МЕТОДИКА РАСЧЁТА НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЧЕНИЯ В МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ТУРБОМАШИНАХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ TURBOR&D

Р.А. Загитов, О.В. Маракуева, С.Д. Сальников, **Н.В. Шуваев**
ООО «ИЦ ЧИссл», Санкт-Петербург, n.shuvaev@rescent.ru

При численном моделировании течений в турбомашинах выбору начальных условий обычно уделяется крайне мало внимания и инициализация выполняется средствами CFD-решателя. С учетом того, что, как правило, используются CFD-решатели общего назначения, начальное распределение параметров в основном канале турбомашины может быть достаточно далеко от проектных значений, что может приводить к «развалу» решения при запуске расчётов и повышению времени их выполнения. Данная проблема особенно актуальна при моделировании течений в многоступенчатых турбомашинах.

Многоступенчатая турбомашина представляет собой последовательность венцов статоров и роторов. Решение задачи инициализации течения разделено на две составляющие: а) нахождение интегральных параметров на всех межвенечных интерфейсах и б) нахождение распределений газодинамических полей в узлах расчетной сетки в каждом из венцов по отдельности.

При определении параметров на межвенечных интерфейсах рассматривается квази-одномерное течение совершенного газа. При инициализации течения принята гипотеза об отсутствии потерь полного давления в венцах. В качестве дополнительного параметра у пользователя запрашивается значение полного давления на выходе, что существенно облегчает расчеты.

Течение внутри венца рассматривается как потенциальное течение несжимаемой жидкости, что позволяет обеспечить выравнивание линий тока в соответствии с геометрическими границами расчётной области, включая поверхность лопатки. Если течение внутри венца является потенциальным, то у скорости течения газа имеется некоторый потенциал, что с учетом условия несжимаемости приводит к необходимости решения обыкновенного уравнения Лапласа относительно потенциала скорости.

Граничными условиями на поверхностях лопаток и обводов проточной части являются условия непротекания, что эквивалентно равенству нулю производной от потенциала по нормали к границе.

На входном и выходном сечениях задаются произвольные значения потенциала (например, 0 на входе и 1 на выходе). Таким образом, мы получаем одно из решений класса задач физически подобных друг другу потенциальных обтеканий лопатки газом. Для получения решения изначально поставленной задачи необходимо частное решение смасштабировать по скорости течения и определить остальные параметры потока в узлах расчётной сетки, что выполняется при помощи газодинамических функций.

Однако при описанной выше постановке скорости потока на входе и выходе из венца всегда перпендикулярны межвеченым интерфейсам, а также точки натекания и схода потока с лопатки (критические точки) существенно смещаются относительно их физичного положения. В связи с этим предложена модификация метода с наложением внешнего поля — ещё одного потенциала скорости, соответствующего равномерному потоку под произвольным углом к границе. Комбинация двух внешних полей (для входа и выхода соответственно) с некоторым коэффициентом перехода позволяет обеспечивать одновременно необходимые углы натекания потока на лопатку, правильное положение критических точек и условий непротекания на твердых границах лопатки.

Методика была протестирована на многоступенчатом компрессоре с использованием расчетных комплексов TRD.Solver (Noisette), ANSYS CFX, Numeca FINE / Turbo. Показано влияние начального распределения на устойчивость и сходимость расчетов.

Хорошее начальное приближение приводит к снижению времени счета, что в комбинации с повышенной устойчивостью является крайне желательным при проведении множества расчетов в рамках процедуры параметрической оптимизации.