

аттестационное дело № _____

дата защиты 03.12.2014 протокол №17

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.212.125.07 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКИЙ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ПО ДИССЕРТАЦИИ
АЛЕКСЕЕНКОВА АРТЕМА СЕРГЕЕВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Диссертация «Улучшение динамических свойств и исследование рабочих процессов авиационного рулевого гидропривода с комбинированным регулированием скорости при увеличении внешней нагрузки» в виде рукописи по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 702 «Системы приводов авиакосмической техники».

Диссертация принята к защите «30» сентября 2014 г., протокол №7.

Соискатель Алексеенков Артем Сергеевич, гражданин Российской Федерации, ассистент на кафедре 702 «Системы приводов авиакосмической техники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет); в период подготовки диссертации работал инженером на кафедре 702 «Системы приводов авиакосмической техники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

профессионального образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).

В 2011 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет).

Научный руководитель – кандидат технических наук Селиванов Александр Михайлович доцент кафедры 702 «Системы приводов авиакосмической техники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).

Официальные оппоненты:

1. Попов Дмитрий Николаевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»;
2. Зуев Юрий Юрьевич, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент кафедры «Паровых и газовых турбин, отдела гидромеханики и гидравлических машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, дала положительное заключение (заключение составлено Баженовым Сергеем Георгиевичем председателем НТС, и.о. начальника

НИО-15, кандидатом технических наук, Святодухом Виктором Константиновичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником, Брутяном Мурадом Абрамовичем, доктором физико-математических наук, ученым секретарем Диссертационного совета Д403.004.01 и др.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв официального оппонента Попова Д.Н., доктора технических наук, профессор кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана».

Замечания по диссертационной работе:

1. Автор диссертации использует распространенный в технической литературе термин "электрогидростатические приводы", который с самого начала ошибочно был включен в перечень рекомендуемых терминов.

2. Решение задачи структурного и параметрического синтеза автономного гидропривода рекомендуется проводить с помощью методов многокритериальной оптимизации управляемых систем.

3. Оценивать точность результатов численного и экспериментального определения частотных характеристик с учетом нелинейности рассматриваемых систем.

4. В современной электротехнике применяют не только частотное регулирование угловой скорости вала электродвигателя, целесообразно было бы обосновывать выбираемый для автономного гидропривода способ.

Отзыв официального оппонента Зуева Ю.Ю., кандидата технических наук, доцента кафедры «Паровых и газовых турбин, отдела гидромеханики и гидравлических машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе имеет место достаточно произвольное толкование общепринятых терминов. Так, во введении и последующих главах автор широко использует понятие электрогидравлического привода (стр.7), затем применяет термин «электрогидростатический привод», который почему-то рассматривается только как привод с машинным (насосным) управлением потоками гидравлической энергии и, следовательно, скоростью движения выходного звена. Вместо общепринятого термина «поворотный гидродвигатель» на стр. 37 применено считающееся устаревшим понятие «неполноповоротный гидродвигатель», вместо терминов «напорная гидролиния - линия нагнетания, на стр. 37 насос привода называется аксиально-плунжерным, а на стр. 52 и в оглавлении - поршневым и т.д.

2. Чтение текста затрудняет «сбитая» нумерация формул в гл. 3 и отсутствие словесной расшифровки вводимых автором обозначений физических величин. Так, например, все уравнения в третьей главе должны были бы иметь нумерацию (3.3) - (3.44) вместо (4.3) (4.44), что, по-видимому, объясняется невнимательностью автора. Искать входящие в уравнения этой главы обозначения, начиная с (4.3) и далее, приходится по тексту, иногда угадывая значения аббревиатур, что затрудняет чтение. Некоторые расшифровки просто отсутствуют (Ω , R_{em} , C_e и многие другие).

3. Во введении указывается, что важным показателем рулевого привода является его жёсткость. Однако автор ограничивается рассмотрением только статической жёсткости привода, причём, в упрощённой постановке, не затрагивая вопросов определения динамической жёсткости как отдельного привода, так и силовой системы с исполнительным модулем. В то же время известно, что авиационные рулевые приводы испытывают существенные знакопеременные нагрузки, обусловленные срывными режимами обтекания рулевых поверхностей, что ставит вопросы анализа динамической жёсткости приводов на одно из первых мест.

4. В качестве преимуществ гибридного (частотно-дрессельного) рулевого привода диссертант отмечает все положительные свойства

гидростатического привода, т.е. привода с насосным управлением, а также дроссельного гидропривода. Однако в диссертации отсутствует доказательство предпочтительности частотного способа регулирования перед известным машинным (насосным), который также вполне реализуем в силовых системах самолётов концепции ПЭС.

5. Требуется разъяснения положение на стр. 43, 44 о том, что ввиду использования математической модели привода «...в области малых сигналов управления, смещения регулирующих элементов, и малых изменений потоков рабочей жидкости, соответствующим сигналам управления с амплитудами 0,2...5%, ...математические модели описывают рабочие процессы в регулирующих агрегатах привода на элементном уровне с использованием экспериментальных характеристик отдельных элементов». Как правило, малые амплитуды внешних воздействий из-за известных особенностей линеаризации уравнений методами разложения функций в степенные ряды допускают возможности применения наиболее простых - линейных моделей. Здесь же речь идёт об экспериментальных данных, получение которых обычно не связано с уровнями инициирующих сигналов.

