

**В диссертационный совет Д.212.125.07  
Московского авиационного института  
(национального исследовательского университета)**

**Отзыв  
официального оппонента  
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"**

В последние годы в авиации в связи с широким использованием систем дистанционного управления наблюдается тенденция к замене традиционных рычагов управления самолётом – центральной ручки и штурвала – малогабаритной боковой ручкой управления (БРУ), что обусловлено в первую очередь стремлением улучшить общую эргономику кабины и условия работы лётчиков.

Диссертационная работа Макарина М.А. направлена на решение ряда задач, возникающих при разработке активной боковой ручки управления. По сравнению с существующими образцами пассивных БРУ, которые применяются на современных серийных самолетах, активные БРУ имеют ряд преимуществ, позволяющих считать их перспективным типом рычагов управления самолетом.

Наиболее существенным недостатком систем управления самолётов с пассивными БРУ является отсутствие механической взаимосвязи двух БРУ, что лишает каждого из лётчиков визуальной и тактильной информации о действиях другого лётчика. Это может приводить к опасным ситуациям из-за несогласованных действий двух лётчиков, особенно в критических условиях.

Использование активных БРУ, в которых усилия создаются активными приводами с управлением от вычислителей, позволяет обеспечить взаимосвязь двух БРУ, аналогичную их механическому соединению. Кроме того, активные БРУ позволяют реализовать целый ряд других активных функций, направленных на улучшение управляемости самолёта и повышение безопасности полёта.

Исходя из этого, тема диссертационного исследования Макарина М.А., направленного на разработку и создание макетного образца активной БРУ, несомненно является актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 44 наименований.

Во введении автором обосновывается актуальность темы исследования, формулируются его цель и задачи, даётся общая характеристика работы, включающая положения, выносимые на защиту, с обозначением их научной новизны, практической значимости, достоверности полученных результатов, их реализации и апробации работы.

В первой главе соискателем выполнен анализ современных структурных построений и конструктивного исполнения БРУ, разработанных различными зарубежными фирмами, как для военных, так и для гражданских самолетов. В результате анализа делается вывод о том, что применение БРУ возможно только в самолетах с электродистанционной системой управления при условии эффективного ограничения опасных режимов.

Вторая глава посвящена определению облика макетного образца активной БРУ и обоснованию её конструктивно-кинематической схемы на основе проведённого морфологического анализа исследованных конструкций по совокупности критериев. В результате, для конструктивной проработки выбрана схема, обеспечивающая малые массогабаритные показатели и с минимальным взаимным влиянием каналов управления.

Исходя из функционального назначения БРУ, определены алгоритмы и режимы работы устройства и сформированы требования к его приводной системе. Проведен параметрический синтез, в результате которого выбраны параметры исполнительных приводов и создана трехмерная модель макетного образца активной БРУ, по которой получена конструкторская документация.

В третьей главе выполнена разработка математической модели исполнительного привода БРУ с использованием пакетов прикладных программ в составе MATLAB для адекватного описания физических процессов при работе БРУ. Определены типы и параметры корректирующих устройств, обеспечивающих приемлемые динамические характеристики привода.

В четвертой главе исследуется комплексная модель БРУ как единого устройства и модель, включающая в себя пару связанных между собой активных БРУ. Работа модели исследована с учётом влияния "присоединенной массы" на динамические характеристики БРУ. В результате создана методика, позволяющая производить выбор типа и параметров корректирующих устройств для обеспечения требуемых динамических характеристик БРУ.

Пятая глава содержит результаты экспериментальных исследований изготовленных макетов БРУ. Дано описание испытательного стенда для определения характеристик активных БРУ. Показано, что полученные экспериментально характеристики макетного образца БРУ хорошо совпадают с расчетными, что подтверждает адекватность разработанной комплексной математической модели БРУ её физическому образцу.

Научную новизну представленной диссертационной работы подтверждают наиболее существенные научные результаты, полученные соискателем:

1. На основе анализа различных типов БРУ и тенденций их развития в самолетостроении, показана и обоснована перспективность использования активных БРУ в качестве рычагов управления самолетом.

2. Разработана методика анализа, позволившая выбрать конструктивно-кинематическую схему активной БРУ, обладающей малыми массогабаритными показателями.

3. Разработана методика проектирования активной БРУ как комплексной системы, включающая в себя поэтапное решение задач проектирования и выбора параметров для обеспечения заданных характеристик устройства.



4. С использованием разработанных методик созданы и исследованы макетные образцы активных БРУ.

Выполненные теоретические исследования реализованы с помощью апробированных программных комплексов компьютерного моделирования. Результаты проведённых исследований подтверждены экспериментальными данными, полученными на разработанных макетных образцах активных БРУ, что является обоснованием достоверности полученных результатов.

Полученные при создании макетных образцов БРУ результаты использованы при проведении опытно-конструкторских работ и в учебном процессе, поэтому практическая значимость диссертационного исследования не вызывает сомнений.

В качестве недостатков диссертационной работы можно отметить следующее:

1. Представляются заниженными величины максимальных реализуемых усилий на БРУ, особенно в канале тангажа.
2. Отсутствуют оценки динамической жесткости приводов БРУ при выбранных алгоритмах управления и параметрах их настроек.
3. Не проведен анализ тепловых режимов работы электроприводов и блока управления приводом в зависимости от характера нагрузки.

Тем не менее, отмеченные выше недостатки не снижают научной значимости и практической ценности диссертационной работы Макарина М.А.

Диссертационная работа Макарина Михаила Александровича является самостоятельным цельным исследованием, имеет безусловную актуальность, практическую ценность и научную новизну. Работа оформлена в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

Представленный в диссертации материал соответствует специальности 05.02.02 "Машиноведение, системы приводов и детали машин", а ее автор – Макарин Михаил Александрович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

"Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского"  
ФГУП "ЦАГИ", 140 180 г. Жуковский, ул. Жуковского, дом 1

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник ФГУП "ЦАГИ"  
тел. (495) 556-39-89



Яшин Ю.П.

Подпись Яшина Юрия Петровича  
Учёный секретарь диссертационного совета  
Д 403.004.01 ФГУП «ЦАГИ»  
докт. физ.-мат. наук, профессор

удостоверяю

М.А. Брутян

