

РАЗРАБОТКА ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ СВЯЗАННЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС ГТД

Ивченко А.В.¹, Жужукин А.И.², Щеглов Ю.Д.¹, Сафин А.И.¹

¹Самарский Национальный Исследовательский Университет, Самара, Россия, fgrrt@yandex.ru

²ПАО «Кузнецов», Самара, Россия, cntkknio@yandex.ru

Ключевые слова: система, спекл-интерферометр, рабочее колесо, регистрация, связанные колебания.

Повышение надежности и безопасности ГТД связано с тщательным исследованием динамических характеристик элементов его конструкции, определением их устойчивости к воздействию статических нагрузок и вибраций. При поузловой доводке ГТД [1,2] особое внимание уделяется исследованию собственных частот и форм колебаний рабочих колес компрессора и турбины двигателя как наиболее нагруженных и ответственных изделий. При возбуждении колебаний знакопеременными нагрузками рабочее колесо ГТД представляет собой распределенную систему масс, в которой возможно возникновение связанных колебаний [2]. При возникновении связанных колебаний диск рабочего колеса и лопатки имеют отдельные наборы собственных частот и форм колебаний, что усложняет задачу отстройки ГТД от возникающих резонансных явлений.

Для исследования собственных колебаний, возникающих в системе «диск рабочего колеса–лопатки» разработана оптическая панорамная система, представленная на рис. 1.

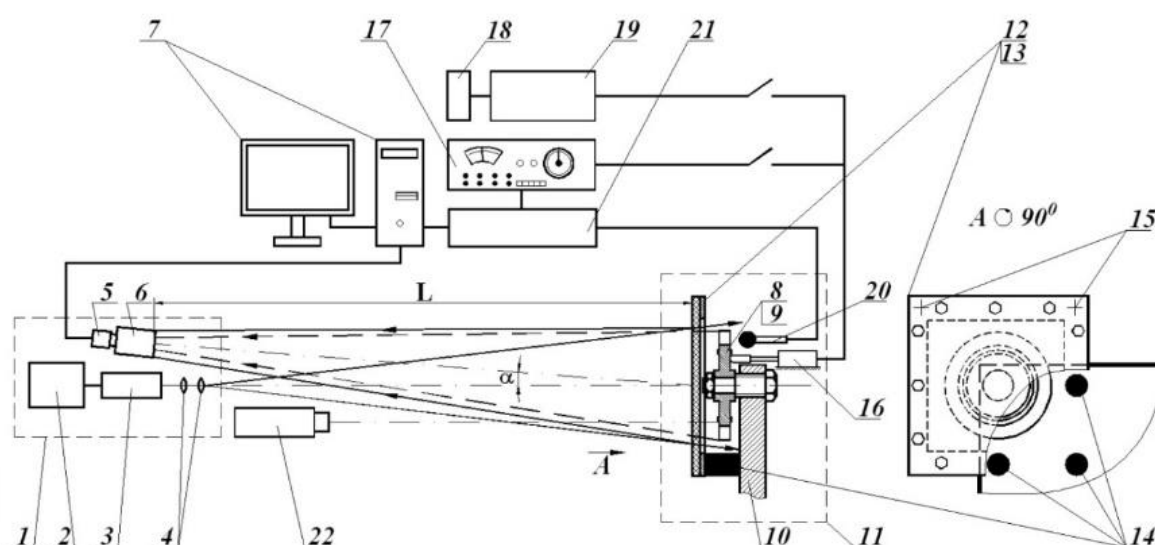


Рис. 1 – Схема лазерной системы для регистрации форм колебаний колес ГТД:

- 1 – подвижный геодезический штатив; 2 – источник питания твердотельного лазера с диодной накачкой (DPSS-лазер); 3 – излучатель DPSS-лазера; 4 – объектив микроскопа; 5 – ПЗС-камера; 6 – объектив камеры; 7 – компьютер; 8 – рабочее колесо (объект); 9 – болтовое соединение; 10 – голографический стенд; 11 – основание; 12,13 – диффузно рассеивающий элемент; 14 – магнитные точки подвеса; 15 – дополнительные точки подвеса; 16 – пьезоэлектрический механический привод; 17 – генератор звуковых частот ГЗ56/1; 18 – функциональный генератор PCGU1000; 19 – усилитель LV 103; 20 – микрофон; 21 – цифровой осциллограф PCSU1000; 22 – доплеровский виброметр PDD-100

Основу системы составляет цифровой помехоустойчивый спекл-интерферометр, выполненный в соответствии с работой [3]. Интерферометр располагался на двух разнесенных платформах и обеспечивал получение информации о колебаниях исследуемого объекта (рабочего колеса) без использования виброизоляции оптической схемы за счет использования программной обработки [4]. Интерферометр регистрировал расположение полос

интерференционной картины на поверхности исследуемого объекта, с помощью которых может быть определено поле вибросмещений [5]. Для предварительного выявления набора собственных частот колебаний объект возбуждался белым шумом с последующей записью спектра виброскорости лазерным доплеровским виброметром PDD-100. Дальнейшая запись спекл-интерферограмм колеблющегося лопаточного колеса производилась на выявленных резонансных частотах объекта под действием гармонической возбуждающей силы.

