**Лаврентьев Юрий Львович Разработка метода прогнозирования теплового состояния и долговечности гибридных подшипников качения опор быстроходных роторов авиационных газотурбинных двигателей**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Лаврентьев Юрий Львович

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ГИБРИДНЫЕ ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (ОБЗОР)

1.1 Преимущества и проблемы применения керамических и гибридных подшипников

1.2 Дефекты в керамике

1.3 Усталостные испытания тел качения из нитрида кремния и гибридных подшипников

1.4 Расчёт долговечности гибридных подшипников

1.5 Тепловыделение

Выводы по главе

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ В РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ С МНОГОТОЧЕЧНЫМ КОНТАКТОМ

2.1 Теоретическая оценка тепловыделения в подшипниках

2.1.1 Составляющие потерь трения в подшипниках

2.1.2 Теплопередача в подшипниках

2.2 Обзор существующих методов оценки тепловыделения в радиально-упорных подшипниках качения с многоточечным контактом

2.2.1 Методы оценки тепловыделения в подшипниках, работающих при малых частотах вращения

2.2.2 Методы оценки тепловыделения в авиационных подшипниках

2.2.3 Ограничения существующих методов

Выводы по главе

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ПОДШИПНИКОВЫХ СТЕНДАХ ФГУП «ЦИАМ ИМ.П.И.БАРАНОВА»

3.1 Планирование эксперимента

3.2 Метрологическое обеспечение

3.3 Испытания подшипников с внутренним диаметром ё=130 мм

3.3.1 Испытания первого этапа. Стальной подшипник Р1 и гибридный Р3

3.3.2 Испытания второго этапа. Гибридный подшипник Р2

3.3.3 Испытаний третьего этапа. Гибридный подшипник Р4

Выводы по результатам испытания подшипников с внутренним диаметром 130 мм

3.4 Испытания подшипников с внутренним диаметром ё=150 мм

3.4.1 Сравнение результатов испытаний стального и гибридного подшипников

3.4.2 Исследование теплового состояния гибридного подшипника при высоких

частотах вращения

Выводы по результатам испытаний подшипников с внутренним диаметром 150 мм

3.5 Испытания подшипников с внутренним диаметром ё=30 мм при особых условиях эксплуатации

Стр.

3.5.1 Испытания при наличии перекоса

3.5.2 Испытания в условиях консистентной смазки

3.5.3 Испытания при прекращении подачи масла

Выводы по результатам испытаний подшипников с внутренним диаметром d=30 мм

Выводы по главе

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОДШИПНИКОВ

4.1 Разработка регрессионной зависимости

4.2 Сравнение расчетных значений с экспериментальными данными, представленными в литературе

4.3 Сравнение с существующими методами расчета

Выводы по главе

ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГИБРИДНЫХ ПОДШИПНИКОВ С УЧЁТОМ ИХ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ

5.1 Разработка метода прогнозирования долговечности

5.1.1 Расчет рабочего радиального зазора

5.1.2 Расчет эквивалентной нагрузки

5.1.3 Расчет долговечности

5.1.4 Дополнительные расчёты

5.2 Пример расчета подшипников с учётом теплового состояния

5.3 Пример расчета подшипников с подбором необходимого расхода масла

5.4 Выбор посадки подшипников и окружные напряжения

Выводы по главе

ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОДШИПНИКОВ

6.1 Критерий 1. Уровень максимальных контактных напряжений на наиболее нагруженном режиме не выше допустимого уровня

6.2 Критерий 2. Удовлетворение требованиям ресурса

6.3 Критерий 3. Частота вращения не выше максимально допустимого уровня

6.4 Критерий 4. Нагрузка на подшипник не ниже минимально допустимого уровня

6.5 Построение области использования гибридных подшипников

Выводы по главе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ПОДШИПНИКОВ. СВОЙСТВА МАСЕЛ

ВВЕДЕНИЕ