

**РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ
К МОДЕЛИРОВАНИЮ И ЧИСЛЕННОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЧНОСТИ
ПОЛОЙ ШИРОКОХОРДНОЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА
С УЧЁТОМ ЕЁ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ**

©2016 Д.А. Елизаров, И.А. Селиванов, Д.В. Анохин

Публичное акционерное общество «Кузнецов», г. Самара

**THE DEVELOPMENT OF MODELING APPROACHES AND NUMERICAL STUDY OF THE HOLLOW
WIDE-CHORD FAN BLADE STRENGTH TAKING INTO ACCOUNT ITS TO MODELING AND NUMERICAL
STRUCTURAL ANALYSIS OF A HOLLOW FAN BLADE IN VIEW OF ITS DESIGNING AND MANUFACTURING
PROCESS FEATURES**

Elizarov D.A., Selivanov I.A., Anokhin D.V. (PJSC «Kuznetsov», Samara, Russian Federation)

The paper deals with modeling and numerical strength research of a hollow fan blade. Its constructional and manufacturing process specifics are taken into account. The gained methods are practically applied to evaluate stress-deformed state and eigenmodes of hollow blade sample.

Одной из наиболее приоритетных критических технологий на пути к производству двигателей 5-го поколения является освоение производства облегчённых конструкций широкохордных рабочих лопаток (РЛ) вентилятора. В ходе работы над перспективными изделиями в ПАО «Кузнецов» разрабатываются методы твёрдотельного моделирования и прочностных расчётов таких конструкций. В основе производства современных полых конструкций с наполнителем лежат технологии диффузионной сварки давлением (СД) и сверхпластической формовки (СПФ). В состав заготовки входят три листа, образующие спинку, гофрированный наполнитель и корытце. Толщины листов выбираются в ходе итераций прочностных расчётов и изменяются по высоте лопатки. Применяется круговой замок типа «ласточкин хвост», что позволило уменьшить диаметр диска и его массу, а также повысить жёсткость рабочей лопатки. Для проектировочных расчётов рабочего колеса (РК) с полый РЛ используется предварительная модель диска на основе двухступичной конструкции. При окончательном формировании конструктивного облика РЛ последует окончательная оптимизация конструкции диска по прочностным характеристикам.

Применение вышеописанных конструктивных решений и технологий производства приводят к появлению ряда особенностей процесса твёрдотельного моделирования и прочностных расчётов такой конструкции. Особенностью полых РЛ является

сложность геометрии внутренней полости и наполнителя, формирующейся в результате процессов СПФ/СД. Примерами таких особенностей являются утонение, вплоть до разрыва, образующихся рёбер наполнителя; резкий переход гофрированной части листа наполнителя в плоскую; разнотолщинность, в том числе с переменной толщиной, листов спинки и корыта и т.д., возникновение внутренних концентраторов напряжений.

Для получения твёрдотельных и конечно-элементных (КЭ) моделей такой геометрии может быть применено два принципиально разных подхода:

- 1) САД моделирование «точной» геометрии заготовок рабочей лопатки, а затем проведение средствами специализированных САЕ-пакетов (ANSYS, Deform) моделирования технологических процессов получения конечной формы изделия;
- 2) Моделирование средствами САД и САЕ пакетов моделей конечной формы изделия с использованием ряда допущений описания геометрии произвольной формы, возникающей в результате сверхпластического течения материала.

На текущем этапе освоения расчётов полых рабочих лопаток специалистами ПАО «Кузнецов» используется САД/САЕ моделирование конечной формы изделия с рядом допущений: постоянная заданная толщина гофрированного наполнителя, описание сплайнами мест перехода гофрированной части листа в плоскую, идеальные «аэродинамические» сечения лопатки (без учёта

возможности отклонения сечений в результате неоптимального протекания СПФ).

Данный подход позволяет оценить уровень статического НДС с учётом инерционной и газовой нагрузки, а также собственных частот и форм колебаний изолированной полый лопатки, и провести несколько итераций поиска оптимальной формы профильной части (выносы сечений, толщины спинки и

корыта), а также выполнить нахождение «холодной» геометрии рабочей лопатки. Следующим этапом проведено исследование влияния замковой части лопатки (радиус кривизны, ширина замка, угол рабочей поверхности) на прочностные характеристики и сделаны выводы по влиянию каждого из рассмотренных факторов (рис. 1).

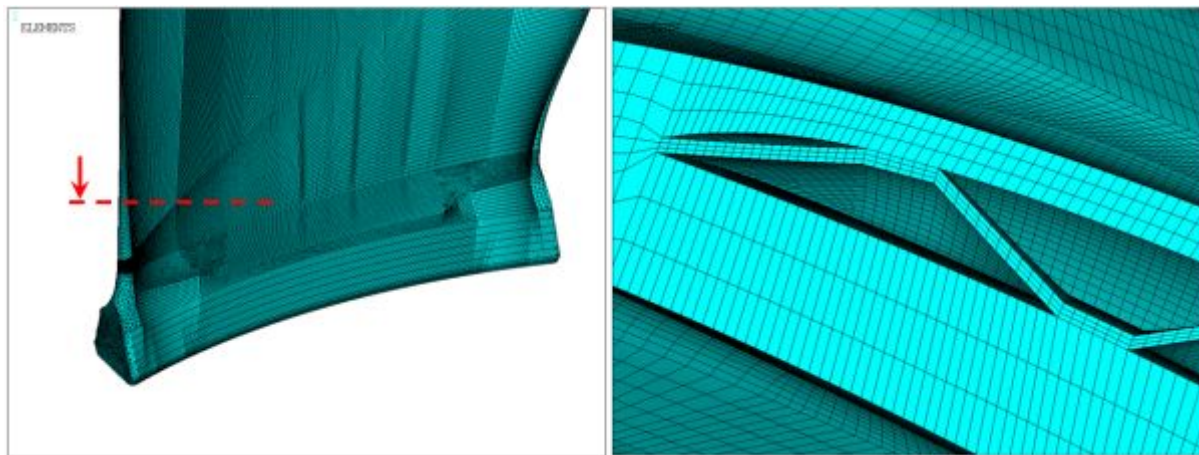


Рис. 1. Вид КЭ сети замковой части и сечения полый РЛ

Заключительным этапом будет являться окончательный выбор значений анализируемых параметров на основе исследованного характера их влияния, оптимизация диска и поверочные расчёты прочности РК. Поверочные расчёты включают, помимо расчётов статического НДС и собственных частот и

форм колебаний, такие дополнительные исследования, как проведение расчётов динамических процессов (обрыв, птичестойкость) полых РЛ с использованием явных решателей, расчёт склонности РЛ к автоколебаниям с использованием энергетического подхода.

УДК 621.9.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С УЧЁТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОДИНЕНИЙ

©2016 М.А. Болотов, И.А. Грачёв

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

STUDING LOCATION INACCURACY DURING GTE PARTS ASSEMBLY TAKING INTO ACCOUNT THE DISCONTINUITY OF THREADED COUPLINGS TORQUE

Bolotov M.A., Grachev I.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper present the study of GTE details location uncertainty under the influence of non-uniformity of fixing efforts. To perform the research has been developed the calculation method. The methodology of calculation incorporated the use of the finite element method. Studt has been carried out on the assembly sample consist of: a shaft, small rigid spacer and a disk. Has been considered dependences of shaft position mutual errors relative to the disk by taking into account the effect of the uneven tightening torque on threaded connections.

Современное производство характеризуется ростом производительности, экономичности и надёжности производимых ма-

шин, повышением точности обработки и сборки изделий. При этом к авиационным двигателям предъявляют требования по