

Рис. 1. Микро газотурбинный двигатель

Диапазон вырабатываемых единичных мощностей колеблется от нескольких до 500

УДК 621.375

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРА С НЕПРЕРЫВНЫМ ЛАЗЕРОМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛЬНОГО ПНЕВМОКЛАПАНА

Журавлев О.А., Комаров С.Ю., Макарьянц Г.М., Сергеев Р.Н., Харчикова Ю.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

## APPLICATION OF THE DIGITAL SPECKL-INTERFEROMETER WITH THE CONTINUOUS LASER FOR ANALYSIS OF VIBRATING CHARACTERISTICS OF THE MODELLING PNEUMOVALVE

*Zhuravliov O.A., Komarov S.Y., Makaryants G.M., Sergeev R.N., Harchikova Ju.V. The results of application of digital speckle interferometer with a continuous wave laser to determine the vibration characteristics in experimental models of experimental pneumatic valve. Resonance characteristics of valves are made in the presence of gaps with the valve seat.*

К наиболее трудоемким в обработке агрегатам, применяемым в пневмогидравлических системах летательных аппаратов, относятся широкоапертурные клапаны или клапаны большого диаметра. Данный вид клапанов наиболее подвержен возбуждению автоколебаний, рассогласованию настройки, разгерметизации. Для проведения экспериментальной отработки клапанов на вибропрочность и виброустойчивость, контроля качества сборки требуется развитие высокоинформативных средств технической диагностики, не вносящих искажений в получаемые рабочие характеристики.

В данной работе рассматриваются результаты применения созданного в СГАУ помехоустойчивого цифрового спекл-интерферометра (ЦСИ) с непрерывным лазером [1] для определения вибрационных

кВт. К основным достоинствам МГТЭ следует отнести: высокий общий КПД (85...90%) за счет применения тригенерации и когенерации, экологичность ( $NO_x < 15$  ppm), низкий уровень шума, работа на различных видах топлива, длительный ресурс до капитального ремонта, низкая себестоимость электроэнергии, и недорогое техническое обслуживание, компактность и малый вес, а также многие другие. К недостаткам: высокая удельная стоимость за ватт установленной мощности (\$1600-\$1800 за 1 кВт).

характеристик рабочей пластины (заслонки) в экспериментальной модели клапана с внутренним диаметром седла 100 мм. Созданная модель клапана принципиально отличается от прототипа наличием жесткой заделки рабочей пластины по нижней кромке в тисочном устройстве. При этом исключается возможность перемещения заслонки в поперечном направлении.

Особенности исследований заключаются в необходимости определения резонансных характеристик подвижного элемента в условиях его взаимодействия, как с седлом клапана, так и с проходящим через клапан потоком воздуха. Данные взаимодействия могут приводить к нарушению гармонических колебаний, что создает затруднение для применения ЦСИ, работающего в режиме усреднения во времени.

Корпусной элемент модели клапана выполнен в виде массивного стального цилиндра. На рабочем торце цилиндра выступает кольцевая дорожка, выполняющая роль седла клапана. При сборке конструкции обеспечивается слабое поджатие рабочей пластины по боковой поверхности к торцу седла клапана. Гармонические колебания пластины возбуждались акустическим полем звукового динамика мощностью до 10 Вт, который был установлен на подвижном поршне внутри цилиндрического корпуса. Частота и интенсивность акустического поля задавались звуковым генератором типа ГЗ-56/1. Для моделирования условий пульсационного возбуждения клапана обеспечивалась подача сжатого воздуха в полость корпусного элемента, ограниченную звуковым динамиком и рабочей пластиной. В состав пневмомагистрали клапана входил расходомер типа SFEI-LE фирмы Dantec с диапазоном измерения до 200 л/мин.

Характерной особенностью данной модели клапана явилось наличие неравномерности прижатия пластины к седлу на торце корпуса. Было показано, что рабочая пластина опирается на седло с образованием двух щелевых зазоров разной длины и высотой не более 100 мкм.

Выполненные исследования показали, что при акустическом возбуждении получаемые формы резонансных колебаний рабочей пластины отслеживают характер её взаимодействия с седлом клапана (рис.1). Из рис.1а видно, что получаемая на резонансной частоте 293 Гц форма колебаний имела конфигурацию узловой полосы 1 близкую к окружности. Так как конфигурация узловой полосы и ее расположение на рабочей пластине были близки к геометрическим характеристикам седла на торце корпуса клапана, то можно представить, что пластина за счет упругого прижатия к седлу совершала колебания, свойственные мембране с заделкой по контуру [2]. Важным является также то, что разрывы в конфигурации узловой полосы 1 соответствуют расположению зазоров между пластиной и седлом клапана. При этом в меньший по протяженности зазор верхней части окружности контакта пластины с седлом проявляется лишь в снижении контраста узловой полосы 1. Более наглядно области расположения зазоров между рабочей пластиной и седлом клапана представлены на спекл-интерферограмме, соответствующей

форме резонансных колебаний заслонки на частоте 725 Гц (рис. 1б).

