

УДК 621.515.001

Д.М.Гамбургер, А.А.Софронова (5 курс, каф. КВХТ),  
Ю.Б.Галёркин, д.т.н., проф., А.Ю.Прокофьев, к.т.н., доц.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА FLUENT ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА В ДВУХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Кафедра компрессорной, вакуумной и холодильной техники (кафедра КВХТ) уже несколько десятков лет занимается исследованием и проектированием различных компрессоров как динамического, так и объёмного действия. Особых успехов кафедра достигла в исследованиях центробежных компрессоров. Благодаря большому практическому опыту и значительной теоретической базе, кафедра создала ряд компьютерных программ для моделирования компрессоров.

Появление программных пакетов для моделирования и расчета течения вязкого газа, также заинтересовало кафедру в использовании их для моделирования течения в проточной части компрессоров. В данное время кафедра использует программный пакет FLUENT. Ранее в нём уже были проведены несколько работ по трёхмерному моделированию течения в проточной части центробежного компрессора. Полученные результаты были сопоставлены с экспериментальными. Количественная сторона результатов программы зачастую не внушает доверия, так как их расхождение с экспериментом, проведённым на кафедре, в ряде случаев достигает 15 %. Но в то же время имеются и удачные примеры. При расчёте всасывающей камеры, рассчитанный коэффициент потерь камеры совпал с экспериментально измеренным с точностью до 4 %. Качественно результаты расчёта достаточно точно соответствуют действительности для неподвижных элементов ступени. Проблемы возникают только при расчёте рабочих колёс. На максимальном расходе FLUENT показывает зону отрыва на передней стороне лопатки рабочего колеса, что противоречит проведённым на кафедре экспериментам.

В любом случае, опыт выполненных работ показывает, что расчёты трёхмерных задач требуют больших вычислительных ресурсов процессора и значительного времени. Это не позволяет проводить оптимизацию проточных частей в трёхмерной постановке. При двумерных расчётах размерность сетки значительно меньше, что в десятки раз уменьшает время расчёта. Следовательно, переход к двумерной постановке позволяет в достаточно короткий срок рассчитать несколько альтернативных вариантов проточной части и выбрать наилучший.

На основании выше сказанного, в настоящей работе выполняется расчёт течения в поворотном колене центробежного компрессора в двумерной осесимметричной постановке. Течение газа в поворотном колене моделируется в меридиональной плоскости. Построена модель изначально заданной, реально существующей, проточной части и проведены расчеты течения в ней на различных режимах работы компрессора.

На рис. 1 представлен результат расчёта течения программой FLUENT одного из режимов. Угол потока на входе в поворотное колесо в сечении 4-4 составляет около 44°. Слева на рисунке представлены линии тока. Чётко прослеживается вихревая зона за поворотом на выпуклой поверхности. Эту же картину нам демонстрирует график распределения скоростей по ширине канала в сечении 5-5 (рис. 1, справа). На выпуклой поверхности имеется зона отрицательных значений расходной составляющей скорости, то

есть зона обратного течения. При этом окружная скорость распределена по ширине канала достаточно равномерно. Данное распределение расходной и окружной составляющих скорости означает очень большие изменения угла потока по ширине канала в сечении 5-5. Это ведёт к существенному изменению угла атаки по высоте лопатки обратно-направляющего аппарата, что, в свою очередь, может привести к значительным пикам скорости при обтекании входной кромки лопатки обратно-направляющего аппарата и возникновению зон отрыва на стороне разрежения лопатки.

Таким образом, для обратно-направляющего аппарата, работающего на таком режиме, зона отрыва на выходе из поворотного колена является существенным фактором, снижающим КПД данного элемента проточной части, а следовательно, и всего компрессора.

Для улучшения условий течения в поворотном колене и обратно-направляющем аппарате, следует корректировать форму проточной части. Размер, который в данном случае следует корректировать, это радиус кривизны стенок поворотного колена. Ширина канала в сечениях 4 и 5 чаще всего задана и определяется условием обеспечения оптимальной формы диффузора и обратно-направляющего аппарата. Изменение этих параметров может улучшить условие течения в поворотном колене, но снизить эффективность диффузора и обратно-направляющего аппарата.

