

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., профессора Горячева Олега Владимировича

на диссертационную работу Макарина Михаила Александровича
«Исследование кинематики, динамики и рабочих процессов активной
боковой ручки управления самолетом», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин»

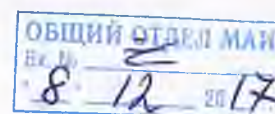
Диссертация Макарина М.А. выполнена на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» Московского Авиационного Института (Национального исследовательского университета). Работа посвящена актуальной теме исследования кинематики, динамики и рабочих процессов активной боковой ручки управления (БРУ) самолетом и создания методики проектирования активной БРУ, которая включает в себя параметрический синтез электроприводов каналов тангажа и крена БРУ, выбор способа коррекции и определение параметров корректирующих устройств, обеспечивающих требуемые динамические характеристики в ручном и автоматическом режимах.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Работа изложена на 110 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 6 таблиц и список литературы из 44 наименований.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна, показана практическая значимость работы.

В первой главе проводится обзор и анализ схем и конструкций современных авиационных боковых ручек управления, показаны направления развития БРУ как для гражданских, так и для военных самолетов.

Автором проведен анализ опубликованных работ и существующих образцов активных БРУ, по результатам которого сделан вывод о том, что



применение активных БРУ возможно на самолетах с ЭДСУ при условии жесткого ограничения опасных режимов, позволит повысить уровень информационной осведомленности летчика и улучшить эргономические свойства кабины.

Во второй главе диссертационной работы представлен морфологический анализ схемных и конструктивных решений образцов БРУ, приведены конструктивно-кинематические схемы. На основании анализа приведенных схем автором выполнена конструктивная проработка схемы БРУ с двумя степенями свободы без вспомогательной рамки. Представлена алгоритмическая схема переключения режимов работы БРУ.

Исходя из требований эргономики при кистевом управлении были сформулированы требования приводной системе макета БРУ. Проведен параметрический синтез исполнительных приводов, определена их мощность и диапазон передаточных чисел. Параметрический синтез стал основой для конструкторской проработки и создания трехмерной модели, по которой был определен ряд конструктивных параметров, таких как моменты инерции приводов и жесткость валов. Разработана конструкторская документация для изготовления макетного образца.

В третьей главе описывается разработка комплексной математической модели привода БРУ, управление которым может осуществляться двумя способами: в автоматическом режиме, замыкая контур управления по положению выходного звена и в режиме "ручного" управления, замыкая контур управления по усилию (крутящему моменту), приложенному к выходному звену. Приведена общая структура модели привода, а также модель электродвигателя. Модель привода описана с применением пакета прикладных программ MATLAB.

В результате математического моделирования автором выявлено, что для работы системы в режиме автоматического управления необходимо уменьшение ширины полосы пропускания с помощью корректирующего устройства - частотного фильтра, а для устойчивой работы без потери

быстродействия в «ручном» режиме необходимо демпфирование пропорциональное скорости.

В четвертой главе получена комплексная математическая модель БРУ и проведено моделирование работы как одной, так и пары БРУ в различных режимах. В режиме ручного управления было исследовано влияние "эффекта присоединенной массы" на динамические свойства БРУ и определены коэффициенты демпфирования и вид характеристики демпфера.

В результате проведенной работы автором была создана методика проектирования БРУ, включающая в себя основные этапы при проектировании, и рекомендации по выбору типа и параметров корректирующих устройств для обеспечения требуемых динамических характеристик в ручном и автоматическом режимах.

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям изготовленных макетов БРУ. Цель испытаний макетного образца БРУ состоит в определении соответствия статических и динамических характеристик изделия результатам математического моделирования. Создан испытательный стенд, в который входит нагрузочный элемент, используемый для снятия характеристик приводов БРУ, который включает в себя привод, порошковую муфту и датчик момента.

Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что разработанная комплексная модель является информативным способом исследования динамики БРУ методом математического моделирования и позволяет существенно сократить затрачиваемое время на разработку макетного образца.

В заключении приводятся основные результаты и выводы диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации подтверждается внедрением в учебный процесс на кафедре «Системы приводов авиационно-космической техники» Московского авиационного института, о чем свидетельствуют акты о внедрении.

К положительным особенностям работы, имеющим научную новизну, следует отнести следующее:

1. Предложена и запатентована конструкция активной БРУ с исполнительными механизмами, построенными на основе силовых мини-приводов, которые расположены так, что их продольные оси образуют карданный шарнир.

2. Сформированы требования к режимам работы БРУ и алгоритм переключения между режимами работы.

3. Проведен анализ требований к приводной системе БРУ. На основании физиологических особенностей ручного управления рассчитаны требуемые энергетические параметры приводной системы БРУ, определяющие облик и габаритные параметры исполнительных механизмов БРУ.

4. Разработана математическая модель активной БРУ на основе электромеханических приводов с волновыми передачами с телами качения. Модель позволяет исследовать динамику работы БРУ при различных значениях параметрах элементов БРУ в двух режимах работы (ручном или автоматическом), исследовать влияние корректирующих устройств и исследовать совместную работу пары активных БРУ.

5. Создана методика проектирования БРУ, включающая в себя поэтапное решение задач проектирования.

6. Проведены экспериментальные исследования макетных образцов БРУ в ручном и автоматическом режимах работы. Сравнение экспериментальных данных и результатов математического моделирования подтверждает адекватность разработанной математической модели задачам настоящего исследования.

К недостаткам диссертационной работы относится следующее:

1. Во второй главе не приведена оценка габаритов прорабатываемых приводов, не совсем понятен выбор компоновки №13 с технической точки зрения.

2. Отсутствует система допущений, принимаемая при моделировании статических и динамических характеристик разработанной конструкции механической передачи.

3. Предложенная методика синтеза корректирующего устройства опирается на методику Б.Н. Петрова, предполагающую охват отрицательной обратной связью объекта управления в целом, однако, в 3-й главе применяется структура, в которой обратной связью охвачена только часть силовой системы привода (исполнительный двигатель).

4. Отсутствует анализ устойчивости приводов БРУ в различных режимах работы.

5. Сравнительный анализ экспериментальных характеристик разработанных приводов и характеристик полученных с помощью математического моделирования не проиллюстрирован графически.

6. Имеется некоторая небрежность в оформлении. В работе имеются формулировки «больше», «меньше» и т.д. которые не являются техническими терминами, не приведены численные значения указанных параметров при морфологическом синтезе. Часть численных данных не соответствует системе СИ. Имеются проблемы с читаемостью текста на некоторых рисунках и графиках, встречаются орфографические и пунктуационные ошибки.

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом работа М.А. Макарина выполнена на высоком научном уровне и представляет собой комплекс научных исследований и новых решений актуальных научных проблем в области машиноведения, систем приводов и деталей машин. Работа полностью соответствует специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Диссертация и автореферат выполнены качественно и соответствуют требованиям ВАК.

Автореферат в полном объеме отражает основное содержание диссертации, результаты и выводы.

Основные материалы диссертации опубликованы в 24 печатных работах, в том числе 3 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, имеются 2 патента Российской Федерации на изобретение, что соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин», а ее автор, Макарин Михаил Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент –
Заведующий кафедрой
«Системы автоматического управления»
ФГБОУ ВО "Тульский государственный
университет"
доктор технических наук, профессор



Горячев О.В.

« _____ » _____ 2017 г.

Подпись Горячева О.В. заверяю.



08.12.2017г. Тульск.