции регулятора, базирующегося на принципе обратной динамики и бокового рычага управления, формирующего управляющий сигнал пропорционально усилиям.

Четвертая глава посвящена вопросам интеграции регулятора, синтезированного на базе принципа обратной динамики, и рычагов управления с исполнительными устройствами. Здесь предложена

модификация нелинейного префильтра (ограничителя), разработанного фирмой SAAB, показана его высокая эффективность в подавлении явления раскачки летательного аппарата (в частности, летательного аппарата типа Спейс Шаттл) летчиком, а также улучшение точности пилотирования сверхзвукового пассажирского самолета при интеграции ограничителя с исследуемым регулятором и боковым рычагом типа FSC.

Полученные результаты определяют научную и практическую значимость работы, получили подтверждение на пилотажных стендах, на которых моделировалась динамика ряда летательных аппаратов.

За время работы над диссертацией Ефремовым Евгением Владимировичем опубликовано 12 печатных работ, в том числе 9 индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus, Web of Science, причем 3 из них относятся к 1-й и 2-й квартили. Кроме того, им сделаны 17 докладов на международных и всероссийских научных конференциях.

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

В целом Ефремова Евгения Владимировича можно охарактеризовать как сформировавшегося научного работника в области динамики полета и управления движением летательных аппаратов. Аспирант способен 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 Ефремов Евгений Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16.

«Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов
(технические науки)»

Научный руководитель

«__» _____

А.В. Ефремов

Доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой № 106

«Динамика и управление летательных аппаратов»

Подпись Ефремова А.В. заверяю

Директор дирекции института №1 «Авиационная техника»

Московского авиационного института

Доктор технических наук, профессор



О.С. Долгов