

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЗАПИСИ ИНТЕРФЕРОГРАММ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ГТД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВОГО СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРА ПАНОРАМНОГО ТИПА

Ивченко А.В., Сафин А.И

Самарский Университет, г. Самара, [fgrt@yandex.ru](mailto:fgrt@yandex.ru)

*Ключевые слова:* спекл-интерферометр, рабочее колесо, интерферограмма, регистрация, возмущение, качество, видность.

Обеспечение надежности аэрокосмической техники осуществляется путем организации мероприятий по прочностной доводке конструкции [1], одним из которых является исследование собственных частот и форм колебаний ответственных деталей и узлов. При поузловой доводке ГТД [1,2] особое внимание уделяется исследованию колебаний рабочих колес компрессора и турбины двигателя для предотвращения разрушения этих изделий при резонансе.

На практике данное исследование может быть выполнено методом цифровой спекл-интерферометрии [1, 3], предоставляющим информацию о колебании объекта в виде полей амплитуд вибро смещений поверхности. Традиционно данное исследование производится с применением импульсных лазеров, обеспечивающих отстройку от случайных механических возмущений оптической схемы спекл-интерферометра [4]. Другой способ состоит в применении непрерывных когерентных источников излучения при расположении интерферометра и объекта на виброизолированном оптическом столе. Последнее условие накладывает существенное ограничение на габариты исследуемых объектов и может быть преодолено за счет использования программного метода обработки информации, изложенного в [3]. Накопление и статистическая обработка интерферограмм, регистрируемых методом усреднение во времени [4], позволило создать ряд помехоустойчивых спекл-интерферометров, обеспечивающих запись колебаний объекта без виброзащиты. Тем не менее для дальнейшего расширения границ помехоустойчивости метода [3] необходимы дополнительные исследования влияния различного вида помех на процесс записи интерферограмм.

В работе представлены результаты, демонстрирующие влияние широкополосных механических возмущений на качество получаемых интерферограмм. Исследование было выполнено с использованием лазерной системы, представленной на рис.1. Основу системы составлял спекл-интерферометр поз.1-19 с непрерывным лазером 3 и диффузно-рассеивающим элементом 12,13, установленным перед колесом турбины 8, возбуждаемым на частоте  $f \approx 4$  кГц [5,6]. Широкополосные механические возмущения на установке создавались при помощи топольной машины EM50 Look line 21 устанавливаемой на разных расстояниях ( $R=2400, 4200$  и  $4800$  мм), а также додекаэдра Look line с генератором белого и розового шума D301 22 ( $R=4500$  мм). Контроль вибрационного состояния элементов измерительного тракта спекл-интерферометра осуществлялся лазерным виброметром Polytec PDV-100.

При выполнении экспериментов было использовано два диффузно-рассеивающих элемента с прозрачными пластинами из оргстекла толщиной  $d=5$  и  $8$  мм. Изменение данного параметра системы позволяло изучить влияние механических свойств отражающего элемента 12,13 на контраст записываемых интерферограмм (рис. 2,3). Оценка качества регистрируемых интерферограмм осуществлялось по видности интерференционной полосы нулевого порядка  $V(I)$ , определяемой в соответствии с методикой [5].

