

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛУЧАЙНОГО ПРОГИБА РОТОРА В РАБОТЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СИЛ

@ А.Р. Усманов, В.С. Модестов

Ivanov65@mail.ru, petrov01@gmail.com

УДК 629.7.036

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2022-09-28.166.

В настоящее время определение дисбаланса на роторе представляет собой сложную задачу, поскольку в роторе всегда присутствуют неточности изготовления, которые необходимо измерять для каждой сборки двигателя отдельно. Альтернативным подходом является метод вероятностного задания дисбалансов на основании значений допусков неточностей изготовления деталей. При определении прогиба ротора от случайного дисбаланса возникает необходимость пересчета прогиба для каждой реализации дисбаланса, что может увеличить время расчета. В настоящей статье предложена реализация метода сил, которая сводится к необходимости расчета лишь единичных прогибов системы. На тестовой задаче была оценена плотность вероятности прогиба ротора при известной плотности распределения дисбаланса.

Ключевые слова: дисбаланс, прогиб ротора, метод сил, допуска

Calculation of random operating deflection of rotor using the force method

Nowadays the definition of rotor unbalance is a complicated task, because there always are inaccuracies in machine parts, which must be measured during each engine assembly process. An alternative approach is the method of probabilistic definition of unbalance based on tolerance values of parts inaccuracies. When calculating rotor deflection due to action of random unbalance there is a need for repeated calculation for each realization of unbalance, which may increase the calculation time. In present paper the variant of the force method for rotor deflection calculation is proposed. In this case only unit deflections should be calculated. A test task was solved, wherein the probability-density function of rotor deflection was estimated provided the probability-density function of unbalance was known.

Keywords: unbalance, rotor deflection, force method, tolerances

Усманов Антон Равильевич, аспирант, СПбПУ (Санкт-Петербург, Россия); Anton Usmanov (Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia)

Модестов Виктор Сергеевич, к.т.н, ведущий программист, СПбПУ (Санкт-Петербург, Россия); Victor Modestov (Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia)

Рассмотрим линейную систему (1), описывающую прогиб ротора от некоторой нагрузки $\{D\}$:

$$([M] + \{\ddot{q}\}) + ([C] + [C_g])\{\dot{q}\} + [K]\{q\} = \{D\}. \quad (1)$$

В двумерном случае значение прогиба q_i в некотором узле от некоторого набора дисбалансов $\{D\}_j, j = 1..n$ определяется стандартным методом сил:

$$q_i = \sum_j |\{D\}_j| \{D\}_j \delta_j. \quad (2)$$

где δ_j - значение единичного прогиба в i -м узле от действия единичного дисбаланса $\frac{\{D\}_j}{|\{D\}_j|}$.

Можно показать, что в трехмерном случае осесимметричной изотропной системы проекции прогиба q_i^x, q_i^y в i -м узле определяются по формулам:

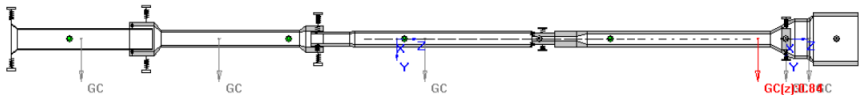
$$q_i^x = \sum_j d_j \delta_j \cos(\phi_j). \quad (3)$$

$$q_i^y = \sum_j d_j \delta_j \sin(\phi_j). \quad (4)$$

где d_j - модуль j -го узлового дисбаланса, ϕ_j - фаза j -го узлового дисбаланса, δ_j - проекция перемещения в i -м в узле от j -го единичного узлового дисбаланса на направление j -го узлового дисбаланса.

Рассмотрим систему, приведенную на рисунке 1.

Рисунок 1. Рассматриваемая балочная система

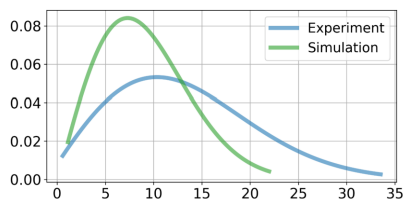


Допустим, что модуль d_j и фаза ϕ_j каждого узлового дисбаланса являются случайными величинами, равномерно распределенными в интервалах, соответственно, $[0, \tilde{d}_j]$ и $[0, 2\pi]$.

Моделируя случайные величины d_j и ϕ_j для случая дисбалансов, вызванных разнотолщиной и биением наружной и посадочных поверхностей валов, и проводя преобразования по формулам (3), получаем выборку поперечной скорости в заданной точке.

На рисунке 2 представлена оцененная функция плотности распределения поперечной скорости в сравнении с экспериментом в предположении релеевости распределения.

Рисунок 2. Теоретическая и экспериментальная плотности распределения поперечной скорости



Таким образом, применение метода сил позволяет генерировать выборку поперечной скорости любой размерности и получать точную оценку плотности распределения.

Литература

1. Ласкин А.С., Себелев А.А., Забелин Н.А. Энергетические машины. Вибропрочность и устойчивость элементов турбомашин, СПб: Политех-пресс, 2018. – 128 с.
2. Брюханов С.А., Крисанов А.Е., Жариков В.В., Филлякин С.В. Влияние теплового дисбаланса на ротор насосно-компрессорного и турбинного оборудования // Евразийский Союз Учёных – 2015. – №21. – с. 35-37.
3. Mark S. Darlow Balancing of high-speed machinery, Department of Mechanical Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York, 1989.
4. Alberto Murillo-Marrodan, Eduardo Garcia, Jon Barco, Fernando Cortes Analysis of wall thickness eccentricity in the rotary tube piercing process using a strain correlated FE model // Metals – 2020. - 21(8) - 1045.