

- модель турбулентности $k-\varepsilon$;
- интенсивность турбулентности на входе 5%.

Сходимость решения оценивалась по математическим и интегральным параметрам, которые были постоянны для установившегося решения.

В результате исследования были получены зависимости тяги и удельного импульса тяги от давления окружающей среды (рис. 2), от соотношения компонентов и от давления в камере сгорания.

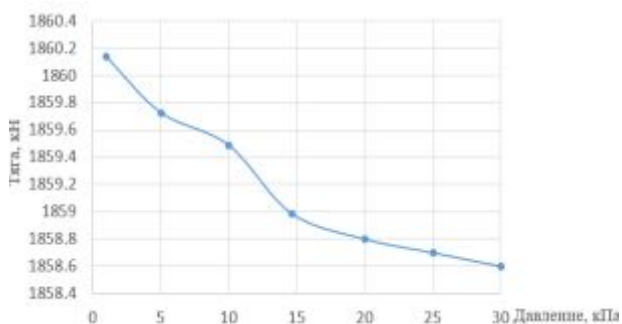


Рис. 2. Зависимость тяги от давления окружающей среды

УДК 621.822

ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ УЗЛОВ РОТОРНЫХ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ В ГТД

©2018 О.М. Беломытцев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

OPTIMIZATION FACTORS STRUCTURE OF ROTOR ROLLER BEARINGS IN GTE

Belomyttsev O.M. (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation)

The analysis options factors of structure of rotary bearings of GTE, – gap (tight) in bearing, rotor speed, temperature difference on bearing rings and radial deformation on details are discusses. The optimization of different factors increases the durability of the bearings is shown.

Современная методика расчёта подшипников качения основана на экспериментальных данных испытаний подшипников на контактную долговечность, установленных в жёстких корпусах и на сплошных валах, при этом распределение нагрузки по телам качения носит косинусоидальный характер и является классической задачей.

Авиационные подшипники качения устанавливаются на полых валах и в трубчатых корпусах (рис. 1), что вносит существенные отличия в распределение нагрузки по телам качения по сравнению с классическим вариантом. Особенностью рабочего состояния

подшипника в двигателях семейства ПС-90 является тепловой распор колец вследствие разности их температур, что приводит к появлению значительных распорных усилий, которые могут превышать рабочие нагрузки от веса и дисбаланса ротора.

В работе показано, что, изменяя зазор в подшипнике, толщины стенок демпферной втулки и (или) вала, или при переходе на совмещенные (гибридные) опоры, можно существенно изменить распорные усилия и распределение нагрузки по телам качения, а следовательно, и расчётную долговечность подшипников.

Библиографический список

1. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей [Текст]: учеб. для студентов вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.П. Тишин; под ред. В.П. Глушко.– М.: Машиностроение, 1989.– 464 с.
2. Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей [Текст]: учеб. для авиац. спец. вузов. В 2 кн. / А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В.А. Кузнецов [и др.]; под ред. В.М. Кудрявцева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк, 1993.
3. Ракетные двигатели [Текст] / Т.М. Мелькумов, Н.И. Мелик-Пашаев, П.Г. Чистяков [и др.].– М.: Машиностроение, 1976. – 399 с.
4. Егорычев, В.С. Термодинамический расчёт и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.-108 с.

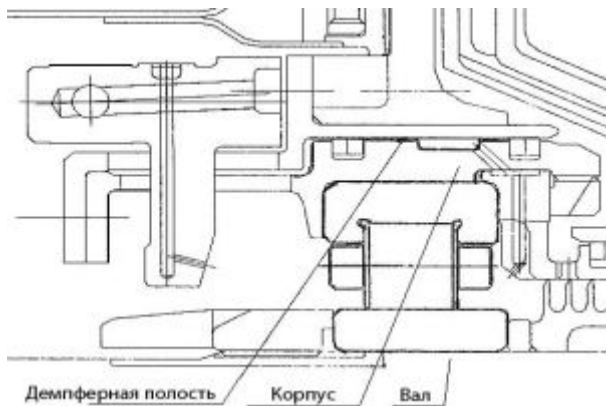


Рис. 1. Типовой узел опоры ГТД в двигателях семейства ПС-90

Кроме факторов, непосредственно влияющих на контактную долговечность подшипника, существенное влияние на работоспособность подшипника оказывает кинематический параметр – проскальзывание тел качения относительно беговых дорожек колец.

Экспериментально установлены значения проскальзывания в зависимости от контактных напряжений в подшипнике в ГТД семейства ПС-90 [1].

Факторами, влияющими на долговечность роликоподшипника в двигателях семейства ПС-90 являются: вес и дисбаланс ротора, объёмная деформация сопрягаемых деталей, скорость вращения ротора, смазка, проскальзывание в подшипнике, зазор (натяг). В то же время, на зазор (натяг) в подшипнике влияют следующие факторы: уменьшение натяга кольца на вале при вращении, монтажный натяг (зазор) колец на вале и в корпусе, частота вращения вала, разность температур колец, объёмные деформации вала и корпуса, давление в демпферной полости.

В работе представлены данные расчётов всех основных факторов, в частности, дано уточнённое определение монтажного натяга по сравнению с представленным в справочнике [2], также дано решение о влиянии уменьшения натяга кольца подшипника с валом при вращении на зазор в подшипнике.

Натяг в подшипнике δ_n можно разложить на составляющие:

$$\delta_n = 2(\delta_k + u_{n2} + u_{в3} - u_d), \quad (1)$$

где δ_n – контактная деформация ролика с кольцами подшипника; u_{n2} – деформация

растяжения наружного кольца подшипника с демпферной втулкой; $u_{в3}$ – деформация сжатия вала с кольцом подшипника; u_d – деформация сжатия наружного кольца с демпферной втулкой от давления масла в демпфере.

Составляющие, входящие в формулу (1), выражаются через нагрузки на ролики и размеры деталей. Определив натяг в подшипнике, можно найти распорные усилия, приходящиеся на ролики и долевые участки каждой составляющей из формулы (1).

Расчёты показывают, что если подшипник был бы установлен на сплошном вале и в жёстком корпусе, то его долговечность была бы очень мала, но благодаря перераспределению натяга на контактную и изгибную деформации нагрузка на ролики снижается и долговечность подшипника существенно увеличивается.

Рассмотрены различные варианты установки подшипника в демпферной втулке – с натягом или с зазором, влияние толщины стенки демпферной втулки и вала, перепад температур колец подшипника на распорные усилия и распределение внешней нагрузки по телам качения.

После определения нагрузки на тела качения найдены эквивалентные нагрузки на подшипник при разных вариантах исполнения и эксплуатации подшипникового узла, которые показывают, что расчётная долговечность подшипника может изменяться в разы.

Выполненная работа показывает, что можно изменять конструкцию подшипникового узла и режим его эксплуатации с позиции оптимизации различных факторов, что позволит обеспечивать наибольшую расчётную долговечность подшипников.

Библиографический список

1. О.М. Беломытцев, А.Б. Пищальников. О влиянии натяга и контактных напряжений от натяга на проскальзывание в цилиндрических роликоподшипниках в опорах газотурбинных двигателей. Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П.Королёва, 2014, №5, ч. 2, с. 182-188.

2. Перель Л.Я. Подшипники качения. М.: Машиностроение, 1983; 543 с.