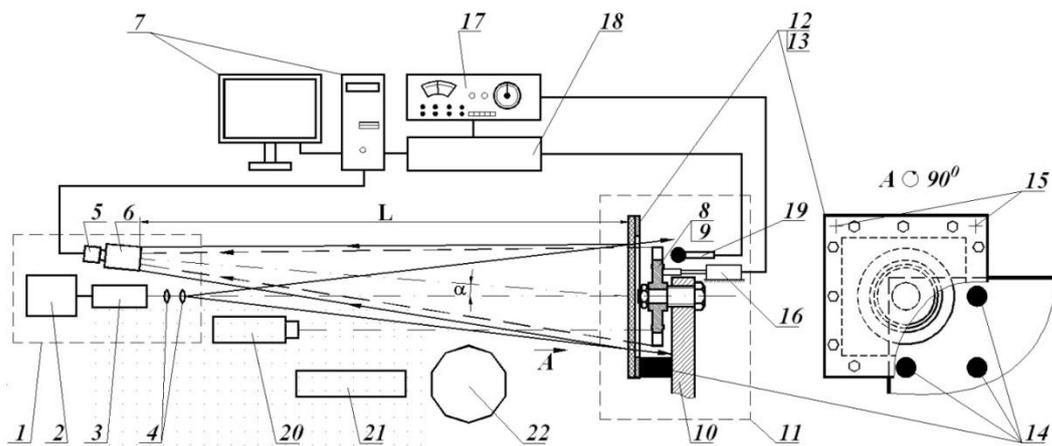


Рисунок 1 - Схема лазерной системы для регистрации форм колебаний колес ГТД: 1 - подвижный геодезический штатив; 2 - источник питания твердотельного лазера с диодной накачкой (DPSS-лазер) 3 - излучатель DPSS-лазера; 4 - микрообъектив; 5 - ПЗС-камера; 6 - объектив камеры; 7 - компьютер; 8 - рабочее колесо (объект); 9 - болтовое соединение; 10 - голографический стенд; 11 - основание; 12,13 - диффузно рассеивающий элемент; 14 - магнитная подвеска; 15 - дополнительные точки опоры; 16 - пьезоэлектрический механический привод; 17 - генератор звуковых частот Г356/1; 18 - цифровой осциллограф PCSU1000; 19 - микрофон; 20 - доплеровский виброметр PDV-100; 21 - топольная машина EM50 Look line; 22 - додекаэдр Look line с генератором шума D301

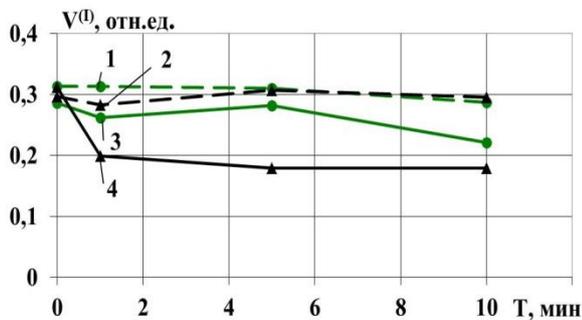


Рисунок 2 – Изменение видимости интерференционных полос интерферограмм при различных видах широкополосных помех, действующих в течении 10 мин, при использовании плексигласовых пластин диффузно-рассеивающих элементов разной толщины: 1-  $d=8$  мм, белый шум, 2-  $d=5$  мм, белый шум, 3-  $d=8$  мм, розовый шум, 4-  $d=5$  мм, розовый шум

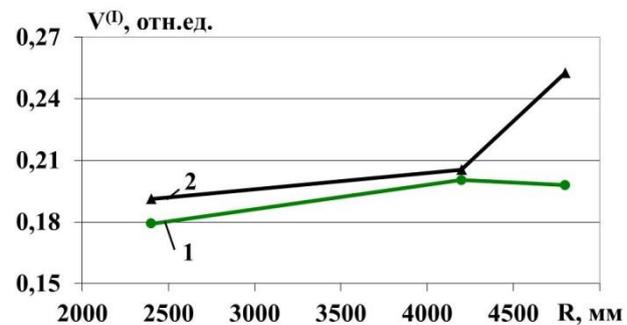


Рисунок 3 – Изменение видимости интерференционных полос интерферограмм при различном расстоянии  $R$  от колеблющегося рабочего колеса до топольной машины (эпицентр возмущений) в зависимости от толщины плексигласовых пластин диффузно-рассеивающих элементов: 1-  $d=8$  мм, 2-  $d=5$  мм

Согласно рис. 2, 3 действие широкополосных возмущений в виде розового шума и периодических ударов (топольная машина) приводили к снижению видимости интерференционной картины на 30-40% и сопровождалось смазыванием интерференционных полос высокого порядка. При этом белый шум подобного влияния на работоспособность лазерной системы не имел. Также отмечается влияние жесткости диффузно-рассеивающего элемента на процесс работы спекл-интерферометра, что видно из кривых 3,4 на рис 2 и кривых 1, 2 на рис. 3.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-29-10066.

### Список литературы

1. Федорченко Д.Г., Кочеров Е.П. Прочностная доводка и устранение основных дефектов ГТД. – Самара: Издатель Исакова Т.С. (БИЮР), 2022.
2. Иванов В.П. Колебания рабочих колес турбомашин. – М.: Машиностроение, 1983.
3. 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. –193с.
4. Франсон М. Оптика спеклов. – М.: Мир, 1980.

5. 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.

6. Ivchenko A.V., Safin A.I. The Technique Improvement for GTE-Wheel Oscillation Recording by the Noise-Proof Digital Speckle Pattern Interferometer // International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines, DVM 2022 – 6 p.

#### **Сведения об авторах**

Ивченко А.В., к.т.н., доцент. Область научных интересов: газоразрядные и лазерные системы.

Сафин А.И., к.т.н., доцент. Область научных интересов: виброакустика.

### **INVESTIGATION OF THE BROADBAND MECHANICAL PERTURBATIONS INFLUENCE ON THE INTERFEROGRAM QUALITY RECORDING OF GTE-WHEEL OSCILLATION BY USING DIGITAL SPECKLE PATTERN INTERFEROMETER**

Ivchenko A.V., Safin A.I

Samara University, Samara, Russia, fgrrt@yandex.ru

*Keywords: speckle-interferometer, the bladed wheel, interferogram, registration, quality, perturbation, visibility.*

The effect of broadband perturbations on the operation of the digital speckle pattern interferometer has been studied. Dependences of the interferograms visibility under perturbations action are obtained.