

УДК 531.781.2(088.8)

## **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ТУРБОАГРЕГАТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ СИГНАЛОВ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

А.Ж. Чернявский, С.А. Данилин

г. Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский  
университет)

Важной проблемой современного машиностроения является обеспечение высокой эксплуатационной надежности энергоагрегатов, в частности газотурбинных двигателей (ГТД) и паровых турбин. Наиболее ответственными деталями ГТД являются лопатки компрессора и турбины, работающие в сложных эксплуатационных условиях больших знакопеременных нагрузок, высоких температур, эрозионных и коррозионных воздействий.

Для обеспечения нормальной эксплуатации ГТД и предотвращения аварийных ситуаций необходимо контролировать техническое состояние лопаток. В настоящее время контроль технического состояния лопаток производится в основном эндоскопическими методами на остановленной турбомашине, что требует высокой квалификации персонала и является трудоемкой и дорогой технологической операцией.

Тем не менее, несмотря на принимаемые меры, в эксплуатации возникают аварийные ситуации, связанные с поломкой лопаток. По различным данным, от 42 до 65 процентов аварийных ситуаций на эксплуатируемых турбомашин связаны с неисправностями лопаток.

Для эксплуатируемых турбомашин существуют различные методы и средства диагностики и контроля деформационного состояния лопаток [1]. Среди этих методов выделяется дискретно-фазовый метод (ДФМ), позволяющий определять индивидуальное деформационное состояние каждой лопатки в лопаточном колесе. Развитием ДФМ являются системы контроля деформационного состояния лопаток, представленные в [2].

Авторами предложен новый способ реализации ДФМ [3], в котором техническое состояние контролируемой лопатки оценивается по степени различия формы импульсов первичного преобразователя (ПП), формируемых динамически нагруженной (колеблющейся) и ненагруженной лопатками.

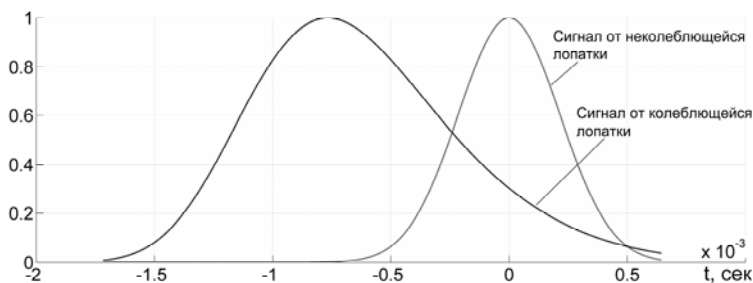


Рисунок 1 - Гауссовый выходной сигнал первичного преобразователя

Согласно предложенному способу, определение параметров колебаний лопатки производится с помощью методов нелинейной аппроксимации, позволяющих путем обработки отсчетов сигнала ПП определить параметры аппроксимирующей функции, описывающей колебательное движение лопатки – амплитуду  $A$ , частоту  $\omega_d$  и начальную фазу  $\varphi$ .

Для оценки возможности определения указанных параметров предлагается вычислительный эксперимент, реализующий разработанный способ. В соответствии с планом эксперимента, необходимо:

- Протабулировать три входных параметра  $A$ ,  $\omega_d$ ,  $\varphi$ , каждый в своей области определения и для каждой комбинации входных параметров сформировать дискретный гауссовый сигнал ПП. Сформировать аддитивную смесь дискретного сигнала ПП и дискретного гауссовского шума.
- Для нахождения значений искомых параметров и оценки погрешностей их определения для каждой комбинации входных параметров провести серию из  $N$  нелинейных аппроксимаций аддитивной смеси дискретного гауссовского сигнала с дискретным шумом. Вычислить оценки математического ожидания (МО) и среднеквадратического отклонения (СКО) по каждому параметру.
- Проверить наличие грубых погрешностей (промахов) по критерию Граббса и при необходимости исключить их. После этого необходимо вновь вычислить оценки МО и СКО и повторить процедуру проверки наличия промахов. Поскольку решение оптимизационной задачи ведется одновременно для трех входных параметров  $A$ ,  $\omega_d$ ,  $\varphi$ , то при обнаружении промаха по одному параметру отбрасывать решение целиком.
- Вычислить доверительные границы случайной погрешности (доверительную случайную погрешность) оценки определяемых параметров.

Таким образом, согласно предложенному алгоритму, параметры колебаний торца лопатки – амплитуда, частота и начальная фаза – могут быть определены в результате анализа изменений формы сигнала с использованием методов нелинейной аппроксимации.

Список использованных источников

1 Заблоцкий, И.Е. Бесконтактные измерения колебаний лопаток турбомашин [Текст] / И.Е. Заблоцкий, Ю.А. Коростелев, Р.А. Шипов. – М.: Машино-строение, 1977. - 160 с.

2 Данилин, А.И. Диагностика и контроль рабочего состояния лопаток паровых турбин [Текст] / А.И. Данилин, С.И. Адамов, А.Ж. Чернявский [и др.]. // Электрические станции. – 2007. – № 7. – с.19-25.

3 Домрачев, В.Г. Определение параметров колебаний лопаток турбоагрегатов на основе нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей [Текст] / В.Г. Домрачев, В.М. Гречишников, А.Ж. Чернявский, А.И. Данилин. // Измерительная техника. – 2013. – № 11. – с.29-32.

УДК 621.373.826, 629.783, 621.384.3

## **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ**

Е.А. Щелоков, У.В. Бояркина, Е.С. Калинин  
г. Самара, «Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский  
университет)»

В процессе функционирования космического аппарата (КА) в условиях взаимодействия факторов космической среды наблюдаются изменения характеристик его элементов конструкций. Одним из важных факторов воздействия на КА является антропогенное загрязнение космического пространства, значительно превышающее потоки микрометеороидов. Наука развивается по пути совершенствования методов регистрации параметров микрометеороидов. В настоящее время известны множество способов реализации подобных систем: на основе чувствительных PVDF пленок, на основе приемников с зарядовой связью (ПЗС), на основе пьезоэлектрических датчиков и т.д. [1]

Лазерные системы используются в настоящее время не только для наземных целей, но и в космической промышленности, однако до сих пор не нашли своего места в исследовании параметров микрометеороидов.

В работе представлен новый метод определения параметров движения микрометеороидов с применением лазерных систем.