

Рис. 3. Зависимость температуры в контактах от угла перекоса кольца

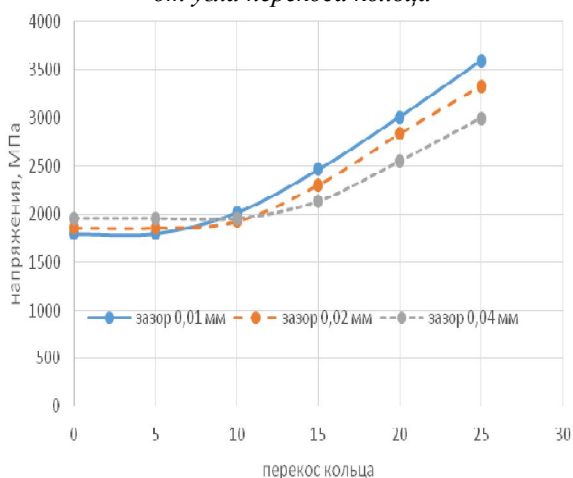


Рис. 4. Зависимость напряжений в контактах от угла перекоса кольца

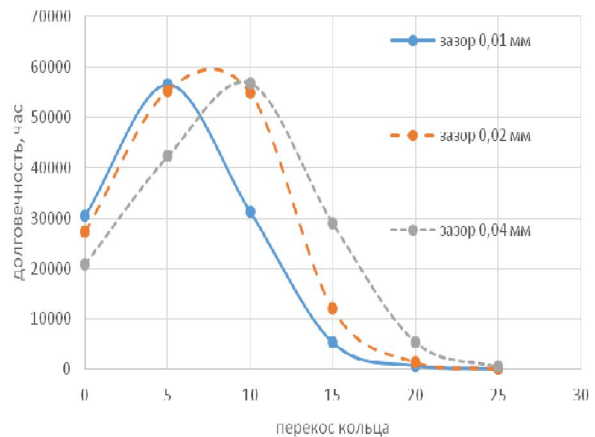


Рис. 5. Зависимость расчётной долговечности подшипника от угла перекоса кольца

Видно, что при малом значении радиального зазора напряжения в контактах меньше и расчётная долговечность больше. С увеличением перекосов температуры в контактах и контактные напряжения увеличиваются. При больших значениях угла перекоса напряжения и температуры в контактах больше при малых зазорах.

Долговечность подшипника с увеличением перекоса до некоторой величины увеличивается. Это объясняется более благоприятным распределением нагрузки. С дальнейшим увеличением перекоса долговечность уменьшается. При больших значениях перекосов долговечность увеличивается с увеличением радиального зазора.

УДК 531.767

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОПЛЕРОВСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЕЁ КОЛЕБАНИЙ

©2016 А.И. Данилин, А.А. Грецков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INTERACTION OF CONTACTLESS DOPPLER CONVERTER WITH A GAS TURBINE ENGINE BLADE SURFACE IN DEFINING THE PARAMETERS OF ITS FLUCTUATIONS

Danilin A.I., Gretskov A.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article presents the results of an experimental study of the interaction of the non-contact Doppler displacement transducer with the blade surface gas turbine engine in determining the parameters of its vibrations. The dependences of the converter output voltage amplitude on the installation clearance and the angle between the central axis of the sensor and the normal to the reduced test surface.

Контроль деформационного состояния лопаток является составляющей частью

безопасной эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД). Одним из перспективных ме-

тодов решения данной задачи является доплеровский бесконтактный дискретно-фазовый метод, основанный на измерении доплеровского смещения частоты сигнала, отраженного от контролируемой поверхности лопатки.

Для реализации доплеровского дискретно-фазового метода в корпусе энергоагрегата устанавливается автодинный преобразователь, который формирует зондирующее излучение, направленное на торец лопатки, в соответствии с рис. 1.

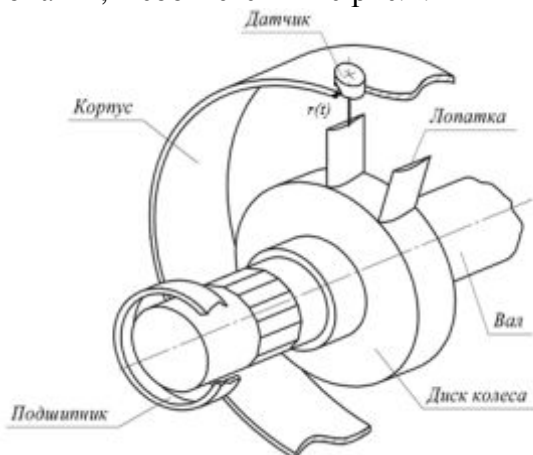


Рис. 1. Расположение датчика в корпусе энергоагрегата

Отражённое от движущейся и колеблющейся лопатки излучение воздействует на автодин и изменяет среднее значение тока в цепи его питания. Эти изменения регистрируются и подвергаются предварительной обработке, в результате которой на выходе устройства обработки выделяется частотно-модулированный сигнал доплеровской частоты [1].

Излучаемый автодином поток представляется пучком лучей, который формируется точечным излучателем, расположенным внутри приёмопередающего элемента (ППЭ). Каждый луч, отражённый от торца наблюдаемой лопатки, регистрируется ППЭ и вносит свой энергетический вклад в выходной автодинный сигнал [2]. Приближённая формула для определения автодинного сигнала имеет вид:

$$S(t) = \frac{n\Phi_0}{N} \cos\left(\frac{4\pi r(t)}{\lambda}\right) = F(t) \cos\left(\frac{4\pi r(t)}{\lambda}\right),$$

где Φ_0 - поток энергии, излучённой через ППЭ;

N - количество излучённых лучей;

n - количество лучей, принятых ППЭ;

$r(t)$ - нормаль, восстановленная из центра излучения к контролируемой поверхности.

