

дится анализ колебательных процессов в гидротормозной установке с ТВД. Показано, что колебания крутящего момента происходят на частотах: 138 Гц (роторная частота двигателя), 14,5...15,5 Гц (обусловлены механическими резонансными колебаниями рамы гидротормозной установки), 3...4 Гц (связаны с резонансными колебаниями воды в подводных магистралях) и 0,2...0,3 Гц (связаны с функционированием регулятора двигателя и процессами в полостях вращающегося диска гидротормоза). Из мероприятий по снижению колебаний частоты вращения ротора ТВД наилучший результат достигнут при применении на входе в дрос-

сельные заслонки гидротормоза RL – гасителей колебаний давления. Такая эффективность достигнута на максимальном режиме и точке совместной работы двигателя с гидротормозом при экспериментальном определении его мощности. Однако, при испытаниях ТВД с определением запаса его газодинамической устойчивости наблюдаются низкочастотные колебания частоты вращения ротора (0,15...0,3 Гц), превышающие по амплитуде допустимые нормы. Дальнейшее решение этой задачи возможно путём коррекции динамической характеристики регулятора двигателя или его замены на другой регулятор, например электронный цифровой.

УДК 621.373.876

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

© 2018 Сазонникова Н.А.<sup>1</sup>, Манак Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва  
<sup>2</sup>АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара

## **INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE STABILITY OF LASER RADIATION PARAMETERS ON THE ACCURACY OF MEASURING THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF SURFACE ELEMENTS OF STRUCTURAL MATERIALS**

Sazonnikova N.A. (Samara national research university, Samara, Russian Federation),  
Manako N.V. (SPC “Progress”, Samara, Russian Federation)

*On the basis of theoretical and experimental researches the requirements for accuracy to the parameters of the measuring system are formulated. The error in determining the geometric parameters of defects is determined by fluctuations in the power of the radiation source. To exclude the influence of power instability on the accuracy of measurements, it is necessary to use stabilized laser radiation sources or to introduce compensation for the effect of laser power fluctuation.*

Развитие авиационной и ракетно-космической отраслей имеет важное значение для обороноспособности и экономики страны. При этом первостепенное значение уделяется проблеме повышения надёжности и долговечности летательных аппаратов (ЛА) и газотурбинных двигателей (ГТД), которая неразрывно связана с качеством деталей, так как практически все эксплуатационные показатели изделий определяются геометрическими параметрами и физико-механическими свойствами рабочих поверхностей. Совершенствование технологий и производственных процессов изготовления ЛА и ГТД, усложнение конструкций и ужесточение эксплуатационных требований

обуславливают высокие требования к определению геометрии и комплекса физико-механических характеристик поверхности и точности проводимых измерений с помощью информационно-измерительных систем (ИИС).

В качестве источника излучения в лазерных ИИС перспективным является применение полупроводниковых лазеров в измерительных системах для оценки состояния поверхности. При этом погрешность определения геометрических параметров дефектов определяется флуктуациями мощности источника излучения. Погрешность, связанная с нестабильностью оси диаграммы направленности, может достигать 15%. Однако, до

настоящего времени не выбраны перспективные виды излучателей, имеющие наименьшую чувствительность к колебаниям температуры, и не исследованы методы стабилизации характеристик полупроводниковых лазеров.

Проведён анализ погрешностей определения величины отражённого сигнала при определении отражательных характеристик конструкционных материалов.

Инструментальные погрешности обусловлены типом источника излучения, нестабильностью оси диаграммы направленности и мощности источника излучения, разогревом материала активной среды, погрешностью расположения элементов измерительной системы.

Методические погрешности связаны с предположением о постоянстве отражательной способности поверхности контролируемых объектов, о равенстве отражательных способностей бездефектной поверхности и поверхности трещины, о простой геометрической форме элементов поверхности.

В ранее известных измерительных системах не учитывалось явление переотражения излучения в элементах поверхности. Учёт этого явления позволяет распознавать элементы поверхности при определении их глубины в зависимости от безразмерного параметра  $n$ .

Измерение относительной величины сигнала позволяет снизить влияния флуктуаций отражательной способности поверхности на результаты измерений при выявлении дефектов на величину, соответствующую среднеквадратическому разбросу отражательной способности поверхности. Это позволяет также исключить по сравнению с другими известными измерительными системами необходимость регулирования мощности падающего потока излучения.

Построены зависимости среднеквадратичного отклонения от параметров зондирующего пучка.

Результаты проведённых теоретических исследований показывают, что для достоверного определения геометрических параметров элементов поверхности шириной свыше 50 мкм с точностью до 10 мкм отражённый сигнал должен быть измерен с точностью до 10...12%. Для обеспечения указанной точности отклонение оси диаграммы

направленности не должно превышать  $5^\circ$ , расходимость не более  $2...3^\circ$ , диаметра – не более 10%, отклонения мощности излучения не более 5%.

Для учёта неоднородности отражательной способности результаты измерений сопоставляются со средним уровнем сигнала. Резкое снижение сигнала на величину свыше 10% говорит о наличии дефекта или иного элемента геометрии поверхности.

Проведены исследования нестабильности распределения плотности мощности по сечению изображения пятна для различных типов полупроводниковых лазерных диодов. Установлено, что изменение тока существенно влияет на характер распределения плотности мощности в сечении изображения пятна лазерного излучения.

Исследования показали, что стабильность излучательных характеристик полупроводниковых лазеров определяется структурой и материалом активной среды. Выявлено, что из рассмотренной группы полупроводниковых лазеров наиболее приемлемыми для измерительных систем являются полупроводниковые инжекционные лазеры с квантово-размерными структурами на основе материалов четверных систем, характеризующиеся отсутствием дефектов тёмных линий, слабой зависимостью величин порогового тока от температуры лазерного кристалла и окружающей среды, наибольшей стабильностью оси диаграммы направленности и отсутствием изгибов на ватт-амперной характеристике. Для исключения влияния нестабильности мощности на точность измерений необходимо использовать стабилизированные источники лазерного излучения или вводить компенсацию влияния флуктуации лазерной мощности (введение опорного канала).

Возможны два способа стабилизации мощности излучения лазерного диода: обратная связь по току при измерении мощности с помощью встроенного фотодиода и обратная связь при использовании светодиода в качестве усилителя. Вторым методом является более оптимальным, так как не влияет на величину тока лазерного диода.

Использование указанных мер позволяет снизить величину нестабильности мощности лазерного излучения до 3...5%.