

УДК 681.8

РАСЧЁТ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЖЁСТКОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕМПФЕРА С УЧЁТОМ ТОРЦОВОЙ ЩЕЛИ

Новиков Д.К.¹, Аксёнов Е.В.², Шляндина Н.С.³

¹Самарский университет, г. Самара, Россия, novikovdk_ssau@mail.ru

²ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, Россия, aksenov@kuznetsov-motors.ru

³Самарский университет, г. Самара, Россия, muddlehaze@gmail.com

Ключевые слова: гидродинамический демпфер, радиальный зазор, торцовая щель, относительная амплитуда, динамическая жёсткость.

В настоящее время считается, что одним из наиболее распространённых способов снижения вибрации в ракетных и авиационных двигателях является применение демпфирующих устройств в опорах. Анализ конструкций различных двигателей показывает, что наибольшее применение получили гидродинамические демпферы (ГДД), которые имеют также динамическую жёсткость, влияющую на динамические характеристики ротора, на них расположенного [1].

Динамическая жёсткость демпфера может определяться по упрощённым моделям «длинного» или «короткого» демпферов [2]. Проведённые в работе расчёты по этим моделям показывают, что жёсткость для короткого ГДД пропорциональна частоте и зависит от относительной амплитуды колебаний $\varepsilon=e/\delta$, где e – размерная величина амплитуды, δ – радиальный зазор в демпфере. Величина ε изменяется от 0 до 1. Если $\varepsilon \leq 0,5$, то динамическая жёсткость изменяется практически линейно. При возрастании ε жёсткость многократно возрастает и при ε стремящемся к единице, динамическая жёсткость стремится к бесконечности, т.е. зависимость становится сильно нелинейной. Жёсткость для длинного демпфера зависит от амплитуды аналогично, но имеет на 1-2 порядка большую величину. Поэтому жёсткость короткого демпфера при небольших амплитудах мала сравнительно с жёсткостью опор и подшипников и её можно не учитывать при расчёте динамики ротора. В случае увеличения амплитуды жёсткость начинает сильно увеличиваться, и её уже необходимо учитывать.

В длинном демпфере жёсткость необходимо учитывать и при небольших амплитудах. Однако длинный демпфер реализуется в опорах авиационных ГТД с помощью различного вида уплотнений [2], которые имеют утечки, что существенно снижает их эффективность. Поэтому в предлагаемой работе проведён анализ влияния на динамическую жёсткость торцовой щели, которая и характеризует утечки. Анализ проведён на основании работы [3]. В результате расчётов показано, что торцовая щель существенно увеличивает динамическую жёсткость короткого ГДД, и она может на некоторых режимах превзойти жёсткость опор и подшипников. Поэтому расчёты динамики ротора нужно вести с учётом динамической жёсткости ГДД.

Список литературы

1. Белоусов, А.И. Теория и проектирование гидродинамических демпферов опор роторов / А.И. Белоусов, В.Б. Балякин, Д.К. Новиков; под ред. А.И. Белоусова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2002. – 335 с.

2. Белоусов, А.И. Гидродинамические демпферы опор роторов турбомашин: учеб. пособие / А.И. Белоусов, Д.К. Новиков, В.Б. Балякин. – Куйбышев: Авиац. ин-т., 1991. – 95 с.

3. Белоусов, А.И. Теория гидродинамических демпферов с цилиндрической и торцовыми щелями / А.И. Белоусов, Д.К. Новиков, И.Д. Эскин // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. – 1981. – №3. – С. 16-22.

Сведения об авторах

Новиков Дмитрий Константинович, д.т.н., профессор, старший научный сотрудник. Область научных интересов: демпфирование колебаний роторов, гидродинамика.

Аксёнов Евгений Вячеславович, инженер, начальник бригады. Область научных интересов: динамика и прочность роторов, демпфирование.

Шляндина Надежда Сергеевна, младший научный сотрудник. Область научных интересов: демпфирование колебаний роторов, гидродинамика.

SQUEEZE FILM DAMPER DYNAMIC STIFFNESS ANALYSIS, TAKING INTO ACCOUNT THE END GAP

Novikov D.K.¹, Aksenov E.V.², Shliandina N.S.³

¹Samara University, Samara, Russia, novikovdk_ssau@mail.ru

²JSC Kuznetsov, Samara, Russia, aksenov@kuznetsov-motors.ru

³Samara University, Samara, Russia, muddlehaze@gmail.com

Keywords: squeeze film damper, dynamic stiffness, end gap, relative eccentricity.

Currently, usage of damping devices is considered to be the one of the most highly used ways of vibration reduction. It is shown by the engine construction analysis, that squeeze film dampers (SFD) is the dampers that are used most often. Nevertheless, the physical processes occurring in SFD are still studied insufficiently. [1].

The dynamic stiffness of the damper is one of the parameters that determine the reliability of the rotor and, thus, the engine as a whole. Nowadays, due to constant increase of engine speeds and, consequently, dynamic loads, rotor reliability is becoming an increasingly important topic for the research [2.3].

The subject of this work is "short" and "long" squeeze film dampers (HDD).

This article proposes an analysis of the dynamic stiffness of a hydrodynamic damper depending on the geometrical parameters of the end gap of the damper and on the rotor speed.

As a result of the calculations, it was found that with an increase of the relative eccentricity ϵ , the dynamic stiffness of the "short" squeeze film damper increases sharply. At the same time, the higher the circumferential speed, the greater is the value of dynamic stiffness and the more significant the changes. The dynamic stiffness of the "long" squeeze film damper changes in the same way, but its value is approximately 1.5-2 times greater.

The results of the analysis of dynamic stiffness will allow having a more accurate approach to the design of squeeze film dampers, as well as the rotor as a whole.