

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИСКА КОМПРЕССОРА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОЙ И СВЕРХМНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ.

Н.Г. Бураго¹, А.Б. Журавлев¹, И.С.Никитин², А.А.Шанявский³

¹Москва, ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского

² Москва, МАТИ им. К.Э.Циолковского

³Москва, ГосЦентр безопасности полетов

Keywords: полетный цикл нагружения, высокочастотные колебания, критерии многоосного усталостного нагружения, диск и лопатки компрессора, нелинейные контактные условия, аэродинамические нагрузки, центробежная нагрузка, метод конечных элементов.

Предлагаемое исследование связано с существующей проблемой усталостного разрушения титановых дисков компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) в эксплуатации. Анализ реализованных процессов разрушения показывает, что зарождение и развитие усталостных трещин происходит в зоне контакта диска и лопаток.

Для определения трехмерного напряженно-деформированного состояния (НДС) создана конечноэлементная расчетная модель реальной конструкции диска компрессора ГТД. Проведены расчеты НДС в полетных циклах нагружения (малоцикловая усталость - МЦУ) с учетом центробежных и аэродинамических нагрузок, контактных взаимодействий составляющих элементов (диска, лопаток, фиксирующих штифтов, бандажных полок). Параметры предельного состояния цикла соответствовали скорости полета 200 м/с, частоте вращения 3000 об/мин. Учитывались аэроупругие эффекты, связанные с изменением формы конструкции при ее взаимодействии с набегающим потоком. Получены оценки долговечности в виде предельного безопасного числа полетных циклов нагружения на основе современных моделей многоосного усталостного разрушения по напряженному состоянию, по деформированному состоянию и по накопленной повреждаемости.

Дополнительно исследовался альтернативный механизм усталостного нагружения, связанный с наблюдаемыми высокочастотными осевыми колебаниями бандажных полок (сверхмногоцикловая усталость - СВМУ). Амплитуда колебаний принималась равной ± 1 мм при частоте 3000 об/мин. Также получены оценки долговечности в виде числа вибраций, при котором выполняется критерий разрушения. В отсутствие экспериментально обоснованных моделей многоосной усталости в режиме СВМУ, применялись известные критерии многоосного усталостного разрушения МЦУ. Параметры для них определялись с учетом немногочисленных данных одноосных СВМУ испытаний.

Зоны зарождения усталостного разрушения в обоих случаях близко расположены и приблизительно совпадают с наблюдаемыми при эксплуатации, а интегральная оценка долговечности в реальном времени составляет 20000 – 50000 полетных циклов. Это указывает на альтернативный характер возможных механизмов усталостного разрушения данного элемента компрессора.

Работа выполнена в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.