

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора Центрального
аэрогидродинамического института
имени профессора Н.Е. Жуковского
доктор физ.-мат. наук, доцент



А.Л. Медведский

2024г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального автономного учреждения

«Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора
Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)

на диссертационную работу Чулкова Максима Викторовича
«Разработка новых конструктивных решений для повышения
энергетической эффективности электрогидравлических рулевых приводов и
гидросистем летательных аппаратов», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности

2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания
и эксплуатация летательных аппаратов

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Чулкова Максима Викторовича посвящена разработке способов повышения энергетической эффективности гидросистем применительно к силовым гидроприводам, с целью снижения установочной мощности и массы их блоков питания. В настоящее время в связи с ростом числа потребителей гидравлической энергии на борту самолета увеличивается мощность и масса источников гидропитания, что приводит к снижению топливной эффективности самолета. Данная проблема особенно актуальна для маневренных самолетов с неустойчивой аэродинамической компоновкой, рулевые приводы которых имеют высокую

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

25 09 2024г.

скорость перемещения выходных звеньев и развивают значительные усилия. Суммарные тепловые потери в приводах, переходящие в нагрев рабочей жидкости, вынуждают устанавливать в гидросистеме теплообменные аппараты с большей теплоотдачей либо увеличивать их количество (например, последовательно пропускать рабочую жидкость гидросистемы через топливно-масляный и воздушно-масляный теплообменники). Это приводит к росту массы самолета и сокращению полезных внутренних объемов. В связи с этим актуальность вопроса снижения непроизводительных потерь мощности в гидросистемах самолетов несомненна.

Объем диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 101 наименования, и приложений. Общий объём диссертации составляет 162 страницы.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов:

1. В части пункта 1:

- а) разработана математическая модель теплового состояния гидросистемы и соответствующая методика расчета температуры рабочей жидкости в гидросистеме самолета;
- б) разработана методика расчета массы локальной гидросистемы с блоком питания на основе электроприводной насосной станции переменной подачи, обеспечивающей энергией ограниченную группу потребителей;

2. В части пункта 3:

- а) разработана новая конструкция золотникового гидрораспределителя электрогидравлического следящего рулевого привода, автоматически изменяющая соотношение проводимостей дросселирующих элементов в зависимости от величины и направления действующей на привод нагрузки; проведено исследование основных энергетических характеристик данной конструкции;
- б) разработана структура автономного рулевого привода с адаптивностью характеристики его блока питания к внешней нагрузке.

Научная новизна работы

1. Соискателем разработана новая математическая модель тепловых процессов в гидросистеме самолета, в которой учитываются следующие факторы, влияющие на температуру рабочей жидкости:

- переменность величины и направления действия усилий нагрузки на рулевые гидроприводы системы управления при различных углах и скоростях отклонения рулевых поверхностей и при изменении профиля полета, что напрямую влияет на нагрев рабочей жидкости при ее дросселировании в золотниковых распределителях приводов;
- зависимость доли установочной мощности основного насоса гидросистемы, переходящей в тепло, от частоты вращения его вала и от расхода жидкости в гидросистему; как показывают приведенные в диссертации результаты испытаний насоса, его КПД может меняться в пределах 80-90 % для диапазона частот вращения вала от 70 до 100 % от максимального;

- температурное расширение жидкости и теплопередающая поверхность сети гидравлических трубопроводов, гидробака и топливно-масляных теплообменных аппаратов.

2. Предложена структура золотникового гидрораспределителя, в которой при помогающих нагрузках на привод выполняется кольцевание рабочей жидкости в линии нагнетания вместо ее дросселирования на рабочих окнах золотника, соединенных со сливом. Разработан алгоритм управления данным золотниковым распределителем. Соотношение гидравлических проводимостей дросселирующих элементов регулируется в зависимости от величины помогающей нагрузки, для чего применена обратная связь по усилию, действующему на выходное звено привода.

3. Работоспособность разработанной структуры гидрораспределителя также исследовалась соискателем применительно к автономному электрогидравлическому приводу в комплексе с адаптивным регулированием характеристики насоса переменной подачи в зависимости от фактически действующей на привод нагрузки. Разработан алгоритм регулирования насоса, в котором выполнена обратная связь по нагрузке, обеспечивающая установку давления нагнетания, соответствующего фактически действующему на выходное звено гидропривода усилию нагрузки. Данное техническое решение позволяет уменьшить непроизводительные потери установочной мощности насоса, а, следовательно, и нагрев самого привода.