Сейчас ведутся работы по построению нескольких вариантов скорректированной проточной части и расчёта течения в них с целью поиска оптимальной конструкции поворотного колена, обеспечивающей минимум потерь в самом колене и более равномерное распределение скоростей на входе в обратно-направляющий аппарат.

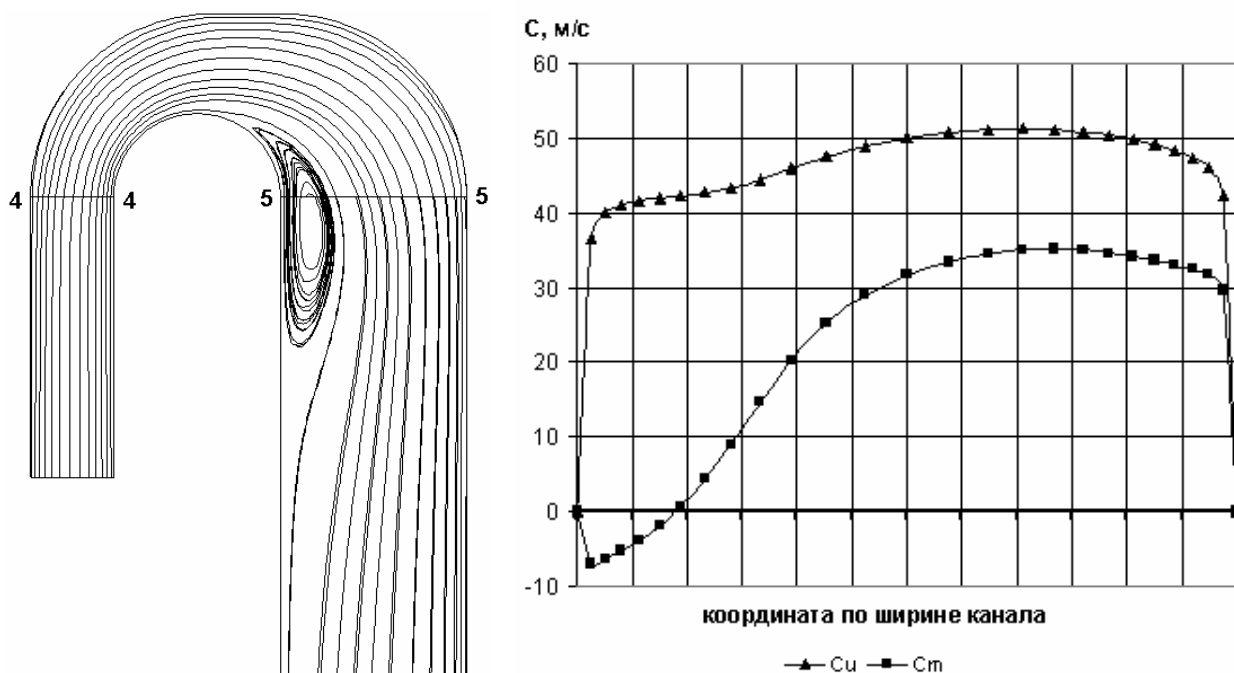


Рис. 1. Структура течения в поворотном колене: слева - линии тока в поворотном колене; справа – распределение окружной и радиальной составляющих скорости в сечении 5-5.

Ведутся также аналогичные работы по расчёту более сложных элементов проточной части компрессора, таких как лопаточные решётки обратно-направляющего аппарата и диффузора. Течение газа в этих элементах моделируется в радиальной плоскости. Рассматривается обтекание только одной лопатки, так как картина течения носит периодический характер. Целью расчёта является выявление различных негативных эффектов, таких как пики скоростей при обтекании входных кромок лопаток и отрывных зон

на стороне разрежения, с последующей коррекцией геометрии для минимизации этих эффектов.