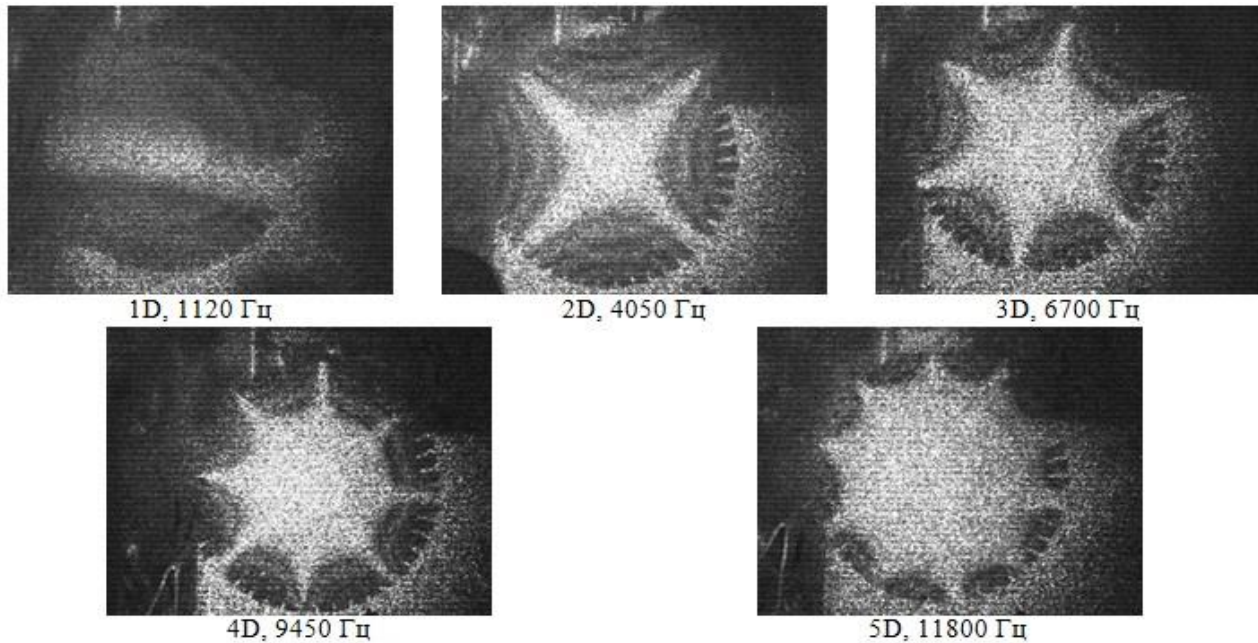


Рис. 2 – Диаметральные формы колебаний колеса турбины малоразмерного ГТД

Для записи интерференции на всей поверхности исследуемого объекта использовались специальные покрытия, обеспечивающие перераспределение энергии рассеянного излучения в направлении ПЗС-камеры. На рис. 2 представлены зарегистрированные системой диаметральные формы колебания колеса ($\varnothing 280$ мм) малоразмерного ГТД. Приведенные спекл-интерферограммы демонстрируют запись интерференционной картины как на поверхности диска турбины, так и выход интерференционных полос на лопаточный венец колеса. Последнее обстоятельство позволяет использовать разработанную систему и при изучении сложных колебаний рабочих колес ГТД, когда лопатки и диск будут совершать резонансные колебания как единая механически связанная система.

Список литературы

1. Еленевский Д.С., Бекбуланов Р.С., Сипухин И.Г. и др. Вибропрочностные испытания охлаждаемых лопаток турбины / В сборнике «Научные основы и методы повешения надежности и долговечности газотурбинных двигателей». Киев.: Наукова думка, 1979. С. 149-155.
2. Иванов В.П. Колебания рабочих колес турбомашин. М.: Машиностроение, 1983.
3. Ivchenko A.V., Zhuzhukin A.I. The system development for digital recording of speckle-interferograms of an oscillating object without vibration isolation // International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines, DVM 2020. 8 p.
4. Журавлев О.А., Шапошников Ю.Н., Щеглов Ю.Д., Комаров С.Ю. Применение методов голографической и спекл-интерферометрии для исследования вибрации и шума механических конструкций. Самара: Изд-во СГАУ, 2005. 193 с.
5. Франсон М. Оптика спеклов. М.: Мир, 1980.

Сведения об авторах

Ивченко Алексей Викторович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: газоразрядные и лазерные системы.

Жужукин Анатолий Иванович, канд. техн. наук, инженер по испытаниям. Область научных интересов: виброметрия и спекл-интерферометрия.

Щеглов Юрий Денисович, ведущий научный сотрудник. Область научных интересов: спекл-интерферометрия и голография.

Сафин Артур Ильгизарович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: виброакустика.

THE DEVELOPMENT OF THE LASER SYSTEM FOR THE COUPLED VIBRATION MODES REGISTRATION ON GTE-WHEELS

Ivchenko A.V.¹, Zhuzhukin A.I.², Sheglov Yu.D.¹, Safin A.I.¹

¹Samara National Research University, Samara, Russia, Country; fgrt@yandex.ru

²PJS Company “Kuznetsov”, Samara, Russia, cntkknio@yandex.ru

Keywords: system, speckle-interferometer, the bladed wheel, registration, coupled vibration mode.

Based on the noise-proof digital speckle interferometer, the system for recording the coupled oscillations on the bladed wheels of gas turbine engine has been developed.