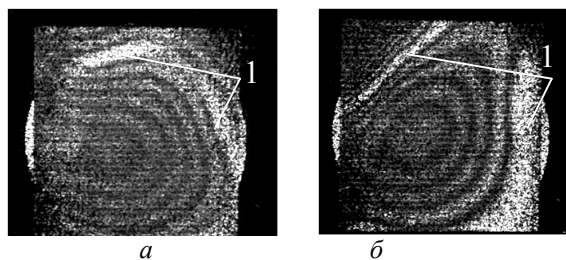


Рис.1. Характерный вид спекл-интерферограмм форм колебаний пластины на резонансных частотах а)-293 Гц; б)-725 Гц; 1-узловая полоса

Переход к возбуждению колебаний пластины с помощью проходящего через клапан воздушного потока приводит к исчезновению картины интерференционных полос (рис.2). Это говорит о нарушении упорядоченности колебательного процесса. Однако, как показано на рис. 2, применение ЦСИ в данных условиях впервые позволило визуализировать процесс снижения площади контакта пластины с седлом по мере увеличения расхода вытекающего через клапан воздуха. Как видно, увеличение расхода воздуха приводит к разделению протяженной области контакта 1 пластины с седлом на два отдельных фрагмента (рис.2б).

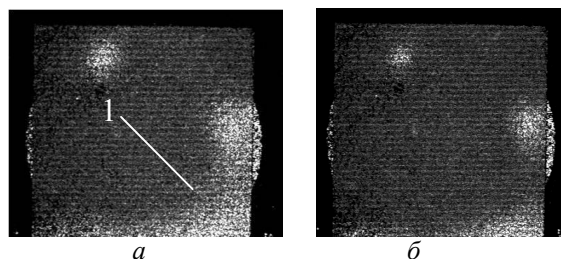


Рис.2. Визуализация процесса снижения площади контакта рабочей пластины с седлом клапана при увеличении расхода вытекающего воздуха от а) к б)

### Заключение

На основе помехоустойчивого ЦСИ с непрерывным лазером разработана и создана экспериментальная установка для определения резонансных характеристик рабочих пластин (заслонок, тарелей) широкоапертурных клапанов при их акустическом и газодинамическом возбуждении.

Для созданной модели клапана с рабочей пластиной прямоугольной формы, имеющей жесткую заделку по нижней кромке, выявлено изменение модальных характеристик заслонки пластины в условиях акустического и акустико-вихревого возбуждения. Определение резонансных ха-

рактических рабочей пластины выполнено в реальных условиях неравномерности упругого прижатия пластины к седлу клапана и наличия зазоров.

Впервые разработана методика применения ЦСИ для выявления неполноты прилегания рабочих кромок заслонки и седла клапана.

#### **Библиографический список**

1. Журавлев, О.А. Разработка автоматизированного метода исследования вибрационных характеристик энергоустановок [Текст] /

О.А. Журавлев, С.Ю. Комаров, К.Н. Попов, А.Б. Прокофьев // Компьютерная оптика. - 2001. -№21. С. 7-11.

2. Макаева, Р. Х., Определение собственных частот и форм колебаний диска постоянной толщины, закрепленного в центре [Текст] / Макаева Р.Х., Царева А. М., Каримов А. Х// Изв. Вузов. Авиационная техника. -2008. -№1. С. 41-45.

УДК 621.375

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРА ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Журавлев О.А., Сергеев Р.Н., Харчикова Ю.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

#### **DEVELOPMENT OF METHODS OF MOBILE DIGITAL SPECKLE INTERFEROMETRY FOR CONSTRUCTION MATERIALS TESTING**

*Zhuravliov O.A., Sergeev R.N., Harchikova Ju.V. The results of the development of mobile speckle interferometer. Describes the optic-electronic circuit of mobile speckle interferometer with diffusely scattered beams. The results of experimental modeling.*

В настоящее время в аэрокосмической отрасли существует потребность в панорамных средствах автоматизированного контроля качества соединений поверхностей листовых композиционных и слоистых материалов, включая многослойные панели звукопоглощающих покрытий. При этом ставится задача по оперативному выявлению внутренних дефектов типа непроваров, непроклеев, пористости.

Для решения данной проблемы в [1] была показана возможность применения двухэкспозиционного метода сдвиговой спекл-интерферометрии. Однако специфичность цифрового спекл-интерферометра (ЦСИ) сдвигового типа, связанная с применением критичной к юстировке оптической схемы интерферометра Майкельсона, необходимость регулирования угла наклона одного из зеркал до и после нагружения объекта, а также недостаточный уровень контрастности получаемых спекл-интерферограмм привели к необходимости поиска более простого в эксплуатации метода контроля с применением помехоустойчивого ЦСИ.

Проведенный анализ оптических схем внестеновых голографических и спекл-

интерферометров [2,3], а также полученные программные методы статистической обработки спекл-изображений в условиях механической нестабильности установки [4], впервые позволили разработать для неразрушающего контроля объектов оптическую схему мобильного ЦСИ с непрерывным лазером (рис.1) и совмещенными каналами спекл-модулированных предметного и опорного пучков, отличающуюся малым числом элементов и простотой юстировки. В данной схеме малогабаритный лазер с диодной накачкой 1 и формирователем пучка 2 размещаются непосредственно на обычном аудиторном столе 3, а регистратор 4 находится на дополнительной переносной опоре в виде геодезического штатива.

Принципиальная особенность схемы связана с применением в качестве светоделивателя 5 пластины из органического стекла толщиной 8 мм, характеризующейся некоторым уровнем диффузности.

Пластина светоделивателя 5 установлена на жесткой рамке 6, в которой закреплялась по контуру металлическая пластина исследуемого объекта.