

РАСЧЕТ ДЕМПИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТАРЕЛЬЧАТОГО ДЕМПФЕРА ДЛЯ КОНИЧЕСКОЙ ШЕСТЕРНИ КОРОБКИ ПРИВОДОВ ГТД

Яковкин В. Н.^{1, 2}, Бессчетнов В. А.²

¹ Пермский национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Пермский край, Россия

² ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь, Пермский край, Россия

В эксплуатации газотурбинных двигателей случаются поломки конической шестерни коробки приводов, приводящие к выключению авиационного двигателя в полёте. По результатам исследования одного из таких случаев было установлено, что поломки носят усталостный характер. Как правило, максимальные вибронапряжения возникают по форме колебаний с тремя либо с четырьмя узловыми диаметрами. Отстройка от резонанса, путём изменения геометрии, не представляется возможным для зубчатых колес подобного типа. В качестве решения проблемы было предложено повышение демпирующей способности элемента за счет добавления тарельчатого демпфера сухого трения.

Контактное взаимодействие на поверхностях трения рождает нелинейность задачи, которая обусловлена наличием сухого трения (Кулоновского трения).

Современные расчетные пакеты позволяют учесть нелинейное контактное взаимодействие полноразмерных моделей. Однако контактные задачи, в которых рассматриваются вынужденные или затухающие колебания, по-прежнему требует большого вычислительного ресурса. Поэтому в работе основной упор сделан на применение методов, позволяющих за короткий промежуток времени оценить демпирующую способность конструкции, при этом, не нарушив качества расчетного результата.

Для оценки демпирующей способности демпфера были применены следующие методы: метод экспресс оценки и метод вынужденных колебаний в нестационарной постановке. Суть методов заключается в численном определении затраченной работы силы трения за период установившихся колебаний. Реализация методов была проведена в программном комплексе ANSYS.

В результате расчетного исследования был спроектирован демпфер с учетом динамического поведения шестерни: собственная частота колебаний демпфера совпала с собственной частотой колебаний шестерни, а собственная форма колебаний демпфера имела семь узловых диаметров в отличие от шестерни – три узловых. Таким образом, при колебаниях должны возникать большие значения проскальзывания между поверхностями трения. По результатам анализа вынужденных колебаний в нестационарной постановке была подтверждена высокая демпирующая способность данной конструкции демпфера.

Метод вынужденных колебаний учитывал нелинейное контактное взаимодействие, поэтому получение полноценной характеристики демпирующей способности демпфера представляло собой трудоемкую задачу, не смотря на то, что математическая модель содержала ряд упрощений.

Для получения полной зависимости рассеяния энергии от прижатия демпфера был применен метод экспресс оценки, который основан на линейном приближении установившихся вынужденных колебаний. Имитация контактного взаимодействия воспроизводилась за счет использования нормальных и тангенциальных пружин. Тангенциальные пружины имитировали силу трения. Путем варьирования жесткости тангенциальных пружин, воспроизводилось трение о шестерню: малая жесткость не влияла на форму колебаний, большая жесткость пружины приводила к заклиниванию демпфера.

По результатам расчетного исследования демпфера типовой конструкции было определено следующее:

- определена оптимальная сила прижатия демпфера. Сила прижатия зависит от уровня напряжений в шестерне и коэффициента сухого трения (линейный закон);
- оптимальная сила прижатия может иметь значение в несколько тон килограмм силы, поскольку коэффициент трения в масляных средах очень низкий;
- чем жестче демпфер, тем выше его демпирующая способность и тем выше оптимальная сила прижатия;
- при малом уровне прижатия демпферы различных жесткостей имеют одинаковую демпирующую способность;

В целом по расчетным исследованиям демпирующей способности можно сделать следующие выводы:

- типовые демпферы тарельчатого типа имеют высокий потенциал демпфирования. В основном это связано с тем, что контактная зона трения находится вблизи максимальной амплитуды перемещений шестерни. Не маловажное значение имеет и податливость самой шестерни: чем выше податливость шестерни, тем выше демпфирование можно будет осуществить;
- применение демпфера, спроектированного с учетом динамического поведения, может быть полезно в случаях, когда есть ограничения по силе прижатия типового демпфера.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования типового демпфера в составе с шестерней на авиационном двигателе. По предварительным данным результаты экспресс оценки качественно согласуются с результатами экспериментальных работ.