

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Н.Г. Бурого¹, А.Б. Журавлев¹, И.С. Никитин²

¹ИПМех РАН, ²МАТИ им. К.Э. Циолковского

Рассматриваемая техническая проблема состоит в определении долговечности при эксплуатации диска компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) с системой лопаток, связанных бандажной полкой (рис.1). Лопатки крепятся к диску с помощью замкового соединения «ласточкин хвост» с фиксирующим штифтом на тугой посадке. Бандажная полка имеет технологические разрезы, допускающие взаимные смещения фрагментов в направлении оси вращения.

Сложность расчета рассматриваемого объекта обусловлена необходимостью моделирования реальных условий контакта в замковом соединении диск-лопатка (нелинейное трение) с учетом возможности взаимного проскальзывания контактных поверхностей. Кроме того, анализ долговечности требует детального определения критериев разрушения в потенциально опасной зоне соединения диска и лопаток, размер которой на несколько порядков меньше характерного размера конструкции. Приемлемая для решения поставленной задачи сетка должна обеспечивать размер элементов в зоне концентрации напряжений ~ 0.1 миллиметра при внешнем габарите около 1 метра.

Поскольку при вращении лопатки испытывают значительный изгиб, и, следовательно, бандажная полка сильно смещается относительно диска, конструкция теряет угловую симметрию, и расчет отдельного сектора диска с лопаткой с периодическими условиями невозможен без предварительного численного анализа работы конструкции в целом. Построение же подробной сетки на полномасштабной конструкции приводит к задаче, требующей очень значительных ресурсов ЭВМ и непомерных затрат машинного времени.

Поэтому существенным элементом описываемой методики расчета является переход от анализа конструкции в целом на грубых сетках к рассмотрению фрагмента конструкции – сектора диска с одной лопаткой – на измельченной сетке.

Задачей первого этапа расчета является определение смещений бандажной полки и деформации виртуальных плоскостей раздела секторов. При этом контактные условия и напряжения в концентраторах замкового соединения не играют существенной роли. Этот факт позволяет в качестве условий контакта рассматривать условие полного сцепления, что не требует применения сильного сгущения сетки, о котором говорилось выше.

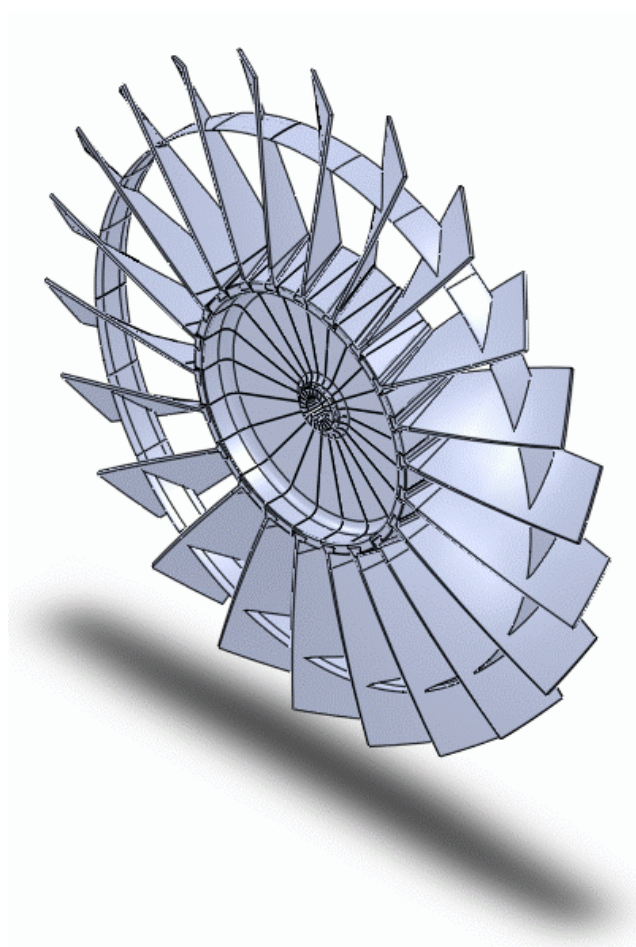


Рис.1

Второй этап расчета выполнялся для отдельного сектора диска с лопаткой при использовании сетки с сильным сгущением (рис.2) в зоне контакта и с учетом реальных контактных условий, допускающих скольжение и отлипание контактных поверхностей. Найденные на первом этапе смещения виртуальных поверхностей раздела секторов использовались при задании граничных условий на поверхностях.

