

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРА ЛОПАТКИ ГТД СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА ANSYS

Ермаков А.И., Ткаченко А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Одним из наиболее трудоемких этапов проектирования лопатки ГТД является оптимизация ее по массе, прочности и вибрационным характеристикам. На этом этапе проверяется большое количество возможных вариантов геометрии пера лопатки, отличающихся значениями определенных параметров. Для автоматизации данного процесса в среде конечно-элементного проектирования ANSYS создан макрос, в котором с помощью последовательности операторов языка APDL описано построение конечно-элементной модели пера лопатки.

Предложенная модель позволяет достаточно точно описывать геометрию пера лопатки, в том числе плавное сопряжение заданного радиуса с хвостовиком (или полкой хвостовика) и бандажной полкой, внутренние радиальные полости.

Геометрия модели полностью определяется основными параметрами, значения которых присваиваются соответствующим переменным в тексте макроса.

Основные параметры:

- количество точек на спинке и корытце;
координаты точек сечений;
- количество сечений в пере, в сопряжении с хвостовиком и бандажной полкой;
- радиусы сопряжений с хвостовиком и бандажной полкой;
- углы поворота сечений относительно оси двигателя в меридиональной плоскости, определяющие форму проточной части (рис. 1);
- коэффициенты толщины каждого сечения относительно исходного. Данный коэффициент позволяет масштабировать сечение относительно средней линии (рис. 2);
- при наличии внутренних полостей – коэффициенты, характеризующие размеры полости относительно толщины лопатки;
- выносы центра тяжести периферийного сечения относительно радиальной оси. При этом выносы втулочного сечения равны нулю, выносы остальных определяются по линейному закону (рис. 3);
свойства материала;
- разбиение линий на конечные элементы.

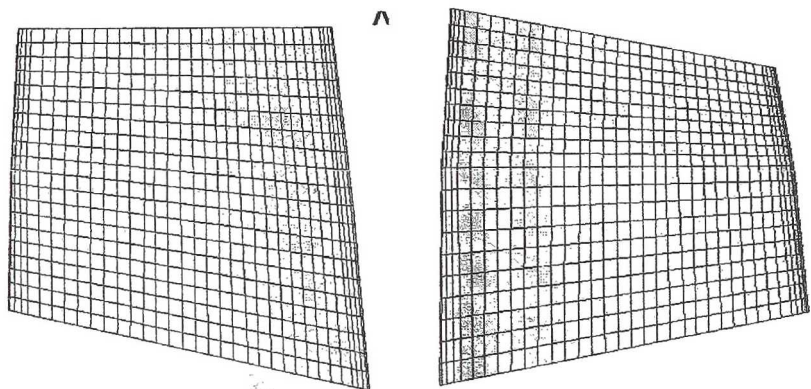


Рис. 1. Влияние углов поворота сечений на форму проточной части

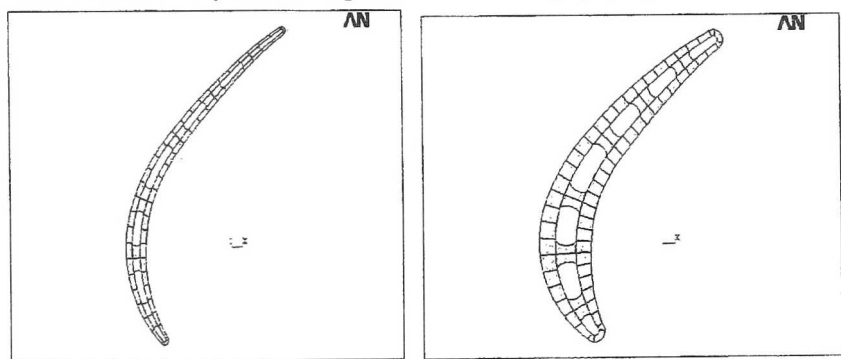


Рис. 2. Влияние коэффициента толщины на толщину профиля

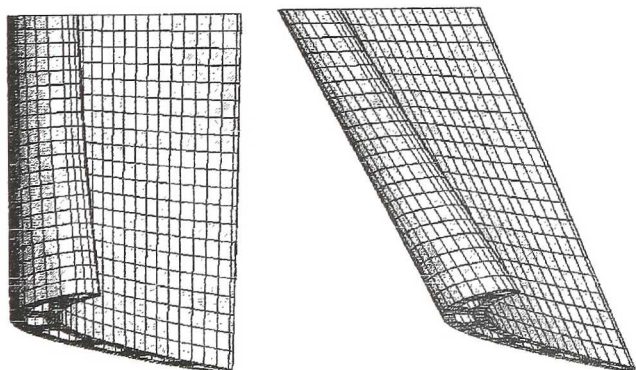


Рис. 3. Влияние выносов центров тяжести сечений на форму лопатки

Отдельно задается порядок формирования геометрии сечения:
 - количество линий, плоскостей в сечениях;

- номера всех точек, линий, поверхностей и объемов;
- порядок соединения линий между собой;
- номера линий, ограничивающих плоскости в сечении;
- номера плоскостей и поверхностей, ограничивающих объема модели пера лопатки.

