

УДК 621.165+621.438.001.2

М.В.Петров (5 курс, каф. ТДиУ), В.Н.Садовничий, к.т.н., доц.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ В ПРЯМОТОЧНЫХ ДВУХСТОРОННИХ ЛАБИРИНТОВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ С ОПЫТНЫМИ ДАННЫМИ

Лабиринтовые уплотнения различного типа и конструкции являются основным методом борьбы с протечками рабочего тела в проточной части турбомашин. Расчет расхода протечки основан на экспериментальных данных, полученных на плоских, статических стендах, и проводится с использованием формул, выведенных с допущениями значительно ограничивающими область их применения. Возможности численных методов решения задач газовой динамики позволяют провести расчеты в каналах любой геометрии. Однако широкое внедрение программ, реализующие эти методы, возможно только после детальной апробации.

Задача работы – апробация комплекса программ CFD “FLUENT” для расчета и оптимизации лабиринтовых уплотнений проточных частей турбин. Для решения поставленных задач, в качестве эталонных экспериментальных данных по лабиринтовым уплотнениям были выбраны результаты исследований ЦКТИ [1,2], как наиболее полные и детально опубликованные.

Расчет протечек через лабиринтовые уплотнения обычно производится по методике ЦКТИ им. И.И. Ползунова. Методика базируется на теоретических и экспериментальных работах В.Г. Орлика и позволяет учесть число дросселей, наклон, форму и остроту кромок гребней, а также размеры уплотнительных камер. В основу методики положена приближенная формула А. Стодолы:

$$G_y = \alpha_0 \xi f_0 ((P_0^2 - P^2)/(ZP_0 v_0))^{1/2},$$

где α_0 - коэффициент расхода данного типа уплотнения; $f_0 = \pi D \delta_0$ – расчетная площадь зазора; $\delta_0 = \beta[\delta + r(1 - \cos\theta_0)]$ – расчетный зазор; δ - фактический зазор; θ_0 – угол наклона и радиус кромки r ; β - поправка на относительную толщину кромки гребня b/δ ; P_0 и v_0 – давление и удельный объем среды перед уплотнением; P - давление среды за последним дросселем; Z – количество зазоров в уплотнении; ξ - коэффициент, учитывающий (при $Z < 8$) отличие условий обтекания крайних зазоров.

Проведены расчеты прямоточного уплотнения, исследованного в ЦКТИ с $\delta = 2,3$ мм., $b = 0,3$, $\delta_0 = 2,5$, радиальный просвет $\sigma = 0,2$, $t = 0,5$, $t = 2,5$ и $h = 2$, $t = 5$ мм. Это соответствует расчетной длине струи $l = \pi t/2$ и относительному зазору $\bar{\delta}_0 = \delta_0/l = 2/\pi = 0,64$ ($\delta_0 = t$). Тогда при $\theta_0 = 180^\circ$, значение коэффициента расхода полученное в опытах ЦКТИ равно 0,217 [1]. В расчетах с погрешностью 5% получено значение $\alpha_0 = 0,22$.

Выводы. Программный комплекс FLUENT 5 для численного анализа задач газовой динамики обеспечивает получение достоверных результатов по расходным характеристикам лабиринтовых уплотнений произвольной геометрии. Поскольку существующие полуэмпирические методики расчета не учитывают всех факторов влияющих на расход протечки, этот комплекс в настоящее время является наиболее надежным инструментом для оптимизации геометрии уплотнений турбинных ступеней. Характер течения в исследованном диапазоне

скоростей потока в лабиринтовых уплотнениях наиболее соответствует ламинарной модели вязкости сжимаемого идеального газа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Орлик В.Н. Уточненная теория и расчет лабиринтных уплотнений турбомашин // Энергомашиностроение.- 1977.- № 9.- С. 10 - 12.
2. Орлик В.Н., Резник Л.Б. Новый тип лабиринтовых уплотнений для турбомашин // Энергомашиностроение.- 1978.- № 5.- С. 6 - 9.