6. В модели формирования давления жидкости на входе клапана реверса (стр. 53) учтён модуль упругости жидкости. В то же время при составлении модели аксиально-плунжерного насоса (стр. 52, 53) влияние условных так называемых деформационных утечек не учтено, хотя известно, что этот фактор может составить от 30 до 40% общих объёмных потерь насоса.

7. В седьмой главе диссертации приведено сопоставление энергопотребления гибридного привода с неизменными значениями давлений на клапане реверса и ГРГП с коррекцией по давлению. Логично было бы привести хотя бы укрупнённый алгоритм решения задачи по обеспечению энергодостаточности такого привода, т.е. полного охвата механической характеристикой привода совокупности диаграмма нагрузки.

Отзыв ведущей организации Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», составлен Баженовым Сергеем Георгиевичем председателем НТС, и.о. начальника НИО-15, кандидатом технических наук, Святодухом Виктором Константиновичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником, Брутяном Мурадом Абрамовичем, доктором физико-математических наук, ученым секретарем Диссертационного совета Д403.004.01и др. и утверждён Сухановым В.Л., кандидатом технических наук, доцентом, заместителем Генерального директора по безопасности полетов ФГУП "ЦАГИ".

Замечания по диссертационной работе:

1. Не приведены результаты определения динамической жесткости исследуемых приводов.
2. Не приведены динамические характеристики исследуемых приводов при работе в режиме демпфирования.
3. Не приведены результаты, подтверждающие сохранение заявленных динамических характеристик при реализации приводов с другими значениями выходной мощности.

Отзыв Константинова С.В., доктора технических наук, профессора, заместителя Главного Конструктора филиал ОАО «Компания Сухой» «ОКБ Сухого». Замечания по автореферату:

1. Не рассмотрено влияние быстроменяющихся внешних нагрузок на динамику привода;
2. Отсутствуют оценки по динамической жесткости привода при выбранных параметрах настроек его алгоритма управления;
3. Не проведен анализ тепловых режимов работы и энергетики привода в зависимости от характера распределения балансирующего шарнирного момента по профилю полета самолета;

4. Не представлены данные по максимальному диапазону выходной мощности привода, при которой еще возможно использование принципа комбинированного регулирования скорости его выходного звена.

Отзыв Князева В.Н., технического директора ММЗ "Рассвет".
Замечания по автореферату:

1. Несколько завышен объем описательной части в разделе "Актуальность темы исследования";

2. Из текста автореферата не ясно, характеристики каких элементов привода уточнены на основе экспериментальных данных.

Отзыв Сельвесюк Н.И., доктора технических наук, главного научного сотрудника ГНЦ РФ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем». Замечания по автореферату:

1. Необходимо провести оценки процесса переключения с основного канала управления на резервный канал.

Отзыв Оболенского Ю.Г., доктора технических наук, профессора, начальника отделения автоматических и дистанционных систем управления Инженерного центра «ОКБ им. А.И. Микояна» Акционерного общества «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ». Замечания по автореферату:

1. Отсутствие в автореферате структурной схемы рассматриваемого привода в целом, что не позволяет получить представление о его динамических свойствах.

Отзыв Вашкевича О.В., кандидата технических наук, заместителя Главного конструктора ОАО "ПМЗ Восход". Замечания по автореферату:

1. Отсутствие в автореферате оценок надежности разработанных схемных и конструкторских решений.

Отзыв Волкова С.В., кандидата технических наук, начальника НТО, председателя Секции №1 НТС Центрального научно-исследовательского института автоматики и гидравлики (ЦНИИАГ). Замечания по автореферату:

1. Автору следовало бы сравнить структурную надежность типового рулевого привода с дроссельным регулированием скорости и привода с разработанным автором регулятором.

В дискуссии приняли участие: Лалабеков Валентин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры 702 МАИ; Самсонович Семен Львович, доктор технических наук, профессор кафедры 702 МАИ; Ермаков Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры 702 МАИ; Константинов Сергей Валентинович, доктор технических наук, заместитель Главного Конструктора филиал ОАО «Компания Сухой»; Ковалев Константин Львович, доктор технических наук, профессор кафедры 310 МАИ.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 8 научных работ общим объёмом 3.9 печатных листов, в том числе 4 статьи в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Соискателем опубликовано 5 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов; имеется 2 публикации в электронных научных изданиях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Алексеенков А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М., Перспективы развития автономных электрогидравлических приводов. Журнал «Известия Тульского государственного университета, Технические науки», вып. 5, ч. 1, Тула: изд-во ТугГУ, 2011 г.

