УДК 621.822.6: 621.452.3: 666.3.7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИБРИДНЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ РАЗНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ОЖИДАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

©2016 Н.И. Петров, Ю.Л. Лаврентьев

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

ANALYSIS OF DIFFERENT DESIGN HYBRID ROLLING BEARINGS EFFICIENCY IN EXPECTED SERVICE CONDITIONS

Petrov N.I., Lavrentyev Y.L. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

This article presents results of hybrid bearings tests (steel rings, ceramic rolling elements Si_3N_4) in service conditions on the aircraft engine. There has been described two types of angular bearings 126126 (130x200x33 mm) and 126206 (30x62x16 mm), and two types of roller bearings HCN1006-K-M1SP (30x55x13 mm) and HCN1010KM1SP (50x80x16 mm). The tests have been carried out on bearings test rigs in Central Institute of Aviation Motors (CIAM). Test results have been shown that the hybrid bearing 126126 is suitable for use at speed index $d_m \cdot n$ up to $3.5 \cdot 10^6$ mm·rpm. Has been performed comparative test of 126206 bearings with skewing of 10` and 20` minutes. Temperatures in hybrid bearing are less than in all steel bearing. Hybrid roller bearings have been analyzed on the test rig to confirm their efficiency in helicopter gearbox. Roller bearings have been also tested with defects at two rollers, and have been developed diagnostics indicators.

Введение

Долговечность подшипников качения в опорах роторов высокооборотных газотурбинных двигателей (ГТД), параметр быстроходности которых больше $d_m \cdot n \geq 2 \cdot 10^6$ мм·об/мин, как правило, ограничивается долговечностью дорожки качения наружного кольца, которая воспринимает дополнительные нагрузки от центробежных сил тел качения. В связи с этим в настоящее время всё больше находят применение подшипники с лёгкими керамическими телами качения (гибридные подшипники).

Керамический материал, такой как нитрид кремния, применяемый в качестве тел качения в подшипниках, имеет много преимуществ перед традиционными подшипниковыми сталями. Низкая плотность, высокая твёрдость, хорошая коррозионная стойкость, низкий коэффициент термического расширения, и сохранение свойств при высокой температуре делает нитрид кремния привлекательным для использования в качестве материала тел качения подшипников.

Плотность нитрида кремния составляет 40 процентов от плотности стали и, таким образом, позволит выйти на более высокие частоты вращения путём снижения центробежной нагрузки от шариков на наружную дорожку качения, которая ограничивает скорость вращения.

Цель работ по исследованию работоспособности гибридных подшипников в ЦИАМ им П.И. Баранова состояла в том, чтобы оценить ожидаемую выгоду применения таких подшипников по сравнению с традиционными стальными подшипниками.

Исследования работоспособности и теплового состояния гибридных подшипников производилось на подшипниковых стендах, на которых создавались условия, близкие к режимам эксплуатации подшипников в порах роторов ГТД. В рамках темы «Опора ПИ» совместно со специалистами ПАО «НПО «Сатурн» проведены исследования гибридных радиально-упорных шарикоподшипников типа 5-126126 (130×200×33 мм) разной конструкции. Два из исследуемых подшипников были без покрытия дорожек качения колец и два подшипника с нанесёнными на дорожки качения специальными покрытиями. Подшипники без покрытий были укомплектованы керамическими шарами зарубежного производства (Cerbec) и отечественного (ОАО «Композит») производства. Подшипники с покрытиями дорожек качения были укомплектованы керамическими шарами зарубежного производства. Испытание подшипников по оценке их работоспособности и теплового состояния проведены в диапазоне частот вращения n=10000...21200 об/мин, при одновременном действии радиальной (400 кгс) и осевой (1000...3000 кгс) нагрузок и при прокачке масла 4, 5 и 7 л/мин.

В результате испытаний подтверждена работоспособность исследованных подшипников при $d_m \cdot n \leq 3{,}5 \cdot 10^6$ мм·об/мин. Выполнены сравнительные исследования теплового состояния колец гибридных подшипников с зарубежными и российскими керамическими шарами, а также исследования теплового состояния подшипников с разыми покрытиями дорожек качения колец.

С целью оценки работоспособности гибридных подшипников при перекосе колец проведены сравнительные испытаний гибридного и стального подшипников типа 126206 (30×62×16 мм) с перекосом 10` и 20` минут при действии радиальной нагрузки 30 кгс, осевой нагрузки 50...100 кгс на частотах вращения 5000...25000 об/мин при прокачке масла через подшипник q=1,1 л/мин.

Результаты сравнительных испытаний подшипника 126206 показали, что в процессе испытаний тепловое состояние гибридного подшипника ниже стального на всех режимах испытаний с перекосом.

На подшипниковых стенда ЦИАМ также проведены исследования работоспособности гибридных роликоподшипников HCN1006-K-M1SP (30×55×13 мм) и HCN1010KM1SP (50×80×16 мм) производства FAG (Германия) в условиях их эксплуатации в составе вертолётного редуктора. Ускоренными ресурсными испытаниями подтверждена их работоспособность на начальный ресурс для выполнения первых полётов вертолёта. Также подтверждена работоспособность керамических роликов этих подшипников после искусственного нанесения на ролики дефектов в виде рисок. Нанесение дефектов на ролики дало возможность с помощью вибродатчиков зарегистрировать диагностические признаки появления трещин на керамических телах качения.

УДК 621.45

ВАЛИДАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ЗА ГОРЕЛОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 И.А. Зубрилин, Я.М. Будайбекова, А.А. Диденко, С.Г. Матвеев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE EXPERIMENTAL VALIDATION OF COMBUSTION AND NON-REACTING FLOW SIMULATIONS IN GAS TURBINE POWER PLANT COMBUSTION CHAMBER BURNER

Zubrilin I.A., Budaybekova Ya. M., Didenko A.A., Matveev S.G. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

In this article, has been carried out the validation of a mathematical model for the isothermal flow and flow with the combustion in the power plant combustion chamber burner. Computation and experimental data are compared by the flow velocity and combustion products chemical components. The flow structure has been investigated in details. Characteristic of the recirculation zone are defined in combustion and nonreacting conditions.

В данной работе представлены результаты валидации математической модели течения закрученного потока за горелкой камеры сгорания газотурбинного двигателя (ГТД) энергетической установки наземного применения. Горелка используется для сжигания обеднённой предварительно подготовленной топливовоздушной смеси. Экспериментальные измерения проводились с использованием лазерной доплеровской анемометрии (LDA) для измерения скорости потока и хроматографического оборудования для определения концентраций продуктов сгорания. Численное моделирование поля скоростей потока проводили с использованием подхода крупных вихрей (LES) для моделирования турбулентности и Flamelet Generated Manifold для моделирования горения. На первом этапе отрабатывалась методика задания нестационарных турбулентных граничных условий и определялся критерий размера элементов расчётной сетки. Затем проводилось сравнение расчётных и экспериментальных данных. Показано, что результаты