

ПОДХОДЫ К ИСКЛЮЧЕНИЮ АНТИВИБРАЦИОННЫХ ПОЛОК РАБОЧИХ КОЛЕС ЛОПАТОК КОМПРЕССОРОВ ГТД

Попов Г. М., Кривцов А. В., Шкловец А. О.

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет), Самара, Россия

В ряде газотурбинных двигателей в лопатках рабочих колёс (РК) компрессоров, расположенных перед стойками опоры, отмечаются высокие переменные напряжения, приводящие к их поломке. Для борьбы с данными напряжениями используются антивибрационные полки. Однако их применение снижает КПД компрессора, а также ведёт к снижению ресурса узла из-за износа контактных поверхностей. Применение же специализированного профилирования для лопаток РК, например, т.н. профиля Шварова, не всегда позволяет снизить уровень опасных напряжений. При этом необходимо помнить, что их источником является окружная неравномерность потока, вызванная обтеканием массивных стоек опоры. В данной работе исследуются подходы к снижению окружной неравномерности за счёт использования в направляющем аппарате (НА) лопаток с различными углами установки.

Объектом исследования в данной работе является компрессор газотурбинного двигателя с расположенной за ним опорой. 5 НА данного компрессора в штатном исполнении состоит из одинаковых равномерно расположенных по окружности лопаток. Для определения окружной неравномерности потока, вызванной средней опорой, была создана расчётная модель, состоящая из лопаточных венцов четвертого НА, пятого РК и НА пятой ступени компрессора среднего давления (КСД), а также средней опоры и входного направляющего аппарата компрессора высокого давления (КВД). Необходимо отметить, что все лопаточные венцы моделировались не одним межлопаточным каналом, а полной моделью проточной части по окружности. Суммарное количество элементов сетки составило 40 млн.

При моделировании в качестве граничных условий использовались эпюры распределения по высоте проточной части полного давления, полной температуры и углов потока, полученные из расчёта секторной модели КСД. В качестве интерфейса между доменами использовался интерфейс без осреднения параметров потока в окружном направлении.

В результате расчёта были определены поля распределения давления по поверхности всех лопаток 5 РК, которые затем использовались для расчёта переменных напряжений в них, а также построен график изменения давления в окружном направлении на среднем диаметре в сечении за РК5. На данном графике можно чётко выделить 7 пиков давления, которые соответствуют стойкам опоры.

Для снижения окружной неравномерности, вызванной стойками опоры, была проведена серия расчётов, с помощью модели, описанной выше, в которых лопатки 5 НА устанавливались под различными углами для улучшения обтекания стоек опоры. В результате расчётов было получено распределение давления в окружном направлении на среднем диаметре в сечении за РК5.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления Правительства РФ № 218 от 09.04.2010.