

Барманов И.С.

Самарский университет

34, Московское шоссе,
Самара, Российская Федерация
443086,

isbarmanov@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ЖЕСТКОСТИ ШАРИКОВОГО ПОДШИПНИКА В УСЛОВИЯХ ПЕРЕКОСА КОЛЕЦ

В работе представлены результаты влияния перекоса колец шарикового подшипника на коэффициент радиальной жесткости. Проведено оценка влияния радиальной нагрузки на коэффициент жесткости при изменении углов перекоса колец. Отмечено существенное влияние перекоса колец подшипника на коэффициент жесткости при небольших значениях радиальной нагрузки.

Ключевые слова: подшипник; нагрузка; перекос; жесткость

1 Введение

Продолжительность эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), надежность, бесперебойность выполнения функций зависит от вибрационного состояния. Уровень вибрации ГТД в свою очередь зависит от характеристик опор, в частности, подшипников.

Шариковые радиально-упорные подшипники являются наиболее распространенными типами подшипников, применяемых в авиационных ГТД для восприятия осевых и радиальных нагрузок. Одной из важных характеристик подшипников является радиальная жесткость, которая характеризуется величиной перемещений вследствие упругих деформаций деталей подшипника в точках контакта под нагрузкой. Данные деформации способны оказывать существенное влияние на динамику роторов ГТД. Зачастую подшипники работают в условиях перекоса колец, связанных с несоосностью посадочных поверхностей вала и корпуса, неперпендикулярностью торцевых поверхностей вала и корпуса, угловыми деформациями вала.

Предельно допустимый угол взаимного перекоса внутреннего и наружного колец подшипников качения определяется зачастую исходя из требуемого ресурса работы. В работе [1] показано влияние перекоса колец, вызванное тепловыделением от трения, на распределение нагрузки, долговечность и

кинематику. Показано, что при определенных значениях искажений может увеличиться расчетный ресурс подшипника. Разница в результатах при вычислении рассогласования внешнего или внутреннего кольца незначительно. В работе [2] исследуется влияние перекоса колец подшипника качения на моментные характеристики. Показано, что перекос колец увеличивает момент трения в подшипниках качения. Получено предельно допустимое значение перекоса вала для подшипника 6-208Ю2. Таким образом, перекос в подшипнике может оказывать достаточно существенное влияние и на моменты трения.

В работе [3] излагается методика расчета долговечности однорядного упорного шарикового подшипника при перекосе колец с учетом центробежных сил шариков. Расчеты долговечности производятся по базовым контактным напряжениям.

В работе [4] представлены результаты численного расчета коэффициентов радиальной жесткости шарикового подшипника при различных углах относительного перекоса колец.

Таким образом, перекос наружного и внутреннего колец подшипников приводит к перераспределению нагрузок между телами качения, и как следствие к изменению жесткости, увеличению сопротивления вращению вала, снижению ресурса подшипников. Актуальным является исследование влияния углов перекоса на изменение

коэффициента радиальной жесткости шарикового подшипника.

2 Исходные данные

Целью данной работы являлось раскрытие и изучение влияния углов перекоса колец на коэффициент радиальной жесткости шарикового подшипника. Расчет коэффициентов жесткости проводился для подшипника № 126126. При исследовании были приняты следующие данные: осевая нагрузка $F_a = 800$ Н, начальный радиальный зазор $\Delta = 0,1$ мм, частота вращения вала $n = 3000$ об/мин, радиальная нагрузка $F_r = 500, 600, 800, 1000$ Н.

Значения относительного угла перекоса колец подшипника принимались положительными и отрицательными в диапазоне $\alpha = -10 \dots 10$ минут в зависимости от направления действия осевой силы. Для расчетов использовалась численная методика расчета шариковых подшипников [5].

3 Анализ результатов

На рисунке 1 представлены графики зависимости коэффициента радиальной жесткости от угла перекоса при различных значениях радиальной нагрузки.

