

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ И ПАРАМЕТРЫ ПОДОБИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «РОТОР – ОПОРНЫЙ УЗЕЛ»

Луканенко В. Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В современных двигателях и агрегатах авиационной и ракетно-космической техники опорные узлы роторов выполняются в виде комбинированного опорного узла, включающего в себя подшипник и упругодемпфирующий элемент.

Такая конструкция опорного узла позволяет существенно снизить уровень амплитуд и сил при вынужденных колебаниях, а для роторов, опирающихся на подшипники с газовой или жидкостной смазкой, расширить область устойчивого вращения ротора.

В настоящее время имеется довольно обширная информация о динамике ротора на таких опорных узлах. Однако большинство исследований выполнено в размерном виде и касается конкретных изделий, что затрудняет объективную оценку динамики системы и областей применения различных сочетаний подшипников и упругодемпфирующих элементов.

Для объективной оценки поведения системы при различном сочетании упругодемпфирующих элементов и подшипников исследования целесообразно проводить в безразмерном виде с использованием критериев подобия.

Для выявления критериев подобия динамической системы «ротор–опорный узел» рассмотрим динамическую систему, состоящую из невесомого ротора с жесткостью C , с диском массой M посередине, опирающегося на два одинаковых подшипника и упругодемпфирующие опоры любого типа.

Силы, действующие со стороны подшипника и упругодемпфирующей опоры можно представить в виде проекций этих сил на неподвижные оси координат W_{xp} и $W_{yп}$; W_{xd} и $W_{yд}$.

Ротор приводится во вращение двигателем с частотой n^* и на него действуют статическая $R_{ст}$ и динамическая $R_{дин}$ нагрузки.

В динамическую систему входит и масса ободья подшипника M_0 .

В качестве выходных параметров, характеризующих динамическую систему, могут быть приняты различные параметры роторной системы, но наиболее часто в их качестве принимаются амплитуды перемещений характерных сечений ротора. В настоящей работе в качестве выходных параметров системы приняты амплитуды

перемещений центра диска А3, центра цапф ротора А2 и центра обоймы подшипника.

Таким образом, динамическая система «ротор – опорный узел» в общем случае может быть описана 13 размерными величинами.

Параметры подобия могут быть найдены либо непосредственно из системы дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы «ротор – опорный узел», либо на основании теории подобия и размерностей с помощью π -теоремы.

Последний подход позволяет получать наиболее общие результаты.

В самом общем случае динамическую систему «ротор – опорный узел» можно описать, как уже отмечалось 13 размерными величинами, в размерность которых входят три единицы измерения: длина – м, масса – кг, время – с.

На основании π теоремы для подобия такой системы необходимо N параметров:

$$N = N_1 - N_2,$$

где N1 - число размерных величин, характеризующих систем ;

N2 -число независимых единиц измерения количественных параметров.

Для данной системы число параметров подобия должно равняться 10. Исходя из общей структуры системы эти параметры найдены в следующем виде:

$$П_1 = \frac{ME_3^2}{W_{yn}} ; П_2 = \frac{Mo}{M} ; П_3 = \frac{M_0}{M} ; П_4 = \frac{ME_3^2}{P_{cm}} ;$$

$$П_5 = \frac{P_{cm}}{W_{yn}} ; П_6 = \frac{P_{cm}}{W_{y\phi}} ; П_7 = \frac{W_{yn}}{W_{y\phi}} ;$$

$$П_8 = \frac{A_1}{E_3} ; П_9 = \frac{A_2}{E_3} ; П_{10} = \frac{A_3}{E_3}$$

Первые семь параметров являются определяющими, а три последних определяемыми.

Вид определяющих и определяемых параметров может быть различным, но и их число и взаимосвязь является единственной для данной динамической модели «ротор – опорный узел».