

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора АО «ОДК»
по управлению НПК «Пермские моторы»,
управляющий директор - генеральный конструктор

АО «ОДК-Авиадвигатель»

д.т.н., проф., член-корр. РАН

А.А. Иноземцев



25.10.2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Щуровского Юрия Михайловича «Исследование особенностей построения и
выбора характеристик регулируемых электроприводных систем смазки ГТД»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Электрификация систем летательных аппаратов и газотурбинных двигателей является перспективным направлением развития авиации. Электроприводная система смазки - необходимая часть «электрического» ГТД. Применение электрического привода в системе смазки, наряду с электрификацией других систем двигателя, даст возможность построить ГТД без коробки приводов агрегатов, уменьшить его массу и мидель, будет способствовать повышению топливной экономичности.

Жесткая связь частоты вращения насосов системы смазки с частотой вращения ротора двигателя не позволяет обеспечить оптимальные параметры системы для всех условий эксплуатации двигателя, что в результате может приводить к снижению ресурса подшипников. Возможность регулирования подачи масла при применении электрического привода насосов повысит качество смазки.

Имеется ограниченное количество работ по электроприводным системам смазки. В них представлены некоторые схемные решения системы для двигателей демонстраторов, но не освещены вопросы влияния характеристик течения рабочей смеси на характеристики системы смазки и ее устройства, такие как насосы и электроприводы.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 19 » 11 20 21 г.

Диссертация Щуровского Ю.М. посвящена вопросам построения и выбора характеристик электроприводной системы смазки ГТД, что свидетельствует об актуальности темы исследований.

Общая характеристика работы

Диссертация изложена на 131 странице, состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

В первой главе выполнен обзор схем систем смазки ГТД с приводом от коробки приводов агрегатов и с электрическим приводом, методов экспериментального и расчетного исследования. Показаны преимущества электроприводной системы смазки по сравнению с системой смазки с приводом от коробки приводов агрегатов. По результатам главы сформулированы задачи исследования.

Во второй главе на базе проведенного обзора сформулированы основные принципы построения электроприводной системы смазки применительно к двигателям магистральных самолетов. Основываясь на этих принципах, предложена схема системы смазки, а также ее модификация, в которой обеспечивается структурная взаимозаменяемость насосов.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований характеристик узлов при работе на двухфазной смеси. Показано, что при работе гидравлического тракта на двухфазной смеси процессы существенно отличаются от процессов при работе на чистом масле (без включений воздуха). Важным результатом данной главы является установленный факт, что увеличение объемного газосодержания на входе в насос приводит к увеличению его потребляемой мощности по сравнению с теоретическим значением.

В четвертой главе представлена методика выбора характеристик электроприводов системы смазки. Учитывая ограничения по массе при проектировании системы, вопрос выбора мощности особенно важен. Согласно этой методике мощность электропривода для насосов системы смазки выбирается применительно к наиболее длительному участку полетного цикла, а на кратковременных участках, таких как режим взлета, набор высоты, где требуется большая мощность, обеспечивается работа электропривода в режиме перегрузки по мощности.

В пятой главе разработана динамическая математическая модель электроприводной системы смазки в сосредоточенных параметрах, которая позволяет рассчитывать как установившиеся, так и переходные режимы работы с учётом двухфазности рабочей среды. Модель построена по модульному принципу. Основываясь на результатах экспериментальных исследований свойств рабочей среды и ее структур течения, для описания

течения использована гомогенная модель. Математическая модель системы верифицирована по переходным процессам давления в тракте нагнетания и откачки. Получены погрешности расчета давлений в тракте нагнетания до 3%, а в откачке – до 12%.

В шестой главе расчетно определены требуемые параметры электроприводных насосов для демонстрационной электроприводной системы смазки. Выбраны законы управления электроприводами, а также разработан алгоритм защиты электроприводов от перегрузки по току, который заключается в снижении частоты вращения электропривода в случае достижения предельно допустимого значения тока в его обмотках.

