

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЕНЦОВ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНЫХ АМПЛИТУД

Моргун С.А.

*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова
г. Николаев*

Рассматривается задача определения амплитуд и частот вынужденных колебаний венцов рабочих лопаток турбомашин с замкнутыми на круг связями. Предполагается, что исследуемая система (венец) обладает свойствами циклической симметрии. Рассматриваемую систему можно интерпретировать в виде совокупности χ подсистем (секций) с одинаковыми геометрическими, инерционными и жесткостными свойствами [1 – 3]. Секция такой системы включает в себя в общем случае сектор диска и укрепленную в нём лопатку с участками демпферных связей. Секция рассматривается в прямоугольной правой системе координат XYZ : ось X совпадает с осью вращения ротора турбины, ось Z направлена по радиусу от оси вращения, а ось Y – перпендикулярна оси Z .

Уравнения движения секции могут быть записаны в следующем виде:

$$\Delta\{a\} = \{F\} \quad (1)$$
$$\{a\} = \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{Bmatrix}; \quad \Delta = \begin{bmatrix} L & 0 \\ 0 & L \end{bmatrix} \quad \{F\} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix}$$

где $L = K - (k\omega)^2 M$; $\{a\}$ – матрица обобщённых перемещений узлов секции под действием приложенных сил; $\{F\}$ – матрица-вектор приложенных сил в узлах секции; K и M – матрицы жесткости и масс соответственно; k – номер гармоники.

Частотное уравнение представлено следующим образом:

$$\det[K - (k\omega)^2 M] = \{F\} \quad (2)$$

С использованием метода конечных элементов решена задача расчета амплитуд и частот вынужденных колебаний венца рабочих лопаток турбомашин как циклически симметричной системы. Для решения данной задачи разработана уточненная математическая модель секции «сектор диска – лопатка с демпферными связями», позволяющая в достаточно полной мере учитывать особенности конструкции пера и хвостовика лопатки, демпферных связей, диска.

Литература:

1. Воробьев Ю.С. Колебания лопаточного аппарата турбомашин / Воробьев Ю.С. – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.
2. Моргун С.А. Влияние геометрических параметров на частоты свободных колебаний рабочих лопаток турбомашин / С.А. Моргун // Вісник двигунобудування. – Запоріжжя: АТ «МОТОР СІЧ». – 2014. – №1. – С. 12-17.
3. Каиров А.С. Колебания и напряженно-деформированное состояние венцов рабочих лопаток турбомашин при нарушении циклической симметрии / А.С. Каиров, С.А. Моргун // Авіаційно-космічна техніка і технологія. Науково-технічний журнал Національний аерокосмічний університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» – Харків, 2013. – № 9 (106). – С.208-215.