

УДК 531.767

## УСЛОВИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ПОТОКА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛОПАТКИ ТУРБОАГРЕГАТА

Вахитов А. Р., Грецков А. А.

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

Для обеспечения надёжности энергоагрегатов и увеличения их эксплуатационного ресурса необходим контроль предельных значений параметров колебаний элементов вращающихся узлов энергоагрегатов [1]. Одним из самых перспективных методов определения данных параметров является доплеровский – дискретно фазовый метод, основанный на измерении доплеровского смещения частоты сигнала, отражённого от контролируемой поверхности.

Для того, чтобы определить отражённое от лопатки излучение, представим формируемый первичным преобразователем поток пучком равномерно расходящихся лучей. Поскольку геометрические размеры лопатки во много раз превышают размеры сформированного точечного излучателя, то можно воспользоваться аппаратом геометрической оптики для определения потока, отражённого от поверхности наблюдаемого объекта и попадающего на приёмник.

В первом приближении можно считать что лопатка имеет форму прямоугольной пластины. Тогда координаты углов наблюдаемой поверхности лопатки в момент времени  $t$  имеют вид:  $K_1(x_1(t), y_1(t), z_1(t))$ ,  $K_2(x_2(t), y_2(t), z_2(t))$ ,  $K_3(x_3(t), y_3(t), z_3(t))$ ,  $K_4(x_4(t), y_4(t), z_4(t))$ .

Определим уравнение наблюдаемой поверхности лопатки по трём точкам:

$$A \cdot x + B \cdot y + C \cdot z + D = 0.$$

Координаты точки пересечения зондирующего луча и наблюдаемой поверхности определяются по формуле [2]:

$$\begin{cases} x_c = x_I + i \cdot \lambda, \\ y_c = y_I + j \cdot \lambda, \\ z_c = z_I + k \cdot \lambda, \end{cases}$$

$$\lambda = -\frac{A \cdot x_I + B \cdot y_I + C \cdot z_I + D}{A \cdot i + B \cdot j + C \cdot k};$$

где  $i, j, k$  – направляющие векторы зондирующего луча;  $x_I, y_I, z_I$  – координаты источника излучения.

Поскольку лопатка имеет конечные размеры, требуется определить граничные условия, при выполнении которых будем считать, что луч попал на поверхность лопатки. Для этого, опираясь на координаты точки пересечения луча и поверхности лопатки, построим плоскость частного положения  $\beta$  с координатами нормали  $n_\alpha(x_c(t), 0, 0)$  и определим координаты точек пересечения этой плоскости с прямыми  $K_1K_2$  и  $K_3K_4$ ,  $Q(x_Q, y_Q, z_Q)$  и  $P(x_P, y_P, z_P)$ , соответственно (рисунок 1). Так как точки  $C, Q, P$  лежат на одной прямой, граничное условие для координаты  $z$  запишется в виде:  $z_P \leq z_C \leq z_Q$ . Аналогично построим плоскость частного положения  $\alpha$ , проходящую через точку  $C$  с координатами нормали  $n_\beta(0, 0, z_c(t))$ , и определим координаты точек пересечения этой плоскости с прямыми  $K_1K_3$  и  $K_2K_4$ ,  $S(x_S, y_S, z_S)$

и  $T(x_T, y_T, z_T)$ , соответственно. Граничное условие для координаты  $x$  запишется в виде:  $x_S \leq x_C \leq x_T$ .

Таким образом, зондирующий луч пересекает поверхность лопатки, если выполняются граничные условия:

$$\begin{cases} x_S \leq x_C \leq x_T, \\ z_P \leq z_C \leq z_Q. \end{cases}$$

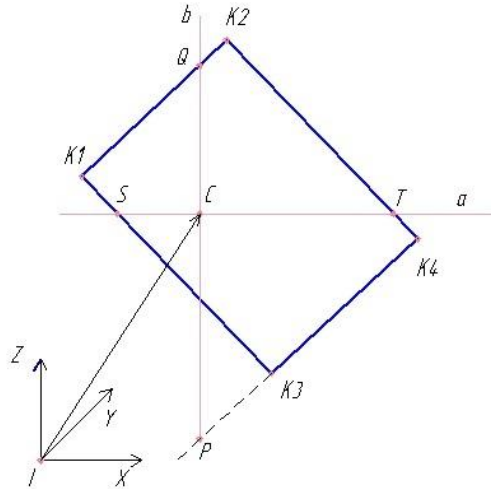


Рис. 1. Схема определения граничных условий пересечения зондирующего луча с поверхностью лопатки

На рисунке 2 представлена временная зависимость количества лучей, отражённых от поверхности движущейся лопатки, для случаев, когда граничные условия определяются с помощью плоскостей частного положения (граничные условия 2) и когда в качестве границ выбраны координаты углов отражающей поверхности (граничные условия 1).

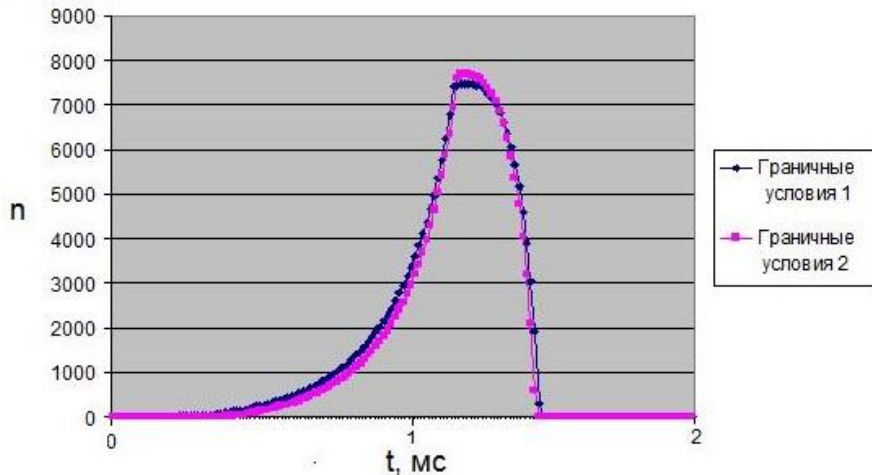


Рис. 2. Количество лучей, отражённых от поверхности лопатки для разных граничных условий

#### Библиографический список

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

2. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике [Текст]/ М.Я. Выгодский. – М.: Изд-во «Век», 1997. – С. 130-242.