2. Алексеенков А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М., Оценка области дроссельного регулирования в приводе с комбинированным регулированием скорости выходного звена. Журнал «Известия Тульского государственного университета, Технические науки», вып. 5, ч. 1, Тула: изд-во ТугГУ, 2011 г.
3. Алексеенков А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М., Развитие авиационных автономных электрогидравлических приводов. Журнал «Вестник Московского авиационного института», № 1, т. 19, 2012 г.
4. Алексеенков А.С. Исследование характеристик и рабочих процессов автономного электрогидравлического рулевого привода с комбинированным регулированием скорости. Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. URL: <http://www.science-education.ru/116-12896>
5. A. Alekseenkov, I. Ogoltsov, S. Samsonovich, A. Selivanov. New developments of powered electrohydraulic and electromechanical actuators for the more electrical aircraft. ICAS 2014 PROCEEDINGS

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учёными в области диссертационного исследования, что подтверждается их научными публикациями. Выбор ведущей организации обуславливается широкой известностью её достижений в области научных исследований, рассматриваемых в диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано новое схемотехническое решение, улучшающее динамические характеристики привода с комбинированным регулированием скорости при увеличении внешней нагрузки;

предложен метод определения областей преимущественного регулирования скорости в приводе с комбинированным регулированием при обработке им гармонического сигнала;

установлено влияние параметров настройки блока управления приводом с комбинированным регулированием скорости на его частотные характеристики и *доказано*, что расширение области преимущественно дроссельного регулирования скорости привода возможно за счет создания избыточного давления на клапане реверса;

доказано что гибридный привод с комбинированным регулированием скорости обладает высокими динамическими характеристиками в области малых амплитуд входного сигнала вне зависимости от типа энергопитания;

проведена оценка энергетических свойств привода с комбинированным регулированием скорости и *установлена* зависимость его энергопотребления от параметров настройки его блока управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использован метод оценки динамических свойств гидропривода с комбинированным регулированием скорости выходного звена по трехмерным графикам амплитудных и фазовых частотных характеристик;

изучены различные структуры электрогидравлических приводов с электрическим энергопитанием и *показана* перспективность использования гибридного привода с комбинированным регулированием скорости выходного звена в режиме работы от электрической энергосистемы;

раскрыто влияние параметров блока управления приводом с комбинированным регулированием скорости выходного звена на его частотные характеристики;

проведена модернизация существующей математической модели привода с комбинированным регулированием скорости и *сформирован* новый алгоритм управления приводом с комбинированным регулированием скорости;

существенно *модернизирована* структура регулятора привода с комбинированным регулированием скорости, реализующая коррекцию по перепаду давлений на клапане реверса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в учебный процесс МАИ математические модели привода с комбинированным регулированием скорости в среде MatLab Simulink и способы автоматизации программных расчетов на основании разработанных комплексов;

разработаны и внедрены в научно-исследовательские работы МАИ по разработке демонстраторов рулевых приводов пассажирского самолета с повышенной степенью электрификации энергетических систем; исследованию путей совершенствования комплексных систем управления полетом новых пассажирских самолетов.

представлены методические рекомендации по проектированию гидроприводов с комбинированным регулированием скорости и настройки блока управления приводом;

полученные результаты *позволяют улучшить* динамические характеристики гидропривода с комбинированным регулированием скорости выходного звена и гибридного гидропривода в области малых амплитуд входных сигналов при воздействии внешних аэродинамических нагрузок в виде шарнирного момента.

Оценка достоверности результатов выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях: экспериментальные исследования проводились в испытательной лаборатории ММЗ "Рассвет" (акт о проведении испытаний рулевого привода ДРП-1 № 02/55-12) и в лаборатории кафедры 702 МАИ;

теория построена на классических соотношениях гидравлических приводов с электромоторным и дроссельным управлением потоками гидроэнергии, электрических машин, положениях теории управления и реализовано с помощью апробированных программных комплексов компьютерного моделирования;

совпадение результатов компьютерного моделирования с результатами экспериментальных исследований находится в пределах допустимой для инженерной практики погрешности.

Личный вклад соискателя состоит в:

определении влияния параметров настройки привода с комбинированным регулированием скорости на его выходные характеристики и формировании новых алгоритмов управления приводом;

непосредственном участии в научных экспериментах, обработке и интерпретации экспериментальных данных, участии в *проектировании* исследовательского образца гибридного привода с комбинированным регулированием скорости;

разработке экспериментальных и демонстрационных стендов, выполненных при участии автора;

подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить

Алексеенкову Артему Сергеевичу учёную степень кандидата технических наук.

В диссертационной работе разработано научно обоснованное техническое решение задачи улучшения динамических характеристик гибридного электрогидравлического рулевого привода с комбинированным регулированием скорости, внедрение которого имеет существенное значение для авиастроения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **4** доктора технических наук по специальности 05.09.01, **7** докторов технических наук по специальности 05.02.02, **1** кандидат технических наук по специальности 05.02.02, **7** докторов технических наук по специальности 05.09.03, участвовавших в заседании из **28** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени **19**, против присуждения учёной степени **0**, недействительных бюллетеней **0**.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Ковалев К.Л.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Степанов В.С.

3 декабря 2014 г.