Практическая значимость работы:

1. Положительные эффекты от применения предложенных соискателем модификаций конструкции электрогидравлического следящего привода - снижение массы топливно-масляного теплообменника и основного насоса гидросистемы за счет повышения гидравлического КПД привода и уменьшения нагрева рабочей жидкости, защита

привода от возникновения перегрузочного давления и от разрыва сплошности потока в гидроцилиндре при значительных помогающих нагрузках;

2. Применение разработанной соискателем методики расчета температуры жидкости при проектировании гидросистем летательных аппаратов позволит при минимальных временных затратах выполнить предварительную оценку тепловой напряженности гидросистемы и принять решения по регулированию тепловыделений, о достаточности или недостаточности величины теплосъема на теплообменных аппаратах; при этом возможно задание любых профилей полета и соответствующих им отклонений рулевых поверхностей;
3. Соискателем доказано, что для самолета Ил-96-300 нецелесообразна замена централизованного питания гидравлических приводов рулей хвостового оперения на питание от насосных станций, поскольку это приводит к увеличению массы самолета. Предполагаемый выигрыш в массе за счет устранения длинных трубопроводных магистралей от центроплана к хвостовому оперению и их замены на электрические кабели питания насосных станций отсутствует. Тем не менее, разработанная соискателем методика расчета массы локальных гидросистем совместно с сетями подвода питания к потребителям универсальна и может применяться для сравнения конкурирующих между собой структур силовых систем управления полетом и для принятия технических решений при проектировании данных систем.

Полученные в работе результаты могут применяться в конструкторских бюро, разрабатывающих гидроагрегаты и гидросистемы авиационного назначения.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе Московского авиационного института при реализации образовательных программ по дисциплинам «Проектирование систем энергообеспечения», «Приводы летательных аппаратов».

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для дальнейшего использования и внедрения в отраслевых научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях и авиастроительных предприятиях.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается путем сопоставления результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными в ходе летных испытаний самолета Су-35-2, а также с результатами стендовых испытаний насоса, применяемого в гидросистеме данного самолета. Модель теплового состояния гидросистемы показала удовлетворительную сходимость зависимости температуры жидкости от времени полета для двух расчетных случаев, относительная погрешность не превышает 5 %.

Замечания по диссертационной работе

В работе имеются некоторые недостатки:

1. Не проведен анализ функционирования автономного гидропривода с предложенной модификацией золотникового гидрораспределителя и с адаптивностью насоса к нагрузкам на переходных режимах.
2. Не исследовано влияние предложенных новых конструктивных решений на надежность и отказобезопасность привода.
3. Из описания структуры энергообеспечения рулевых приводов Ил-96-300 при помощи локальных гидросистем неясно,

установлены ли в локальной гидросистеме теплообменные аппараты.

4. При анализе работоспособности автономного гидропривода с адаптивностью к нагрузке путем имитационного моделирования не указано, как влияют принятые в модели допущения, в частности, гистерезис статической характеристики линейного электродвигателя, на характер результатов моделирования.
5. Отсутствует математическое описание некоторых блоков Simulink, примененных в имитационных моделях гидропривода.
6. При анализе применимости локальных гидросистем отсутствует обоснование приведенной на структурной схеме кратности резервирования приводов – по гидропитанию, а насосных станций – по электропитанию.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

Автореферат соответствует содержанию диссертации по необходимым квалификационным признакам: цели, задачам, новизне, актуальности, достоверности, теоретической и практической значимости, правильно отражает содержание диссертации.

Основные положения диссертации отражены в 12 публикациях, 2 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Полученные в диссертационной работе результаты обсуждались на 11 всероссийских и международных научных конференциях.

Заключение по диссертации

Диссертация Чулкова Максима Викторовича выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по повышению энергетической эффективности электрогидравлических рулевых приводов, имеющая

существенное значение в области разработки гидросистем летательных аппаратов. Она обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, достоверность которых не вызывает сомнений. Основные ее положения опубликованы в рецензируемых научных изданиях и доложены на научных конференциях. Данная работа имеет неоспоримую научную новизну, достаточную практическую значимость и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а соискатель, Чулков Максим Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на президиуме НТС НИЦ БП, протокол № 71 от «11» сентября 2024 г.

Отзыв составили:

Начальник НИО-15 «Динамика и системы управления ЛА»

Научно-исследовательского центра безопасности полетов,

доктор технических наук, доцент

Баженов С.Г.

Начальник сектора 19 «Силовые системы управления»

Испытательного центра «Динамика», Научно-

исследовательского центра безопасности полетов

Халецкий Л.В.

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)

140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1

Телефон: +7 495 556-43-03

Электронная почта: info@tsagi.ru

сайт: www.tsagi.ru

С отзывом ознакомлен.

Чулков М.В.

25.09.2024