

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Бураго<sup>1</sup> Н.Г., Журавлев<sup>1</sup> А.Б., Никитин<sup>2</sup> И.С.

<sup>1</sup>*ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлунского, Москва*

<sup>2</sup>*МАТИ им. К.Э. Циолковского, Москва*

В данной работе разработана методика математического моделирования процесса усталостного разрушения элементов авиационных конструкций. Объектом исследования является контактная система диск-лопатки компрессора газотурбинного двигателя Д30, для которой существуют данные наблюдений о сроках зарождения усталостных трещин при эксплуатации.

Для определения трехмерного напряженно-деформированного состояния (НДС) создана конечноэлементная расчетная модель диска компрессора с сопутствующими элементами реальной конструкции. Проведены расчеты НДС в полетных циклах нагружения (малоцикловая усталость) с учетом центробежных и аэродинамических нагрузок, контактных взаимодействий составляющих элементов. Учитывались аэроупругие эффекты, связанные с изменением формы конструкции при ее взаимодействии с набегающим потоком. Определены зоны зарождения усталостных трещин в левом углу паза диска под лопатку, вблизи тыльной части. Получены оценки долговечности диска в полетных циклах нагружения на основе современных моделей многоосного усталостного разрушения по напряженно-деформированному состоянию и по накопленной повреждаемости.

Также получены оценки долговечности, связанные с наблюдаемыми высокочастотными осевыми колебаниями бандажных полок (гигацикловая усталость). В отсутствие экспериментально обоснованных моделей многоосной усталости в данном режиме, применялись известные критерии многоосного малоциклового усталостного разрушения. Параметры для них определялись с учетом немногочисленных данных одноосных гигацикловых 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 возможность альтернативных механизмов усталостного разрушения рассмотренной части конструкции.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, а также проектов РФФИ 12-08-00366-а, 12-08-01260-а.