В седьмой главе представлены результаты экспериментальных исследований демонстрационной электроприводной системы смазки на полунатурном стенде с имитатором масляной полости и натурном стенде с двигателем-демонстратором электрических технологий. Погрешность расчета на установившихся режимах составила: 6.3% по объёмному расходу смеси; 6% – давлению на выходе насосов; 15% - мощности электроприводов.

Вызывает практический интерес результаты испытаний, когда были отключения электропривода откачивающего насоса по сигналу «перегрузка по току» из-за увеличения гидравлической мощности насоса. Эти случаи возникали при высоком уровне газосодержания в рабочей смеси (около 50%) в тракте откачки. Предложенный алгоритм защиты электропривода от перегрузки по току позволил исключить подобные явления.

Научная новизна

1. Разработана динамическая математическая модель электроприводной системы смазки, учитывающая влияние двухфазности рабочей среды на характеристики системы. При этом впервые были получены уравнения движения двухфазной среды в трубопроводе и мощности насоса при ее прокачке, математическое описание процессов потокораспределения в масляной полости, а также процессов заполнения двухфазной средой межзубовых впадин шестерен насоса.

2. Выявлены особенности влияния двухфазности рабочей среды на характеристики электроприводной системы смазки.

3. Разработана методика выбора характеристик электропривода насосов системы смазки с учётом двухфазности рабочей среды, полётного цикла летательного аппарата, возможности работы электропривода в режиме перегрузки и др.

Практическая ценность работы

Разработанные методы построения, расчётного и экспериментального исследования электроприводных систем смазки ГТД с учётом двухфазности

рабочей среды позволяют выполнить разработку систем смазки для двигателей различного назначения, осуществить выбор их характеристик и конструкционных параметров, сократить сроки на предпроектные исследования и затраты на доводку системы.

Их эффективность подтверждена при создании и испытаниях демонстрационной системы смазки. Они использованы при разработке технического задания на электроприводную систему смазки перспективного ТРДД большой тяги.

Достоверность полученных результатов обосновывается корректным использованием математических подходов при разработке модели системы смазки и удовлетворительной сходимости результатов численных и экспериментальных исследований.

Замечания по работе

1. Для предлагаемых в работе схем электроприводной системы смазки ГТД магистрального самолета не приведена оценка их массы и надежности.
2. Характеристики рабочей среды в гидравлических трактах системы смазки и ее структуры потока, полученные при исследованиях на автономном и полунатурном стенде с имитатором масляной полости, не уточнены при испытаниях на двигателе-демонстраторе.
3. Приведенные результаты испытаний демонстрационной системы смазки на двигателе-демонстраторе не в полном объеме раскрывают преимущества электроприводной системы смазки по сравнению с системой смазки, приводимой от коробки приводов агрегатов.
4. Выбор откачивающих электроприводных насосов требует уточнения в части их типа и характеристик.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости диссертации и общей высокой оценки работы и могут рассматриваться как рекомендации для проведения дальнейших исследований по данной тематике

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Щуровского Юрия Михайловича отвечает критериям актуальности, научной новизны, практической и теоретической значимости и является законченной научно-квалификационной работой.

Результаты диссертации опубликованы в 25 печатных работах, в том числе в 4 статьях в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Диссертация не содержит некорректных заимствований. Тема и содержание соответствует специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Диссертационная работа «Исследование особенностей построения и выбора характеристик регулируемых электроприводных систем смазки ГТД» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Щуровский Юрий Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Диссертация рассмотрена, а отзыв обсужден и одобрен на совещании отделения САУ АО «ОДК-Авиадвигатель» (протокол № ПР-1085-2021 от 27.10.2021 г.).

Ученый секретарь НТС, к.т.н

Алексей Николаевич
Саженов

Начальник отделения систем
автоматического управления,
к.т.н

Игорь Георгиевич
Лисовин

Начальник отдела расчетно-
экспериментальных работ и
проектирования САУ, к.т.н

Антон Иванович
Полулях

614990, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, д.93, к. 19А
+7 (342) 240-97-86
office@avid.ru

С отзывом ознакомлен 19.11.21г. Щур