



Федеральное государственное
унитарное предприятие

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ
имени П.И. Баранова**

111116, Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 2
Тел.: +7 (499) 763 61 67, факс: +7 (499) 763 61 10;
e-mail: info@ciam.ru, www.ciam.ru
ОКПО 07538518, ОГРН 1027700574505,
ИНН/КПП 7722016820/772201001

12.02.2021 № 2000-08/144

на №08-2020-05 от 14.10.2020

Отзыв на автореферат

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Храмина Р.В. на тему: "Особенности проектирования опоры радиально-упорного шарикового подшипника авиационного газотурбинного двигателя с консистентной системой смазки", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05

Приложение: отзыв на 3 л. в 2-х экземплярах.

С уважением

Заместитель генерального директора –
директор исследовательского центра
«Динамика, прочность, надежность»
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», д.т.н.

Ю.А. Ножницкий

Исп. Петров Николай Иванович
т. 8(499) 763-61-79

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«24» 02 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора -
директор исследовательского центра
«Динамика, прочность, надежность»
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», д.т.н.



Ю.А. Ножницкий

«12» февраля 2021 г.

Отзыв

на автореферат диссертации Храмина Р.В.

"Особенности проектирования опоры радиально-упорного шарикового подшипника авиационного газотурбинного двигателя с консистентной системой смазки", представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

1. Актуальность темы диссертации.

В связи с тем, что работоспособность подшипников опор роторов малоразмерных короткоресурсных ГТД, эксплуатируемых при высоких частотах вращения, в значительной степени зависит от их рабочих температур и воспринимаемых нагрузок, а циркуляционная система смазки и охлаждения подшипников существенно увеличивает массу двигателя, то тема проектирования и исследования подшипниковых опор с консистентной системой смазки, выбранная диссертантом, является весьма актуальной.

В настоящее время конструкция малоразмерных двигателей без традиционных масляных систем с применением современных систем охлаждения опор роторов воздухом становится все более привлекательной. Поэтому для оценки теплового состояния подшипника, зависящего как от частот вращения, так и воспринимаемых нагрузок, необходимы новые расчетно-экспериментальные методы определения этих нагрузок.

Храминим Р.В. предложен метод проектирования опор ГТД с шариковыми подшипниками качения при их смазывании консистентной смазкой и охлаждением воздушными потоками. Автором диссертации разработаны: - критериальное уравнение оценки теплового состояния узла опоры; - методика экспериментального определения осевой силы, действующей на радиально-упорный подшипник; - система воздушного охлаждения шарикоподшипника ГТД с консистентной смазкой.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«24» 02 2021 г.

Диссертантом экспериментально исследованы зависимости температур колец подшипника от параметров осевой нагрузки, действующей на подшипник и от частоты вращения ротора.

2. Научная новизна исследований.

Разработан новый метод проектирования опор высокооборотного ротора короткоресурсного ГТД с радиально-упорным шариковым подшипником смазываемым консистентной смазкой. При этом подшипник дополнительно охлаждается оптимально подобранными воздушными потоками. Данный метод основан на экспериментальном исследовании теплового состояния опоры с измерением температур наружного кольца подшипника и действующей на этот подшипник осевой силы.

Измерение осевой силы проводится с применением метода динамического тензометрирования, который также разработан и реализован впервые.

Новизна предложенных в рецензируемой работе решений подтверждена также шестью патентами на изобретения.

3. Значимость исследований и реализация результатов.

Применение разработанного расчетно-экспериментального метода позволяет на этапе создания и доводки двигателя оценивать и оптимизировать тепловой режим шарикоподшипников с консистентной смазкой при различных частотах вращения ротора и величинах осевой силы, обеспечивая тем самым надежность работы подшипникового узла на протяжении требуемого ресурса. Оценка теплового состояния подшипникового узла позволяет устанавливать потребные расходы воздуха, направляемые на охлаждение подшипника и элементы опоры.

Результаты исследований Храмина Р.В. внедрены в ПАО «ОДК-Сатурн» в практику проектирования опор роторов малоразмерных короткоресурсных ГТД с шариковыми подшипниками качения при их смазывании консистентной смазкой и охлаждении воздухом.

4. Замечания.

а). Следует отметить, что отраслевых стандартов по расчетам тепловыделения в подшипниках с консистентной смазкой нет не только для подшипников с керамическими шариками, как указано в автореферате, но и для подшипников со стальными шариками. В диссертации, по-видимому, впервые (по крайней мере в отечественных работах) проведено исследование теплового состояния подшипника опоры высокооборотного ротора при консистентной смазке.

Однако, как следует из автореферата, данные исследования тепловыделения в подшипнике с консистентной смазкой проведены только для гибридного подшипника с керамическими шариками, поэтому, к сожалению,

результаты исследований не могут быть применимы для подшипников со стальными шариками, т.к. их коэффициенты температурного расширения и коэффициенты трения имеют существенные отличия.

б). В теоретическом описании процесса движения смазки в подшипнике (вторая глава диссертации) и при обработке результатов экспериментов по оценке тепловыделения (глава четыре) диссертантом применены критерии Рейнольдса, Эйлера и Прандтля. Данные критерии могут быть применимы при смазывании и охлаждении подшипника циркулирующей под определенным давлением жидкой смазкой. При консистентном смазывании применение критерия Рейнольдса, характеризующего гидродинамический режим течения жидкости в потоке, и критерия Эйлера, характеризующего отношение гидродинамического давления в потоке к силам инерции, вызывает сомнение. В то же время нельзя не согласиться с совпадением расчетных значений тепловыделения в подшипнике с экспериментальными.

в). В автореферате, в описании третьей главы диссертации, не ясно прописан механизм метода динамического тензометрирования при измерении осевых нагрузок на подшипник, не сказано, как проводится калибровка измерительных каналов, какова погрешность измерения, в чем преимущество предложенного метода. Если, как сказано вначале описания, известно, что направление осевого усилия против потока, то зачем выполнять пазы (скосы) с обоих торцов наружного кольца подшипника?

5. Заключение.

Отмеченные замечания не препятствуют положительной оценке диссертационной работы.

Диссертация Храмина Р.В. представляет законченную научно-исследовательскую работу, имеющую практическое значение для проектирования подшипниковых узлов высокооборотных роторов короткоресурсных ГТД и обеспечения надежной работы шарикоподшипников.

Диссертация соответствует требованиям ВАК, а ее автор Храмин Роман Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Начальник сектора
исследований подшипников, к.т.н.



Петров Николай Иванович

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный институт авиационного моторостроения
Имени П.И. Баранова»
111116, Москва, ул. Авиамоторная, дом 2
тел. 8 (499) 763-61-79,
E-mail: nipetrov@ciam.ru