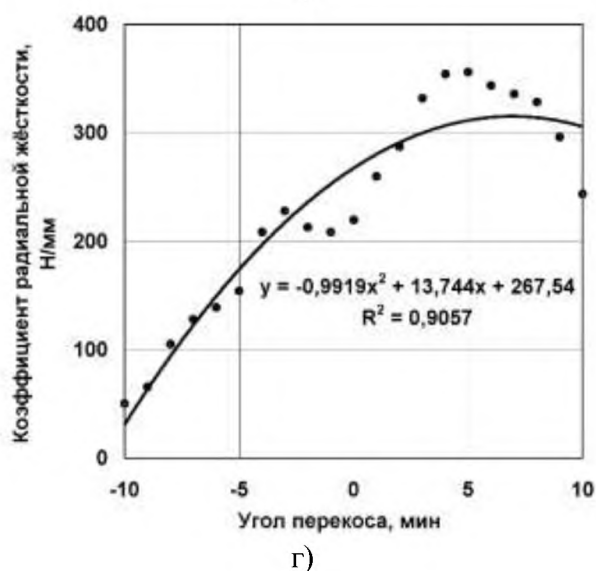
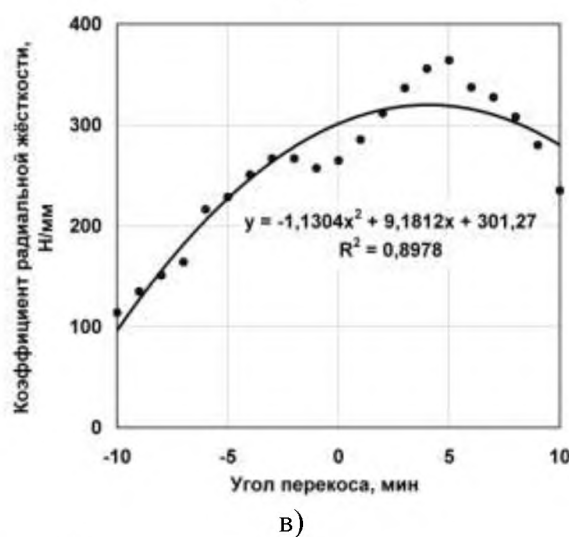
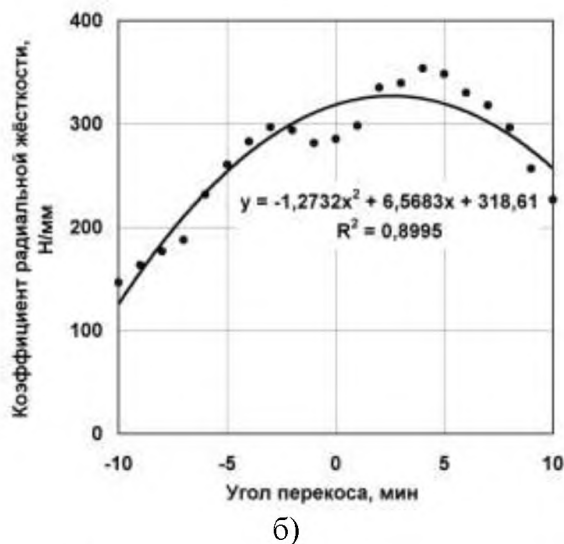
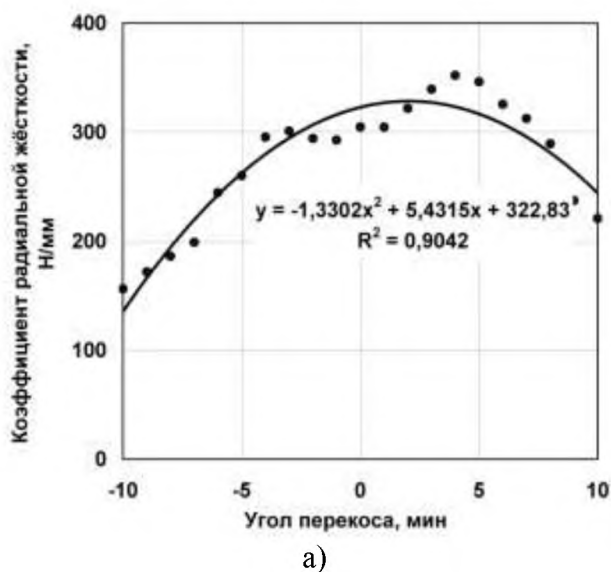


Рисунок 1. Графики зависимости коэффициента радиальной жесткости подшипника от угла перекоса при радиальной нагрузке: а) $F_r = 500$ Н; б) $F_r = 600$ Н; в) $F_r = 800$ Н; г) $F_r = 1000$ Н

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 1, позволяет сказать, что коэффициенты радиальной жёсткости с увеличением относительного угла перекоса в положительную сторону изменяются незначительно – при небольших углах перекоса возрастают, затем достигают максимума и уменьшаются. При отрицательных углах перекоса коэффициенты радиальной жёсткости уменьшаются. Изменение коэффициентов жёсткости связано в первую очередь с перераспределением усилий в контактах и изменением соответствующих углов контакта.

Полученные зависимости могут быть аппроксимированы квадратичной функцией с погрешностью около 10% (уравнения функций и достоверность аппроксимации R^2 приведены на рисунке 1). С помощью данных выражений можно выполнять расчёт коэффициентов жёсткости в ожидаемом диапазоне возможных перекосов колец подшипника. При этом при отрицательных относительных углах перекоса зависимости могут быть аппроксимированы линейной функцией, что упростит расчёт.

На рисунке 2 представлены графики зависимости коэффициентов радиальной жёсткости от радиальной нагрузки при различных углах перекоса колец. При положительных перекосах коэффициенты жёсткости изменяются незначительно. При отрицательных перекосах значения коэффициентов жёсткости уменьшаются нелинейно. Как видно из рисунка 2, коэффициенты жёсткости существенным образом могут меняться в зависимости от угла перекоса колец шарикового подшипника.

