

1. Данилин, А.И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами /А. И. Данилин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. – С.189-198.

2. Заблоцкий, И.Е. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин / И.Е. Заблоцкий, Ю.А. Коростелев, Р.А. Шипов – М.: Машиностроение, 1977. – С.160.

УДК 531.781.2(079.4)

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРОФИЛЯ ПЕРА ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН

С.А. Данилин, А.А. Грецков, У.В. Бояркина
Самарский университет, г. Самара

Необходимость контроля профиля пёра лопаток ГТД определяется тем, что его геометрия в значительной степени определяет работоспособность, расходные характеристики и показатели эффективности двигателя. Лопатки турбоагрегатов являются наиболее массовыми деталями. Число лопаточных ступеней, например, в осевых компрессорах доходит до 18, а число лопаток в мотор-комплексе может быть более 1500. Конструктивные особенности лопаток также существенно отличаются от ступени к ступени. Длина лопаток может изменяться от 15 до 850 мм, ширина пёра (хорда) от 7 до 280 мм, закрутка пёра до 60°. Основную номенклатуру лопаток компрессоров составляют лопатки длиной от 30 до 120 мм.

Достижение высокой точности геометрии лопаток в производстве невозможно без высокоточных измерений. Лопатка компрессора включает в себя замок и поверхность сложной формы (рис. 1).

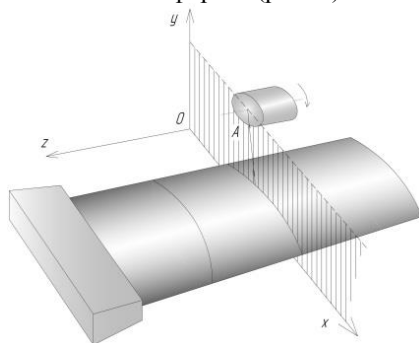


Рисунок 1- Аксонометрический вид пёра лопатки со стороны спинки с вращающейся оптической насадкой

Расположение сечений лопаток задаётся вдоль оси z параллельно установочной поверхности замка лопатки. Совокупность сечений вдоль оси лопатки образует её профиль. Точность изготовления пера лопаток регламентируется отраслевым стандартом ОСТ 1.02571-86 "Лопатки компрессоров и турбин. Предельные отклонения формы и расположения пера". Изменения геометрии поверхности выражается в отклонении формы пера от теоретического сечения и отклонении угла установки профиля. Измерение профиля лопаток и контроль их формы является актуальной задачей.

В настоящее время контроль геометрии пера лопаток производится контактными приборами типа ПОМКЛ и дорогостоящими координатно-измерительными машинами (КИМ). Недостаток контактных профилометров состоит в их низкой точности измерения (порядка ± 50 мкм на рабочем участке в 50 мм). Поэтому существует острая необходимость замены устаревших контактных приборов ПОМКЛ, которые сняты с серийного производства. КИМ не позволяет производить 100% контроль лопаток, т.к. время измерения одной лопатки доходит до 1 часа. А координатно-измерительные машины с лазерными головками не позволяют выполнять измерения кривизны поверхностей высокой чистоты без применения специальных матирующих аэрозолей. Указанные причины явились предпосылками для разработки оптоэлектронного бесконтактного метода контроля геометрии профиля пера лопаток ГТД.

За основу при разработке метода взят патент на изобретение [1], суть которого состоит в том, что вращающаяся оптическая насадка, перемещаясь в плоскости $ХОУ$, сканирует профиль лопатки в её конкретном сечении (рис.1). В каждой точке при перемещении оптической насадки вдоль оси $ОХ$, отражённый от поверхности лопатки световой поток попадает на приёмный торец оптического световода, канализируясь по которому попадает на фотоприемник, где преобразуется в электрический сигнал. При этом максимум электрического сигнала будет сформирован тогда, когда оптическая насадка при своем вращении повернётся относительно оборотной метки на такой угол α , при котором ось диаграммы направленности излучаемого светового потока окажется перпендикулярной к касательной в некоторой точке профиля лопатки.

Далее, в электронном модуле из этого сигнала формируется прямоугольный импульс, середина которого соответствует максимуму отраженного светового потока. Аналогично формируется прямоугольный импульс оборотной метки, в соответствии с которым осуществляется синхронизация работы всего устройства. Измеренный временной интервал между серединами информационного и оборотного прямоугольных импульсов будет пропорционален углу поворота оптической насадки, который в свою очередь равен углу наклона касательной к профилю в

точке контроля. Определив тангенс угла α , можно судить о количественной величине производной функции профиля лопатки.

Реализуя таким образом предлагаемый метод, можно экспериментально получать значения производной от кривой профиля лопатки с любым шагом, после чего оценивать различие «экспериментальной» производной и полученной аналитически, либо полученной от эталонной поверхности.

Точность измерения предлагаемым методом будет значительно выше, чем при традиционных подходах, т.к. для оценки кривизны используется изменение скоростных показателей функции профиля пера лопатки.

Список использованных источников

1. Патент на изобретение 2548939 Российская Федерация, МПК G01B 21/22 Способ определения угловых положений поверхности объекта и устройство для его осуществления. Данилин А.И., Данилин С.А., Грецов А.А., заявитель и патентообладатель Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С.П. Королёва (СГАУ). Заявл. 20.01.2005, опубл. 20.04.2015, бюл. № 11.

УДК 531.781.2(079.4)

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЦИЛИНДРИЧНОСТИ

С.А. Данилин, А.А. Грецов, А.Ж. Чернявский
Самарский университет, г. Самара

Разрабатываемый метод ориентирован на решение практически важной и актуальной задачи, которая состоит в повышении эффективности контроля рабочих цилиндрических поверхностей: цилиндров ДВС, деталей подшипников и др.. Предлагаемый метод позволяет выявлять дефекты формы, например, такие, как некруглость, огранка, а также гранность и волнистость. При больших скоростях и нагрузках характерных, например, для работы двигателя, такие дефекты вызывают повышенный нагрев, вибрации и шумность, что приводит к существенному снижению технико-экономических и эксплуатационных показателей ответственных технических узлов.

Круг задач, решаемых с помощью устройств, реализованных на основе дискретно-фазового оптоэлектронного метода, может быть расширен. Например, с их помощью можно получать топограммы контролируемых рабочих поверхностей подшипников. Такая информация нужна как при наладке шлифовального оборудования, так и при анализе качества рабочих поверхностей после моторесурсных испытаний.