

лок, был предложен путь экспериментально-теоретического исследования с применением методов теории подобия [2, 3].

Потери мощности на гидродинамические потери актуальны только в начальный момент работы подшипника, либо в процессе подачи свежей смазки, т.к. излишки её выбрасываются из канала в короткий промежуток времени. Поэтому в тепловом анализе данные потери можно не учитывать.

Для проведения теплового расчёта должны быть известны параметры подшипника, условия работы, нагрузки, температура охлаждающего воздуха.

На основе экспериментальных данных по исследованию теплового состояния подшипника устанавливается тепловыделение при разных расходах температурах воздуха:

$$Q_{\text{экс}} = C_p q_a (t_{\text{в.вых}} - t_{\text{в.вх}})$$

Из сравнения выражений для Q по зависимостям получается формула для расчётно-экспериментального определения коэффициента сопротивлений:

$$C = \frac{Q_{\text{экс}}}{\beta m q l^2 u^3}$$

При сопоставлении выражений получается, что условия подобия будут, в случае:

$$C = \varphi(\text{Re}, \text{Eu}, \text{Pr}) = 0,001 \cdot \text{Re}^k \cdot \text{Eu}^l \cdot \text{Pr}^m = \text{idem}$$

Коэффициенты степеней k, л, м критериев подбираются итерационно, т. к. в уравнении присутствуют три неизвестных. Принятие степеней для критериев позволяет построить графики сходимости экспериментальных и расчётных данных (рис. 1).

УДК 621.534

ЗОНДЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ (ОБЗОР)

© 2018 А.Г. Гимадиев, Н.Д. Быстров, Е.С. Дягилева, С.А. Касьянов, А.Н. Коропецкий
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

PROBES FOR MEASUREMENT OF PULSATIONS OF PRESSURE IN GAS-TURBINE ENGINES (REVIEW)

Gimadiyev A.G., Bystrov N.D., Dyagileva E.S., Kasyanov S.A., Koropetsky A.N. (Samara national research university, Samara, Russian Federation)

One of the key parameters bearing information on working processes during operational development of gas-turbine engines is pressure. Therefore special attention to the pulsating pressure measurement accuracy is paid. As a rule, installation of sensors to measure pressure with fluctuations directly in places of measurement is impossible. In

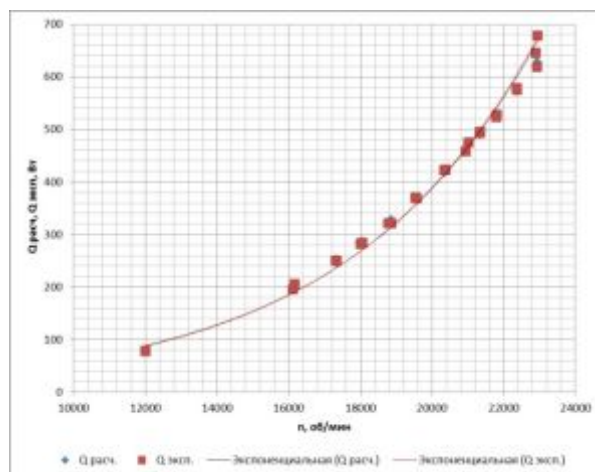


Рис. 1. Экспериментальные и расчётные кривые тепловыделения

Таким образом, получено критериальное уравнение для оценки потерь мощности на привод «гибридных» шарикоподшипников и, соответственно, рабочая температура подшипника.

Библиографический список

1. Демидович В.М. Исследование теплового режима подшипников ГТД. – М.: Машиностроение. 1978. – 178 с.
2. Арасланов А.М., Зайденштейн Г.И., Маливанов Н.Н. Тепловой режим подшипников ГТД. // Вестник Самарского университета Авиационно-космическая техника и технология, 2004, №7 (15).
3. Петров Н.И., Лаврентьев Ю.Л. Сравнение различных методов расчета тепловыделения в шариковых радиально-упорных подшипниках качения // Вестник Самарского университета. Авиационно-космическая техника и технология. 2018.

this regard acoustic probes with frequency characteristics correction elements find broad application. Authors have considered it expedient to execute the survey analysis of the correcting elements efficiency on the basis of the available patents, articles and monographs. The report will be of interest to developers of probes for pressure with pulsations used in extreme operational conditions and technical officers in the area of tests and operational development of GTE.

При доводке и эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) важно иметь достоверную информацию о динамических процессах в проточной части. Одним из основных параметров, несущих информацию о рабочих процессах в двигателях, является давление, учитываемое при доводке ГТД. Поэтому точности измерения пульсаций давления уделяется особое внимание. Повышенная температура газа в проточной части, ограничения по габаритам и ряд других причин во многих случаях не позволяют устанавливать датчик непосредственно в точке измерения. Поэтому возникает необходимость в присоединении датчика к процессу (объекту измерений) при помощи волноводного канала (волновода). Известно, что в волноводе возникают резонансные колебания, обуславливающие дополнительную динамическую погрешность при измерении пульсаций давления.

Для повышения достоверности информации применяют корректирующие элементы в структуре измерительного канала. Устройство, состоящее из датчика пульсаций

давления, волновода, присоединённого к процессу, и корректирующего элемента в технической литературе получило название зонда пульсаций давления. Учитывая постоянный рост рабочих параметров в современных двигателях и энергоустановках и, соответственно, повышение в них температур и давлений рабочих сред, авторы сочли целесообразным выполнить на основе имеющихся патентов, статей и монографий обзорный анализ эффективности корректирующих элементов. В докладе рассмотрены акустические корректирующие элементы с распределёнными и сосредоточенными параметрами, указаны их преимущества и недостатки, приведён материал по методам расчёта частотных характеристик зондов и их применению при обработке экспериментальных данных. Доклад представит интерес для разработчиков зондов пульсаций давления, применяемых в экстремальных условиях их эксплуатации, и инженерно-технических работников, занятых в сфере испытаний и доводки ГТД.

УДК 629.7.036.34

ВЛИЯНИЕ МОМЕНТНОЙ ПОДАТЛИВОСТИ В БОЛТОВЫХ ФЛАНЦЕВЫХ СТЫКАХ НА ЗНАЧЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА

© 2018 Н.Н. Баляева, Д.А. Зайдуллин, А.С. Макарычев, А.Г. Терешко
«ОКБ им. А. Льюльки» филиал ПАО «ОДК-УМПО», г. Москва

EFFECT OF THE TORQUE COMPLIANCE IN BOLTED FLANGE JOINTS ON THE CRITICAL ROTATION FREQUENCY OF THE ROTOR

Balyaeva N., Zaydullin D., Makarychev A., Tereshko A. ("Lyulka Design Bureau" subsidiary PJSC "UEC-UEIA", Moscow, Russian Federation)

In this paper, the effect of torque compliance in bolted flange joints on the critical rotation frequency is considered for a single rotor and for the associated rotor system of aviation GTE.

Расчёт критических частот вращения роторов является не только необходимой, но и одной из важнейших задач при проектировании современных АГТД (авиационных газотурбинных двигателей). Современные

АГТД имеют, с одной стороны, ярко выраженную тенденцию к снижению массы, в том числе за счёт массы роторов, с другой стороны, постоянно увеличивающаяся температура рабочего тела ведёт к широкому