Таким образом, автодинный сигнал содержит информацию о перемещениях лопатки, и как следствие, об амплитуде, частоте и начальной фазе колебаний лопатки.

Для определения оптимального установочного зазора между первичным преобразователем и контролируемой поверхностью на экспериментальной установке снималась зависимость выходного напряжения преобразователя от величины зазора. Результат представлен на рис. 2. В качестве контролируемой поверхности использовалась плоская металлическая пластина шириной 5 мм, имитирующая торец лопатки.

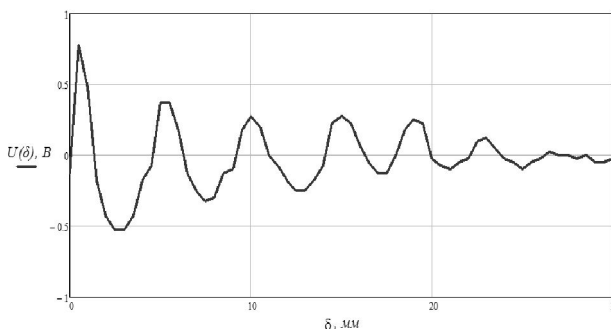


Рис. 2. Зависимость выходного напряжения преобразователя от величины установочного зазора

Зависимость выходного напряжения преобразователя от величины зазора имеет вид затухающего гармонического процесса, амплитуда которого уменьшается с увеличением зазора. Из графика, представленного на рис. 2, следует, что оптимальная чувствительность к отражённому сигналу наблюдается при зазоре $\delta = 10 \dots 22$ мм. Характеристика для $\delta < 10$ мм имеет сильную неравномерность из-за влияния близости излучателя. На расстоянии $\delta > 22$ мм выходной сигнал сильно затухает, что затрудняет его анализ. Таким образом, для применения автодинного модуля Тигель-08 с рабочей частотой 34,5 ГГц установочный зазор выбирается равным 17,4 мм, поскольку для определения параметров движения элементов вращающихся узлов энергоагрегата требуется максимальная скорость изменения сигнала.

Экспериментальная зависимость амплитуды доплеровского сигнала от угла между

центральной осью датчика и нормалью восстановленной к контролируемой поверхности представлена на рис. 3.

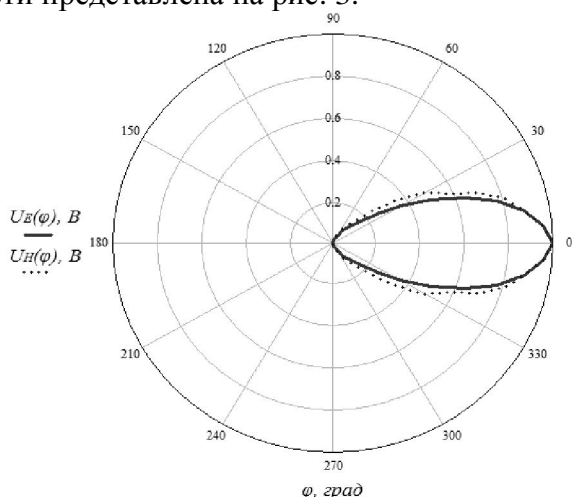


Рис. 3. Зависимость амплитуды доплеровского сигнала от угла между центральной осью датчика и нормалью, восстановленной к контролируемой поверхности

Анализ графиков показывает, что при изменении угла между осью датчика и нормалью, восстановленной к контролируемой поверхности в пределах от 0 до 10 градусов, амплитуда выходного сигнала уменьшается не более, чем на 10%. На основании экспериментальных данных получены количественные оценки приведённой погрешности определения параметров.

Библиографический список

1. Данилин А.И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. 218с.
2. Данилин А.И., Грецков А.А. Особенности математического моделирования доплеровского преобразователя для определения параметров перемещений лопаток энергоагрегатов. / Известия СНЦ РАН, т.15, №6(3), 2013. С. 654-659.

УДК 531.767

ДЕМОДУЛЯЦИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ДОПЛЕРОВСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ЕГО БЕСКОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 А.И. Данилин, А.А. Грецков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

DEMULATION DOPPLER OUTPUT CONVERTER WITH ITS INTERACTION WITH CONTACTLESS SURFACE OF THE BLADE OF GAS TURBINE ENGINES

Danilin A.I., Gretskov A.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article describes the demodulation of the Doppler displacement transducer output signal at its non-contact with the surface of a gas turbine engine blades. The way of determining the amplitude, frequency and instantaneous phase of a gas turbine engine blade oscillation.

Применение доплеровских преобразователей перемещений элементов вращающихся узлов энергоагрегатов требует использования специальных методов демодуляции информационного сигнала. Это обусловлено тем, что лопатка находится в активной зоне датчика короткий промежуток времени, который во много раз меньше периода колебаний лопатки, что делает затруднительным определение скорости лопатки классическим методом [1]. Данная задача может быть решена с помощью использования статистического накопления и обработки информационного сигнала, который подра-

зумевает, что в процессе накопления информации лопатка пройдет мимо датчика хотя бы один раз в фазах, соответствующих экстремальным значениям измеряемого параметра.

На рис. 1 приведён выходной сигнал доплеровского первичного преобразователя. Если торец лопатки во время колебательного движения проходит положение равновесия, то автодинный сигнал будет двухполярным и симметричным относительно момента времени, когда центр торца лопатки проходит через ось датчика. В этот момент времени расстояние от датчика до поверхности торца