

АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОГО СЖИМАЕМОГО ГАЗА В СТУПЕНИ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ANSYS CFX

Развитие вычислительной техники обуславливает возможность проведения численного эксперимента как совокупность экспериментального и теоретического способов исследования течения. Достоинством численного эксперимента являются полнота получаемой информации, меньшая стоимость по сравнению с полномасштабным экспериментом, высокая скорость получения результатов. Однако существует и ряд недостатков, главный из которых заключается в базировании численного метода на различных уравнениях. В связи с этим, необходимо провести множество тестов, чтобы убедиться в том, что пакеты численного моделирования газодинамических процессов (CFD) способны предоставлять результаты, соответствующие действительному характеру течения. Кафедра компрессорной, вакуумной и холодильной техники уделяет данному вопросу большое внимание. Полномасштабные эксперименты, множество которых было проведено сотрудниками кафедры, начиная с 50-х годов прошлого века, численно моделируются в CFD-пакете ANSYS CFX.

В настоящей работе исследование течения вязкого трехмерного сжимаемого газа разделено на две независимые друг от друга части: исследование течения в неподвижных элементах ступени центробежного компрессора (ЦК) и исследование течения в рабочем колесе ЦК. Первая часть работы была выполнена и успешно защищена Лаптевой Д.А.

Объектами исследования в данной работе были выбраны элементы ступени ЦК 048 с безлопаточным диффузором ($\Phi_p = 0,048$). При исследовании течения газа в неподвижных элементах, проточная часть состояла из безлопаточного диффузора (БЛД), поворотного колена (ПК) и обратно-направляющего аппарата (ОНА). При исследовании течения газа в рабочем колесе – входного патрубка, рабочего колеса (РК) и БЛД. Ввиду осесимметричности задачи при моделировании обтекания потоком лопаточного аппарата рассматривалось обтекание одной лопатки, т.е. сектор с углом $16^{\circ}22'$, в случае течения в неподвижных элементах, и сектор с углом $32^{\circ}44'$, в случае течения в рабочем колесе. Для каждого объекта исследования проводилось моделирование 6 режимов работы в зависимости от величины массового расхода газа, протекающего через соответствующие элементы. На рис. 1 показаны линии тока газа в радиальной плоскости ОНА на нерасчетном режиме.

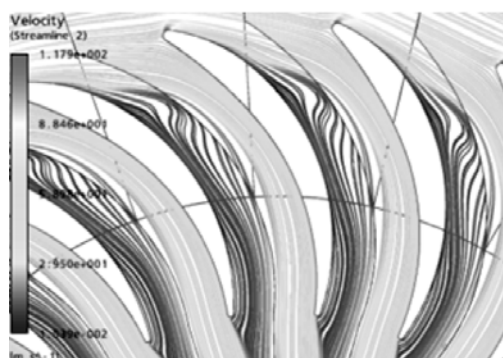


Рис. 1. Линии тока в ОНА на нерасчетном режиме

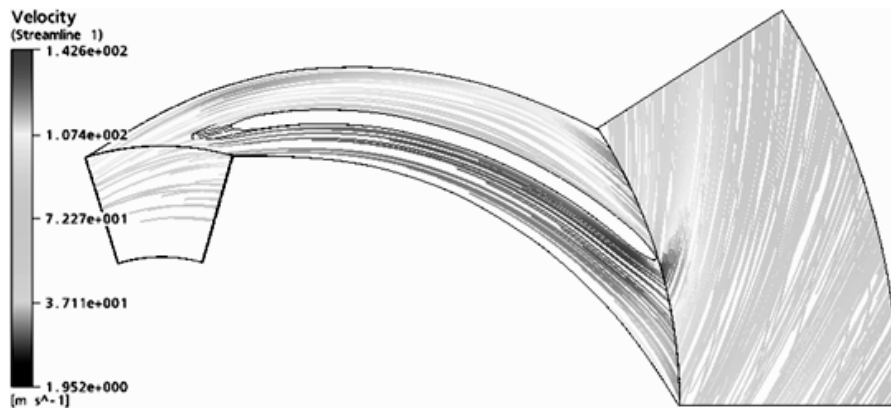


Рис. 2. Линии тока в РК и БЛД на расчетном режиме

Здесь имеет место образование и развитие отрыва на выпуклой стороне лопатки – одного из основных источников потерь.

На рис. 2 представлены линии тока в РК и БЛД на расчетном режиме, построенные на плоскости, проходящей через среднюю линию лопатки рабочего колеса. Имеет место безударное обтекание потоком профиля лопатки.

Полученные картины течения газа в неподвижных элементах и в рабочем колесе с помощью программы ANSYS CFX качественно схожи с экспериментальными.

По результатам расчетов течения газа в неподвижных элементах была построена зависимость коэффициента потерь ζ от режима работы (рис. 3, а). Определенные в результате эксперимента и расчета коэффициенты потерь носят схожий характер. Расхождение результатов, полученных с помощью ANSYS CFX от экспериментальных на режиме, близком к расчетному (режим 2), незначительно и составляет 1,7 %.

В результате исследования течения газа в рабочем колесе был построен график зависимости политропного КПД рабочего колеса от режима работы (рис. 3, б). В области расчетных режимов расхождение значений политропного КПД, рассчитанного по программе ANSYS CFX, от экспериментального, составляет 0,74 %.

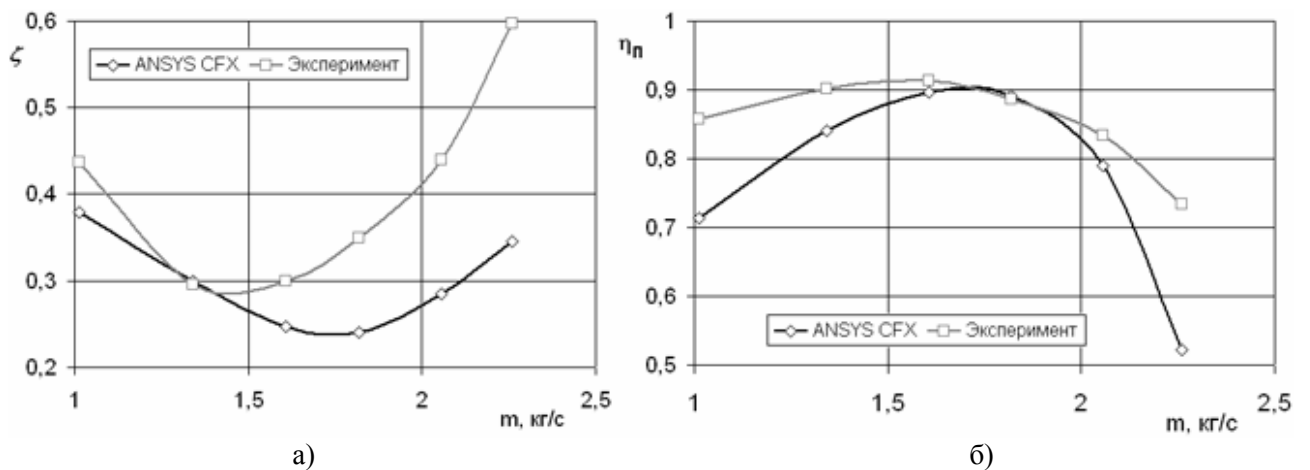


Рис. 3. Зависимость коэффициента потерь ζ (а) и политропного КПД η_{II} (б) от режима работы

В будущем планируется объединить две представленные работы и исследовать течение вязкого сжимаемого газа во всей ступени ЦК.