

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.т.н., профессора Горячева Олега Владимировича

на диссертационную работу Крылова Николая Валерьевича

«Исследование жёсткости и прочности волновой передачи с телами качения

электромеханического силового привода летательного аппарата»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности

05.02.02. «Машиноведение, системы приводов и детали машин»

Актуальность темы диссертационной работы

Создание новых электромеханических приводных систем позволяющих получить динамические характеристики, аналогичные характеристикам гидравлических приводов, является перспективным направлением развития летательных аппаратов.

Использование волновых передач с телами качения (ВПТК) в электромеханических приводах позволяет снизить массу и уменьшить габариты рулевых машинок за счёт наличия многопарного зацепления в ступенях редуктора. Важной задачей при проектировании ЛА является математическое моделирование работы рулевых приводов как отдельно, так и в составе ЛА, а также возможность оценки влияния параметров механических передач на динамику приводов. Поэтому исследования по разработке целостной методики расчёта и моделирования электромеханических приводов на основе ВПТК является актуальными.

Содержание диссертационной работы

Во введении дано обоснование актуальности проводимых исследований для ВПТК, сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

В первой главе рассматривается физическая модель ВПТК, состоящая из сосредоточенных масс и элементов упругости. Приводится математическое описание физической модели, включая нагрузочную характеристику и

характеристику передаваемого момента ВПТК. Описан алгоритм силового расчёта ВПТК. Проведён анализ распределения контактных сил и напряжений, а также влияния параметров ВПТК друг на друга. Представлено программное обеспечение, позволяющее произвести силовой расчёт передачи по предложенному алгоритму. Приведено описание комплексной методики расчёта ВПТК как элемента привода.

Во второй главе рассматривается влияние конструктивных элементов ВПТК – формы тел качения, формы гнезд сепаратора, количества рядов тел качения – на её прочностные характеристики. Предложена новая конструктивная схема волновых передач с эксцентриковыми роликами.

В третьей главе описаны результаты исследования динамических характеристик электромеханического привода на основе ВПТК с помощью разработанной математической модели, учитывающей характеристику передаваемого момента и нагрузочную характеристику передачи.

В четвёртой главе описаны результаты экспериментальных исследований, для которых были использованы образцы электромеханических приводов элерона пассажирского самолёта и привода створки грузового отсека.

Научная новизна

В диссертационной работе впервые исследованы, проанализированы и описаны математически нагрузочная характеристика и характеристика передаваемого момента ВПТК. Предлагается новая методика расчёта ВПТК, позволяющая оценить статические и динамические характеристики привода с помощью предложенной математической модели, описывающей ВПТК, а также рассчитать передачу на прочность, найти нагрузочную характеристику и характеристику передаваемого момента, выбрать наиболее подходящие для разрабатываемого привода передаточные числа ступеней редуктора и их геометрические параметры с учётом условия прочности.

Кроме того, в работе предложены новые типы редукторов, реализующих контакт роликов (сателлитов) с жёстким колесом (цевками) по поверхности, за счёт чего реализуется контакт по поверхности. Это позволяет уменьшить массогабаритные параметры редуктора при сохранении значения максимального выходного момента. На предложенные изобретения получены два патента РФ.

Практическая значимость

Представленная диссертационная работа имеет высокую практическую значимость, так как в ней предложена методика расчёта ВПТК и программное обеспечение, реализовывающее данную методику, позволяющее сократить время на разработку, проектирование и моделирование электромеханических приводов на основе ВПТК, найти такие параметры передачи, при которых исполнительный механизм привода будет занимать минимальный объём и иметь наименьшую массу при соблюдении условий прочности и обеспечении требуемых статических и динамических характеристик. Также в работе приведены способы уменьшения напряжений в местах контакта тел качения с элементами ВПТК и в её сепараторе, а также способы коррекции динамических характеристик электромеханического привода за счёт изменения параметров ВПТК.

С использованием данной методики расчёта и рекомендаций были спроектированы и изготовлены приводы элерона по теме «Разработка демонстраторов рулевых приводов пассажирского самолёта с повышенной степенью электрификации энергетических систем» и привод створки грузового отсека, разработанного по теме «Разработка электромеханической системы управления створками грузоотсека».

Также представленная методика и полученные с её помощью данные используются в курсе «Основы конструирования механизмов и узлов систем приводов ЛА» на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» МАИ.

Достоверность результатов диссертационной работы

Результаты работы получены с помощью апробированных современных методов расчета, компьютерного моделирования, а также подтверждены сравнением теоретических исследований и результатов моделирования с экспериментальными данными.

Замечания

Предлагаемая математическая модель электромеханического привода с двухступенчатым редуктором, включающим волновые передачи с телами качения, содержит блок контроллера, основанный на PID-регуляторе, который может работать как в непрерывном, так и в дискретном режимах, как отмечает автор. В диссертации проводится анализ динамических характеристик привода с контроллером, работающим с пропорциональным усилением и в непрерывном режиме, хотя актуальные для современных цифровых систем управления дискретный режим и пропорционально-интегральное усиление не рассмотрены. Также не проанализировано влияние на статические и динамические характеристики привода с ВПТК дискретизации сигналов по времени и уровню, имеющих место в современных цифровых системах управления.

Отмеченные замечания не снижают достоинства и научно-практической ценности данной работы.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Рассмотренная диссертационная работа «Исследование жёсткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического привода летательного аппарата» соответствует паспорту специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин», является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании

выполненных автором исследований, изложены научно-обоснованные технические решения и методические разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание учёной степени кандидата технических наук. Автор диссертации Крылов Николай Валерьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Официальный оппонент –

Заведующий кафедрой

«Системы автоматического управления» ТулГУ

доктор технических наук, профессор

Горячев О.В.

« 10 » _____ 11 _____ 2014 г.

Подпись Горячева О.В. заверяю

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тульский государственный университет»
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92
Телефон:(4872) 33-24-10; факс:(4872) 35-81-81.
e-mail: info@sau.tsu.tula.ru