

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОССЕЛЬНЫХ ДЕМПФЕРОВ В ОПОРАХ РОТОРОВ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 В.Б. Балякин, А.В. Лаврин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING OF THROTTLE DAMPERS OF AVIATION ENGINE ROTORS SUPPORTS

Balyakin V.B., Lavrin A.V. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

This article researches on ways of decreasing amplitude vibration and increasing the life of rotor supports. Prospective designs for oil dampers have been presented. Factors that are necessary to be considered during design of oil dampers are also studied.

Работоспособность и ресурс авиационных двигателей в значительной мере зависят от вибрационного состояния. Использование жёстких опор роторов не позволяет обеспечить допустимого уровня вибрации на резонансных режимах и требуемого ресурса работы двигателя. Уменьшение амплитуды колебаний ротора и вибрации статора возможно за счёт использования специальных демпфирующих устройств, различного типа. Каждый тип демпфера имеет свои достоинства и недостатки и, следовательно, рациональные области применения.

Демпферы опор роторов должны обладать следующим основным качествами:

- варьируемыми в широком диапазоне жёсткостью и демпфированием;
- отсутствием износа и стабильностью характеристик;
- возможностью применения в качестве рабочей жидкости смазки или топлива двигателя;
- малыми габаритами и массой;
- размещением в существующих опорах с минимальными доработками.

В опорах роторов современных газотурбинных двигателей нашли широкое применение гидравлические демпферы - дроссельные и гидродинамические, с различными упругими элементами, наиболее полно отвечающие вышеперечисленным требованиям.

Дроссельный демпфер для опор роторов двигателей летательных аппаратов (рис. 1) был впервые разработан сотрудниками ЦИАМ и представлял собой упругое кольцо 1 с выступами 2 по наружному и внутреннему диаметрам, расположенными равномерно со смещением по окружности, установленное между втулкой - вибратором 3 и корпусом 4. На гиб-

ких участках упругого кольца выполнены дросселирующие отверстия 5. Смазка в демпфер подаётся через канал 6.

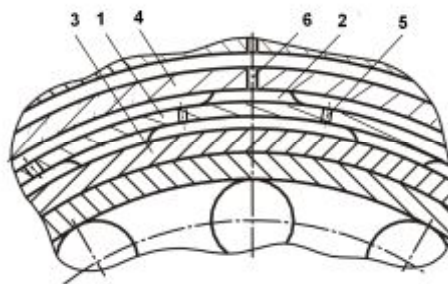


Рис.1. Схема дроссельного демпфера

Позднее в конструкции демпфера, разработанного в СГАУ, дросселирующие каналы стали выполняться не только в виде радиально направленных круглых отверстий малого диаметра 0,3...0,8 мм, но и в виде окружных канавок на выступах. По торцам демпфер уплотнён резиновыми кольцами, поэтому смазка перетекает через отверстия, где дросселируется.

Такие дроссельные демпферы сложны в изготовлении и имеют малый ресурс, так как в упругом элементе типа кольца Аллисона (названного так в честь фирмы «Аллисон», разработчика одноимённого двигателя, где оно впервые было применено) возникают большие напряжения. Наличие в конструкции дросселирующих отверстий и шпоночного паза для фиксации кольца от вращения приводит к появлению усталостных трещин (рис.2).



Рис. 2. Упругое кольцо с дросселирующими канавками

Величина коэффициента демпфирования в устройстве прямо пропорциональна длине дросселирующего канала и перепаду давления, но обратно пропорциональна площади его сечения. В связи с этим работа радиальных дроссельных каналов неэффективна. Во-первых, в статике давление во всех полостях будет равно давлению подачи смазки через питающие отверстия, а в процессе работы, когда втулка - вибратор совершает прецессионное движение, перепад давления между верхней и нижней камерами незначителен, а во вторых длина дросселирующего канала определяется толщиной упругого участка кольца, которая в реальных конструкциях составляет 2...3 мм. Уменьшение диаметра дросселирующего канала для повышения демпфирования нежелательно по технологическим соображениям, а также из-за опасности уменьшения проходного сечения каналов от облитерации и коксования. Увеличение числа дросселирующих каналов путём последовательной постановки нескольких колец Аллисона приведёт к увеличению радиальных габаритов и лишь незначительному увеличению демпфирования, так как в этом случае

$$d_{\Sigma} = (d_1 + d_2) / d_1 d_2.$$

Следовательно, первое направление совершенствования дроссельных демпферов - это переход от радиальных каналов к окружным, которые могут быть выполнены на выступах упругого кольца более протяжёнными (10...15 мм). Причём выполняться каналы 1 и 2 (рис.3) могут не обязательно прямолинейными, но и криволинейными, что позволит увеличить их длину и сопротивление.



Рис.3. Вид криволинейных дросселирующих каналов

Вторым направлением повышения демпфирования можно принять параллельное резервирование, когда несколько дросселирующих каналов 1 выполняются параллельно друг другу (рис. 4). В этом случае суммарный коэффициент демпфирования $d_{\Sigma} = d_1 + d_2 + \dots + d_n$, где d_n - коэффициент демпфирования одного канала.



Рис.4. Схема расположения дросселирующих канавок на выступе кольца Аллисона

При этом поперечная форма каналов может быть различной и определяться технологией изготовления, например механической, электрохимической, лазерной обработкой.

Третьим направлением совершенствования конструкции дроссельных демпферов является повышение технологичности изготовления упругих элементов. Так в СГАУ был разработан и испытан демпфер с выступами на кольце типа Аллисона, выполненными напылением твёрдосплавного материала карбида вольфрама. При этом у выступов получается неструктурированная поверхность, которая образует при установке между втулкой вибратором и корпусом много каналов сложной формы [1].

Более технологичным упругим элементом для дроссельного демпфера является набор металлических лепестков, равномерно расположенных в рабочем зазоре и закреплённых консольно в корпусе (рис.5). В лепестках выполняются дросселирующие каналы различной формы.

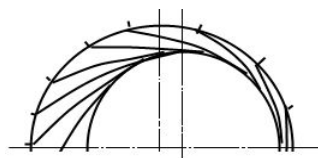


Рис.5. Схема дроссельного демпфера с лепестковыми упругими элементами

Четвёртое направление совершенствования дроссельных демпферов - применение регулируемых дросселирующих элементов. В качестве примера можно привести выступы на упругом кольце выполненные из материала МР, который меняет пористость и сопротивление при увеличении амплитуды колебаний.

Библиографический список

1. А.с. № 1566114 СССР. Демпфер опор /Балякин В.Б., Белоусов А.И., Караблин М.А. (СССР). №4363333/ 25-28; Заявл. 13.01.88; Опул. 23.05.90 БИ №19.