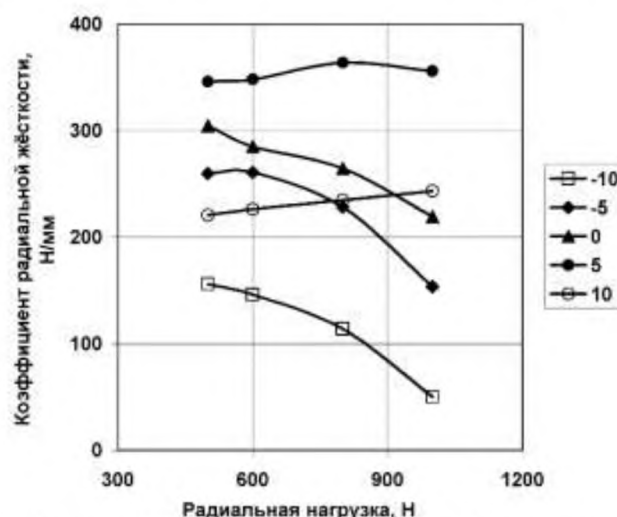


Рисунок 2. Графики зависимости коэффициентов радиальной жёсткости от радиальной нагрузки при различных углах перекоса колец

4 Заключение

Выявлено существенное влияние угла перекоса колец на коэффициент радиальной жёсткости шарикового подшипника. Учитывая высокую точность изготовления деталей авиационных двигателей, можно заключить, что существенное влияние угла перекоса может проявляться только при определённых условиях работы. Тем не менее, крайне важно оценивать возможное изменение коэффициентов жёсткости подшипника, поскольку от этого будет зависеть вибрационное состояние ГТД.

Список литературы

- [1] Жильников, Е.П. Влияние перекоса колец на работоспособность шариковых подшипников / Е.П. Жильников, В.В. Мурашкин // Материалы докладов международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». - Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. – С. 61-62.
- [2] Лаврин, А.В. Экспериментальное исследование момента трения в подшипнике качения при перекосе вала / А.В. Лаврин, В.Б. Балякин, В.Б.А. Оссиала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018, Т. 20, № 4-1(84). – С. 37-42.
- [3] Жильников, Е.П. Расчет долговечности упорного шарикового подшипника при перекосе колец / Е.П. Жильников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014, Т. 16, № 4. – С. 225-232.

[4] Железняк, К.Е. Изменение коэффициента радиальной жесткости шарикового подшипника при изменении углов перекоса обойм / К.Е. Железняк // Автоматизированное проектирование в машиностроении, 2014. - № 2, С. 198-199.

[5] Балякин, В.Б. Теория и проектирование опор роторов авиационных ГТД / В.Б. Балякин, Е.П. Жильников, В.Н. Самсонов, В.В. Макаручук. – Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 254 с.

EFFECT OF RADIAL FORCE ON BALL BEARING STIFFNESS FACTOR UNDER CONDITIONS OF RING SKEW

I'dar S. Barmanov
Samara University

34, Moskovskoe shosse,
Samara, Russian Federation
443086,

isbarmanov@mail.ru

Results of ball bearing rings skew effect on radial stiffness factor are pre-sented in the paper. The effect of radial load on stiffness factor at change of angles of rings skew was evaluated. Significant influence of bearing rings skew on stiffness factor at small radial load values is noted.

Key words: bearing; force; skew; stiffness

Reference

[1] Zhilnikov, E.P. (2016) The influence of ring skewing on the operability of ball bearings [Vliyanie perekosa kolets na rabotosposobnost' sharikovykh podshipnikov] / E.P. Zhilnikov, V.V. Murashkin // The international scientific and technical conference "Problems and prospects of engine development" [Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Problemy i perspektivy razvitiya dvigatelestroeniya»], Samara, pp 61-62. (In Russian).

[2] Lavrin, A.V., Balyakin V.B., Ossiala V.B.A. (2018) Experimental study of the moment of friction in the rolling bearing during shaft skew [Eksperimental'noe issledovanie momenta treniya v podshipnike kacheniya pri perekose vala] // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoi akademii nauk], T. 20, No. 4-1(84). – pp 37-42. (In Russian).

[3] Zhilnikov, E.P. (2014) Calculation of the durability of the thrust ball bearing when skewing rings [Raschet dolgovechnosti upornogo sharikovogo podshipnika pri perekose kolets] // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoi akademii nauk], T. 16, No. 4. – pp 225-232. (In Russian).

[4] Zheleznyak, K.E. (2014) Change of radial stiffness factor of ball bearing when changing skew angles of collars [Izmenenie koeffitsienta radial'noi zhestkosti sharikovogo podshipnika pri izmenenii uglov perekosa oboim] // Automated design in mechanical engineering [Avtomatizirovannoe proektirovanie v mashinostroenii], No. 2, pp. 198-199. (In Russian).

[5] Balyakin V.B., Zhilnikov E.P., Samsonov V.N., Makarchuk V.V. (2007) Theory and design of support of rotors of aviation GTE [Teoriya i proektirovanie opor rotorov aviatsionnykh GTD], Samara, SSAU, 254 p. (In Russian).