

ПРОБЛЕМЫ РАСЧЁТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЕВОЙ СИЛЫ НА РАДИАЛЬНО-УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК РОТОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Беденко К.А.¹, Тисарев А.Ю.^{1,2}, Виноградов А.С.²

¹ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, ksalex96@gmail.com

²Самарский университет, г. Самара

Ключевые слова: осевая сила, радиально-упорный подшипник, ротор высокого давления.

Осевая сила на радиально-упорный подшипник (РУП) является фактором, серьёзно влияющим на его долговечность. В ходе испытаний газотурбинных двигателей измерительное оборудование, установленное на стенде, позволяет определить осевую силу, действующую на радиально-упорный подшипник ротора, но, в случае превышения её допустимого значения, не даёт подробной информации о причине её возникновения: объём препарирования опоры в части установок трубок и датчиков давления часто ограничен конструктивно. Кроме того, цикл доводочных мероприятий, основывающийся на итеративной доработке конструкции, в основе которой лежат исключительно экспериментальные данные, является затратным, длительным и нецелесообразным путём достижения требуемых характеристик изделия. Поэтому анализ составляющих осевой силы на РУП часто связан с расчётной оценкой усилий на элементы проточной части компрессора и турбины, а также осевых сил на ротор со стороны внутренних воздушных полостей.

Для достижения осевых сил, удовлетворительных с точки зрения обеспечения долговечности РУП, при необходимости, формируют разгрузочные полости [1]. Формирование разгрузочных полостей происходит за счёт отделения воздушной полости с достаточно большой осевой проекцией площади от других полостей с использованием уплотнений при подводе воздуха более высокого давления или сбросе воздуха в область низкого давления. В случае, если подвод воздуха или его сброс осуществляется через внешние трубопроводные магистрали, возможно обеспечить настройку осевых сил по результатам измерения давления. Однако данный подход усложняет конструкцию опоры и снижает надёжность изделия ввиду наличия дополнительных элементов. Поэтому зачастую осевая сила не может быть настроена по результатам испытаний, а должна быть обеспечена за счёт выбора геометрии конструкции, формирующей уплотнительные узлы разгрузочных полостей, а также соблюдением выбранных допусков на соответствующие размеры.

Осевая сила на РУП ротора высокого давления, как правило, подвержена, воздействию инерционных факторов элементов ротора и факторов, связанных с тепловой инерцией конструкции. Это является причиной существенного изменения величин радиальных зазоров лабиринтных уплотнений в процессе эксплуатации и выработки срабатываемых покрытий с дальнейшим увеличением радиальных зазоров. Кроме того, процессы, связанные с отключением изделия при работе на режимах повышенной тяги, могут привести к тому, что при последующем запуске рабочие радиальные зазоры могут быть существенно больше. Ввиду того, что уплотнения, формирующие разгрузочные полости ротора ВД, работают под значительными перепадами давления, даже незначительное увеличение зазора может привести к существенному увеличению осевой силы на РУП. В связи с этим, для достоверной оценки осевых усилий необходимо наличие подходов, позволяющих определять фактическое изменение величин радиальных зазоров лабиринтных уплотнений при эксплуатации изделия.

В работе был выполнен расчёт изменения осевой силы, действующей на радиально-упорный подшипник ротора высокого давления при эксплуатации по циклу. Определение рабочих радиальных зазоров лабиринтных уплотнений выполнялось в рамках нестационарного термомеханического анализа конструкции [2]. Анализ результатов показал наличие врезания уплотнительных гребней, формирующих разгрузочные полости, в срабатываемые покрытия. Последующий учёт врезания позволил оценить увеличение осевого усилия на РУП при

повторном моделировании эксплуатационного цикла. Сделан вывод о необходимости проведения работ по стабилизации радиального зазора лабиринтных уплотнений разгрузочных полостей.

Список литературы

1. Белоусов А.И., Иванов А.И. Расчет осевых сил, действующих в турбомашинах. Куйбышев: КуАИ, 1981. 84 с.
2. Швец И.Т., Дыбан Е.П. Воздушное охлаждение газовых турбин. Киев: Наукова думка. 1974.

Сведения об авторах

Беденко Ксения Александровна, инженер-конструктор. Область научных интересов: численные методы расчёта системы внутренних воздушных потоков.

Тисарев Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: численные методы расчёта системы внутренних воздушных потоков.

Виноградов Александр Сергеевич, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник. Область научных интересов: исследование теплового состояния опор ГТД, определение характеристик бесконтактных и контактных уплотнений.

PROBLEMS OF THE CALCULATED DETERMINATION OF THE AXIAL FORCE ON THE ANGULAR CONTACT BALL BEARING OF A HIGH-PRESSURE ROTOR

Bedenko K.A.¹, Tisarev A.Y.^{1,2}, Vinogradov A.S.²

¹PJSC «UEC-Kuznetsov», Samara, Russia, ksalex96@gmail.com

²Samara National Research University, Samara, Russia.

Keywords: axial force, angular contact ball bearing, high pressure rotor.

The axial force on the angular contact ball bearing is a factor that seriously affects its durability. Therefore, it is necessary to analyze the components of the axial force on the angular contact bearing, which is often associated with the calculated assessment of the forces on the elements of the flow part of the compressor and turbine, as well as the axial forces on the rotor from the internal air cavities.

In this paper, the calculation of the change in the axial force acting on the angular contact ball bearing of the high-pressure rotor during cycle operation was performed. The determination of the working radial clearances of labyrinth seals was carried out within the framework of a non-stationary thermomechanical analysis of the structure. The analysis of the results showed the presence of embedding of the sealing ridges forming the balance chamber in the wearable coatings. The subsequent consideration of the embedding allowed us to estimate the increase in the axial force on the angular contact ball bearing when re-modeling the operational cycle. It is concluded that it is necessary to carry out work to stabilize the radial gap of the labyrinth seals of the balance chambers.