Таким образом, можно получить различные виды лопаток (рис. 4).

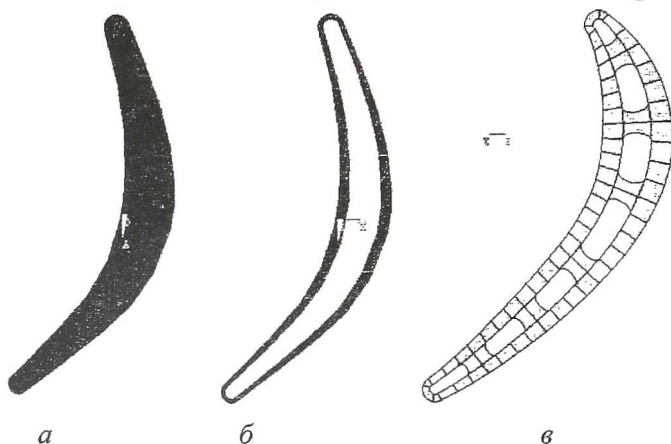


Рис. 4. Различные виды лопаток: сплошная (а), полая (б), с радиальными каналами (в)

После задания основных параметров и геометрии сечений выполняется инвариантная часть макроса, в которой автоматически определяются значения вспомогательных параметров, и осуществляется построение конечно-элементной модели пера лопатки (рис. 5). Эта часть макроса достаточно компактна и не требует исправлений при изменении конфигурации профиля лопатки.

Создание модели выполняется последовательным выполнением следующих операций:

- построение точек во всех сечениях;
- соединение соответствующих точек линиями;
- построение поверхностей, заданием ограничивающих их линий;
- аналогичное построение объемов;
- разбиением объемов на конечные элементы.

Данный способ хотя и является экстенсивным, но наиболее удобен при автоматизации.

Моделирование плавных сопряжений пера с бандажной полкой и хвостовиком – элементов позволяющих значительно повысить точность расчетов напряжений в наиболее опасных участках лопатки – осуществляется путем равномерного размещения по оси нескольких сечений, которые получают масштабированием прилегающих к данным

элементам сечений пера (рис. 6). Коэффициенты масштабирования вычисляются автоматически исходя из заданных параметров (количества сечений в сопряжении и радиуса сопряжения) таким образом, чтобы обводы сечений образовывали плавное сопряжение заданного радиуса. Для построения пера лопатки без какого-либо сопряжения достаточно задать количество сечений и радиус соответствующего сопряжения равным нулю.

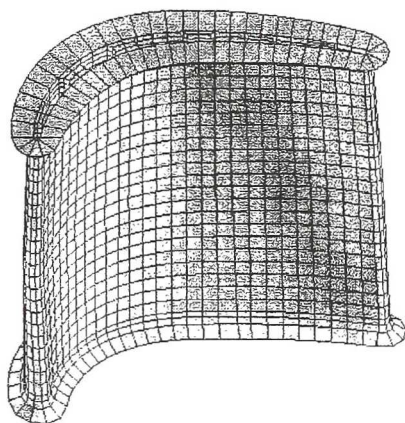


Рис. 5. Конечно-элементная модель пера лопатки

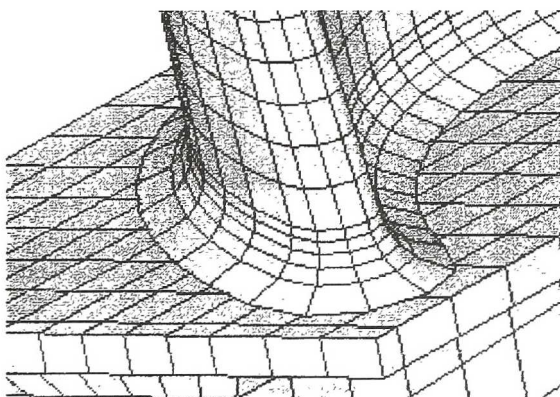


Рис. 6. Плавное сопряжение пера с хвостовиком

Заложенная в макросе концепция построения модели пера лопатки также может быть использована для автоматизированного построения хвостовика, бандажной полки, а также для задания граничных условий, нагрузок, расчета и вывода результатов. Кроме того, она позволяет производить расчеты при автоматическом изменении параметров, что особенно удобно при оптимизационных расчетах.