

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЖЁСТКОСТИ УПРУГОГО КОЛЬЦА С ВЫСТУПАМИ ДЛЯ ОПОР РОТОРОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Ло Чэн<sup>1</sup>, Дилигенский Д.С.<sup>1</sup>, Новиков Д.К.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Самарский университет, г. Самара, [clpe@mail.nwpu.edu.cn](mailto:clpe@mail.nwpu.edu.cn)

*Ключевые слова:* гидродинамический демпфер, упругое кольцо, метод распределения моментов, жёсткость.

При эксплуатации авиадвигателей вибрация является одной из основных причин большинства отказов и аварий, поэтому ее снижение является неотъемлемой частью проектирования авиационных ГТД. В настоящее время основными методами снижения вибрации ротора авиадвигателя являются упругие опоры и гидродинамические демпферы (ГДД), расположенные между обоймой подшипника и корпусом опоры. Кроме того, помимо компенсации динамических нагрузок, ГДД могут воспринимать часть статических нагрузок с помощью упругих колец, если они включены в конструкцию. В отличие от экспериментального измерения и численного моделирования, аналитические методы определения жёсткости упругих демпферных колец в основном рассматривают каждый сегмент эластичного кольца как независимый сегмент балки, а затем выполняют векторное сложение каждого сегмента. В данной статье предлагается простой метод оценки на основе усилий, возникающих в прямых балках в сочетании с простым численным методом - методом передачи момента. Модель, используемая для расчета, показана на рисунке 1.

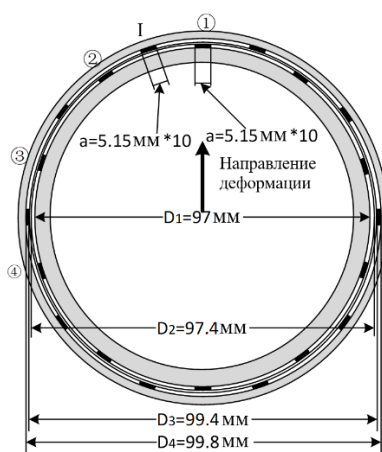


Рисунок 1 – Поперечное сечение демпфера

Внутри и снаружи упругое кольцо имеет по 10 выступов, которые контактируют с внутренними и внешними кольцами, имитирующими элементы опоры. Когда внутреннее кольцо смещается, как показано на рисунке 1, происходит локальное деформирование кольца, выпрямляющее часть кольца. Представим кольцо, как показано на рисунке 2.

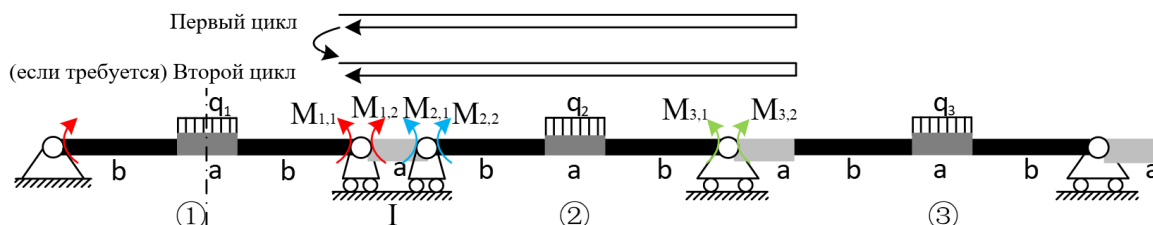


Рисунок 2 – Схематическая диаграмма балочной модели и направление вычисления

Контактное давление рассматривается как распределенная нагрузка, а наличие контактной линии (узел шарнира) между корпусом и внешним кольцом было получено при исследовании численной модели в среде ANSYS. Каждый участок балки сначала рассчитывается независимо, за исключением внешнего опорного узла, который является

шарниром, и других опорных узлов, которые являются жесткими соединениями [1]. После завершения расчета применяется метод распределения моментов [2]. Ослабляется каждый узел и балансируются изгибающие моменты с обеих сторон каждой опоры по порядку переноса от большой нагрузки к малой нагрузке.

Деформация в направлении, обращенном к внешним поверхностям, моделируется аналогично. Расчетные результаты показывают, что жесткость, полученная с помощью этого метода, на 14% ниже, чем при расчетах ANSYS. Предполагается дальнейшая работа по совершенствованию разработанной модели с учётом имеющихся экспериментальных данных.

### Список литературы

1. Beer F., Johnston E., DeWolf J., Mazurek D. Mechanics of Materials. – 8th ed. 2020.– P. 897.

2. Вэй Пэйцзы. Метод расчета распределения изгибающего момента в конструкции неразрезной фундаментной балки [Текст] // Журнал "Жунхуа Жяньшэ". – 2015. – №6. – С. 90-93. doi:CNKI:SUN:CJJA.0.2015-06-033. (на китайском)

### Сведения об авторах

Ло Чэн, аспирант кафедры КиПДЛА. Область научных интересов: демпфирование колебаний.

Дилигенский Д.С., к.т.н., доцент кафедры инженерной графики. Область научных интересов: демпфирование, гидродинамические демпферы, сопряжённый анализ.

Новиков Д.К.д.т.н., профессор, профессор кафедры КиПДЛА. Область научных интересов: демпфирование колебаний, вибрация, конструкция двигателей, динамика роторов.

### STIFFNESS ESTIMATION METHOD OF SQUEEZE FILM DAMPER ELASTIC RING BASED ON STRAIGHT BEAM MODEL AND METHOD OF MOMENT DISTRIBUTION

Luo Cheng<sup>1</sup>, Diligenskiy D.S., Luo C., Novikov D.K.

<sup>1</sup>Samara University, Samara, Russia, [clpe@mail.nwpu.edu.cn](mailto:clpe@mail.nwpu.edu.cn)

*Keywords: squeeze film damper, elastic ring, method of moment distribution, stiffness*

In the use of aero-engines, vibration is the root cause of most failures and accidents, so vibration reduction design is a necessary component of aero-engine design. At present, the vibration damping structure of aero-engine rotor is mainly elastic support and squeeze film damper between the bearings. In addition to offsetting dynamic loads, squeeze film dampers with elastic rings can also balance part of the static loads with elastic rings. In addition, the elastic ring also limits the eccentricity of the damper. In the past, the method of determining the stiffness of the elastic ring, in addition to the experimental measurement and software numerical simulation, mainly regarded each segment of the elastic ring as an independent beam segment, and then carried out vector superposition of each segment. This paper proposes a simple estimation method based on the force of straight beams combined with a simple numerical method - the moment transfer method. The method is simple and portable.