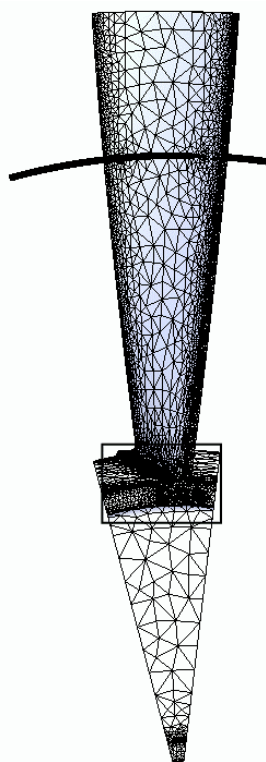


Рис.2

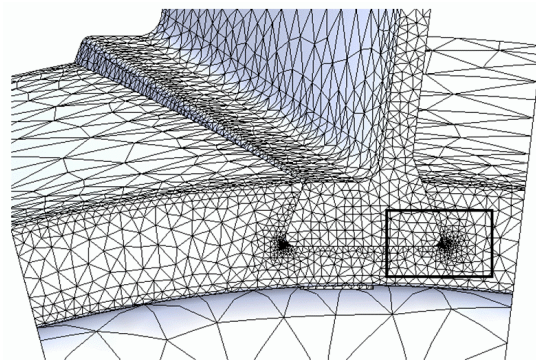


Рис.3

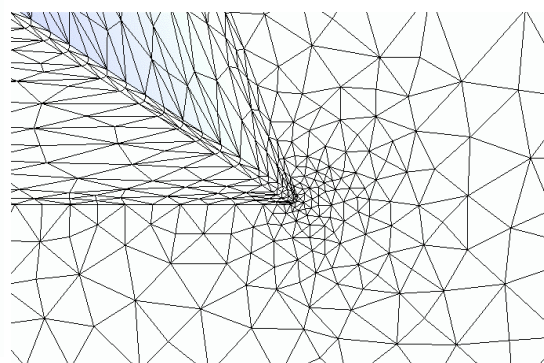


Рис.4

Фрагментация позволила снизить количество элементов до $2 \cdot 10^5$ при сильном сгущении сетки к углам соединения «ласточкин хвост» диска с лопаткой (рис.3,4). Отношение размеров конечных элементов в зоне концентрации напряжений по отношению к размеру сектора диска составлял $\sim 10^{-3}$.

Для создания геометрической модели, генерации сеток и проведения расчетов применялся пакет программ SolidWorks [1].

Расчеты напряженно-деформированного состояния были проведены для условий реальной эксплуатации в полетных циклах нагружения. Предполагалось, что лопатки и бандажная полка выполнены из авиационного алюминия, диск – из высокопрочного титанового сплава. Диск вращается в направлении «по часовой стрелке» со скоростью 3000 об/мин. К лопастям лопаток приложена распределенная аэродинамическая нагрузка, имитирующая воздействие набегающего со скоростью 200 м/с потока воздуха.

Результаты расчетов использовались в качестве входных данных для реализации методики расчета процессов усталостного разрушения и оценки долговечности данного элемента конструкции ГТД [2].

Работа выполнена в рамках проектов РФФИ 12-08-00366-а, 12-08-01260-а.

Список литературы

1. Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. SolidWorks Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб.: БХВ-Петербург. 2005. 799с.
2. Бурого Н.Г., Журавлев А.Б., Никитин И.С. Модели многоосного усталостного разрушения и оценка долговечности элементов конструкций // Изв. РАН, МТТ, 2011. N 6. С. 22-33.

