



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ
КОРПОРАЦИЯ» (АО «ОДК»)

пр-т Буденного, д.16, г. Москва, 105118, ИНН 7731644035, КПП 997450001, ОГРН 1107746081717
тел.: +7 (495) 232-55-02, факс: +7 (495) 232-69-92, www.uecrus.com, e-mail: info@uecrus.com

29.11.19. № 01.00-11-016/34043

на № _____ от _____

Отзыв на автореферат
диссертации

Д.Т.Н., ПРОФЕССОРУ,
УЧЕНОМУ СЕКРЕТАРЮ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д212.125.08 МАИ

Ю.В. ЗУЕВУ

Волоколамское шоссе, 4, г. Москва, А-
80, ГСП-3, 125993. МАИ, Ученый
совет.

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляем Вам отзыв на автореферат диссертации Лаврентьева Ю.Л. на тему
«Разработка метода прогнозирования теплового состояния и долговечности
гибридных подшипников качения опор быстроходных роторов авиационных
газотурбинных двигателей» представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук.

Приложение: отзыв на автореферат диссертации на 2 л. в 2 экз.

С уважением,

Генеральный конструктор
производственного комплекса «Салют»
АО «ОДК»

Г.П. Скирдов

Ю.Г. Горелов
+7 (499) 785 86 26

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 8
06- 12 2019

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лаврентьева Юрия Львовича на тему
«Разработка метода прогнозирования теплового состояния и долговечности гибридных подшипников качения опор быстроходных роторов авиационных газотурбинных двигателей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 –Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Для опор высокооборотных роторов ТРДД одной из проблем является повышенное тепловыделение в подшипниках качения из-за высоких оборотов деталей подшипника, что приводит к снижению эффективности охлаждения маслом и может быть причиной «масляного голодания». Поэтому, перспективным является применение гибридных подшипников качения с телами качения, изготовленными из керамики, имеющей более теплостойкие механические свойства при низком удельном весе, малый коэффициент термического расширения и низкую склонность к схватыванию в контакте керамика – металл. В связи с этим тема диссертации является актуальной.

Основные результаты диссертации: эмпирические зависимости тепловыделения и температур гибридных подшипников; метод оценки их долговечности, учитывающий их тепловое состояние. В работе представлены результаты решения задач, представляющих научную новизну: на основании экспериментов разработан метод прогнозирования теплового состояния гибридных подшипников; прогнозирования долговечности гибридных подшипников; предложены критерии, определяющие область их применения.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в использовании разработанных методов, позволяющих сократить объем экспериментальных исследований и ускорить разработку подшипниковых узлов. Использование предложенных критериев позволяет оценить целесообразность применения гибридных подшипников качения в зависимости от условий эксплуатации.

Результаты работы в достаточном объеме опубликованы в рецензируемых и других изданиях.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. Повышение жесткости в гибридных подшипниках однозначно не ведет к низким вибрациям ротора в эксплуатации. Это зависит от свойства системы в целом. Повышение жесткости в контакте может привести к повышенным внутренним динамическим нагрузкам на элементы подшипника (о чем косвенно свидетельствуют более высокий уровень замеряемых вибраций на гибридном подшипнике по сравнению со стальным).
2. Так как диаметр тел качения значительно меньше, чем диаметры колец, то влияние на радиальный зазор низкого коэффициента линейного расширения керамики незначительно. Пренебрегать силой трения/тепловыделением в контакте сепаратора и кольца нельзя, особенно в условиях работы радиально-упорного подшипника с перекосом.
3. Допущение о ламинарном потоке для оценки конвективного теплообмена при высоких $DxN > 2...3 \times 10^6$ выглядит не совсем обоснованным. Некорректным выглядит применение зависимости по теплоотдаче для плоской пластины. Более удачным представляется использование зависимости В.К. Щукина (КАИ) для теплоотдачи при течении жидкости через кольцевой канал с внутренним вращающимся цилиндром и в зазоре между внешним неподвижным и внутренним вращающимся цилиндром. Не указано покрытие на сепараторах испытуемых 126-х подшипников. Отсутствуют пояснения, каким образом был реализован перекос при испытании подшипника 126206. Из эксплуатации 176130 и 126130 известно, что перекос явно приводит к увеличению нагрузки на сепаратор и как следствие к увеличению температуры наружного кольца. При пятикратном отключении подачи масла в течении 60 сек. температура наружного кольца гибридного подшипника практически не изменяется, при этом температура стального подшипника увеличивается на 40-50 градусов только перед и при заклинивании. Очевидно, что при отключении масла на входе в установку, масло продолжает омывать как гибридный, так и стальной

подшипники в течение ~ 55 секунд. Не совсем понятным является отсутствие замера температуры внутреннего кольца подшипника быстрее реагирующего на отключение масла и замера температуры масла на выходе из подшипника. Рекомендуется в дальнейшем определить время заклинивания гибридного подшипника при замере температуры внутреннего кольца и температуры масла на выходе из него.

4. На стр. 104 - ошибка в формуле вычисления долговечности: отношение напряжений - в степени 9. На практике в авиационной промышленности (вывод 3 на странице 112) уже давно применяется цементируемая теплостойкая сталь ВКС-4 (перспективный сплав ВКС-10). В Главе 6 к критериям оценки рекомендуется добавить несущую способность гибридного подшипника при помпаже, обрыве части лопатки, влияние на надежность подшипника условий монтажа, его повреждение при транспортировке двигателя.

5. Предпочтительным местом использования гибридного подшипника предполагается каскад высокого давления, где сама по себе тепловая нагрузка (даже при теплоизоляции в опоре КВД на стенках коксуется масло) на опору намного превышает тепло генерируемое в подшипнике. Некорректно не учитывать это, а также то, что имеет место в 3-4 раза больший, чем номинальный внешний тепловой поток к подшипнику при (аварийном) останове двигателя, когда тепло от дисков, корпусов передается к корпусу маслополости и соответственно к подшипнику. Поэтому предложенная методика необходима, но является небольшой частью проектной работы. Не освещена перспектива использования роликовых гибридных подшипников. К сожалению, в работе отсутствует сравнение полученных экспериментальных зависимостей с литературными данными, например, с данными GE из [13] для гибридного подшипника с близким к исследуемому внутренним диаметром - 120 мм и параметром быстроходности - $DN \leq 3 \times 10^6$ мм·об/мин.

Несмотря на сделанные замечания, автореферат и научные публикации автора позволяют сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной самостоятельно на достаточно высоком уровне.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертационная работа на тему «Разработка метода прогнозирования теплового состояния и долговечности гибридных подшипников качения опор быстроходных роторов авиационных газотурбинных двигателей» соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и её автор Лаврентьев Юрий Львович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Генеральный конструктор
ПК «Салют» АО «ОДК»

Заместитель генерального конструктора, к.т.н.
ПК «Салют» АО «ОДК»

Заместитель начальника отдела
прочности и тепломассообмена, к.т.н.
ПК «Салют» АО «ОДК»



Г.П. Скирдов

П.В. Макаров

Ю.Г. Горелов

105118, г. Москва, проспект Буденного, 16
тел. (495) 232-55-02
факс (495) 232-69-92
e-mail: info@uecrus.com