

УДК 621.515.001

Г.А.Громова (5 курс, каф. КВиХТ),
Ю.Б.Галеркин, д.т.н., проф., А.Ю.Прокофьев, асс.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ FLUENT ДЛЯ РАСЧЁТА ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Кафедра компрессорной, вакуумной и холодильной техники СПбГТУ на протяжении многих десятилетий занимается исследованием самой разнообразной компрессорной техники, включая компрессоры динамического и объёмного действия, и достигла значительных результатов в этой области

При проектировании проточной части необходимо достигнуть двух целей: обеспечить заданное отношение давлений при заданном расходе газа и получить максимально возможный КПД. Проточная часть при этом должна быть спроектирована с учетом ограничений прочностного, технологического или унификационного характера.

Методы проектирования, применявшиеся до появления вычислительной техники, не могли гарантировать достижения упомянутых выше целей, так как правила проектирования носят приближённый и качественный характер. Эксперименты с альтернативными вариантами проточной части являлись обычным способом поиска лучшего решения. Однако высокая стоимость экспериментов и значительные затраты времени на их подготовку и проведение ограничивают число сопоставляемых вариантов настолько, что эту процедуру нельзя рассматривать как процесс оптимизации.

Развитие вычислительной техники сделало возможным применение совершенно новых методов проектирования компрессоров, использование которых ранее не представлялось возможным из-за значительной трудоёмкости расчётов. В последние годы при расчёте и проектировании центробежных компрессоров стали широко использоваться методы математического моделирования газовых течений. Методы математического моделирования позволяют провести количественную оценку совершенства проточной части компрессора, определить его характеристики на различных режимах работы. При этом в отличие от экспериментального способа определения характеристик центробежной ступени, предполагающего значительные финансовые затраты и затраты времени на изготовление модельной ступени, проведение эксперимента, многократной доработки, доводки проточной части для выявления оптимального варианта и повторные эксперименты, метод математического моделирования требует значительно меньших затрат времени и денег.

Есть ещё одно важное преимущество метода математического моделирования по сравнению с экспериментальным методом исследования течения потока в проточной части компрессора. Математический расчёт течения позволяет определить любой параметр потока в любой точке проточной части. Он даёт представление о наличии зон отрыва, распределении скоростей на передней и задней сторонах лопатки рабочего колеса и лопаточного диффузора, о распределении скорости и давления в межлопаточном канале, о профиле скорости по ширине канала в меридиональной плоскости и т.д. Эксперимент не позволяет получать таких подробных данных о структуре потока, так как число точек измерения при проведении эксперимента ограничено, кроме того, в некоторых областях проточной части установка измерительных приборов может быть значительно затруднена или вообще невозможна.

В настоящее время существует целый ряд программ, позволяющих решать задачи расчёта течения потока в проточной части центробежного компрессора. Одной из таких программ является программа FLUENT. Для изучения её возможностей и проверки соответствия результатов расчёта действительной картине течения потока в центробежном рабочем колесе было принято решение выполнить с помощью этой программы пробный расчёт обтекания реально существующего рабочего колеса, характеристики которого известны и сравнить результаты расчёта с результатами эксперимента. Сейчас активно ведутся работы в этом направлении и уже получены первые результаты. Сопоставление результатов расчёта с экспериментальными данными будет проводиться по 3 направлениям:

Во-первых, проводились опыты по визуализации структуры потока в рабочем колесе методом напыления порошкового красителя. Этот метод исследования позволяет выявить наличие отрывных зон на передней и задней сторонах лопатки, на основном и покрывающем дисках рабочего колеса. Сравнение рассчитанной структуры потока с действительной позволит сделать вывод о достоверности полученных с помощью FLUENT результатов.

Во-вторых, на кафедре компрессорной техники проводились измерения параметров потока во вращающемся рабочем колесе в относительном движении. По экспериментальным данным было рассчитано распределение скорости у передней и задней сторон лопатки. Это позволяет провести сравнение расчётного распределения скоростей на сторонах лопатки с действительным распределением, полученным экспериментально. Если результаты расчета будут близки к экспериментальным данным, то программу FLUENT можно будет использовать для расчета скоростей на сторонах лопатки и поиска оптимальной формы лопатки рабочего колеса.

В-третьих, экспериментально были получены характеристики данного рабочего колеса, т.е. значения коэффициента напора, КПД, отношения давлений по статическим параметрам и параметрам торможения на разных режимах работы колеса. Сравнение характеристик, вычисленных с помощью программы FLUENT, с действительными характеристиками, полученными экспериментально, позволит сделать вывод о целесообразности применения программы FLUENT для предсказания характеристик центробежных ступеней, о величине возможного отклонения рассчитанных характеристик от действительных.

На данный момент с помощью программы FLUENT уже был произведен первый пробный расчет течения газа в центробежном колесе. Некоторые результаты данного расчета показаны на рис. 1 и 2.

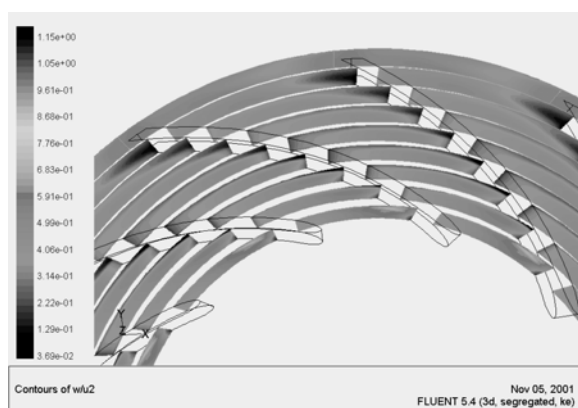


Рис. 1

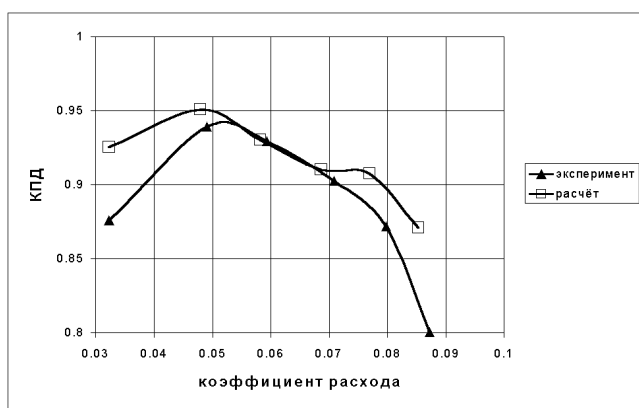


Рис. 2

На рис. 1 показано течение газа в межлопаточном канале. Как видно на задней стороне есть низкоэнергетическая зона, что в целом соответствует физической картине течения. На рис. 2 показана разница между экспериментальными и расчетными значениями КПД колеса при числе Маха по окружной скорости на внешнем диаметре колеса $M_u=0,6$. Точность предсказания характеристик оказалась не удовлетворительной, но это может быть связано не с недостатками программы FLUENT, а с ошибками при выборе модели вязкости, построении расчётной сетки, назначении граничных условий и пр.

Таким образом, первые результаты подтверждают перспективность данного направления работы. Дальнейшая деятельность в этом направлении позволит сделать окончательные выводы о возможности использования программы FLUENT при проектировании центробежных компрессоров.