

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЙ В ОБЛАСТЯХ С ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ

Бойчук И.П., Гринек А.В.

Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск,
boychuk@ieee.org

Ключевые слова: винты, лопаточные профили, расчет течений.

Отыскание решений в областях со сложной геометрией, к которой относятся современные лопаточные профили турбомашин и воздушные винты, является одной из важнейших проблем вычислительной гидродинамики. Большинство методов расчета гидродинамических течений предполагает наличие расчетной сетки, в которой твердые тела отслеживаются с помощью граничных сеточных узлов. Криволинейные границы представляются с помощью структурированных или неструктурированных сеток. Построение качественной сетки само по себе является непростой задачей, решение которой зачастую оформляется в виде отдельного сеточного генератора, при этом качество выполнения этого этапа влияет на точность конечных результатов. В тех случаях, когда твердые тела имеют сложную форму, время построения сетки может быть соизмеримо со временем расчета. В задачах оптимизации геометрии тела, где применяются еще и адаптивные сетки, затраты времени на построение и перестроение сетки могут быть особенно критичны.

Альтернативой методам, основанным на применении адаптивных сеток, являются конечно-разностные методы, которые позволяют получать решения уравнений в геометрически сложных областях на декартовых сетках. Построение декартовых сеток достаточно экономично. Кроме того, методы декартовых сеток дают возможность получения решения задач с подвижными границами и изменением геометрии тела без их многократного перестроения. Основной недостаток такого подхода состоит в трудности аппроксимации достаточно сложных расчетных областей прямоугольными границами. В этом случае декартовы сетки из-за локального вырождения либо не могут быть построены в принципе, либо оказываются далекими от оптимальных, что приводит к большим погрешностям.

Авторами предлагается для моделирования обтекания движущихся тел с криволинейными поверхностями использовать разработанный и проверенный подход для расчета течений в турбомашинах [1], так называемый «метод несущего диска», который заключается в замене турбины при моделировании непрерывным силовым полем.

Рассматривается пространственное течение вязкой сжимаемой жидкости (рис. 1).

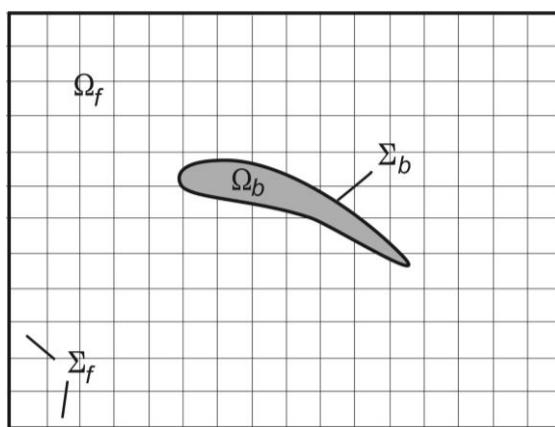


Рис.1 – Геометрия расчетной области:

Ω_f – расчетная область с границей Σ_f , Ω_b – обтекаемое тело с границей Σ_b

Течение описывается системой уравнений, выражающей законы сохранения массы и импульса. Согласно [1], влияние тела Ω_b на поток можно учитывать путем добавления объемной силы $f(x_1, x_2, x_3, t)$ в уравнения движения. Тогда уравнение импульсов приобретает следующий вид:

$$\frac{\partial(\rho w_j)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho w_j w_k)}{\partial x_k} + \frac{\partial p}{\partial x_j} = \delta_{2j} + f_j(x_1, x_2, x_3, t), \quad (1)$$

где w_j – компоненты вектора скорости потока, p – давление, x_j – координаты, ρ – плотность, δ_{2j} – источники импульса. Вместо условия непроницаемости поверхности тела Ω_b вводится непрерывно распределенное по объему силовое поле, эквивалентное исходному в каждый момент времени. Граница области, занятой силовым полем, совпадает с границей рассматриваемого тела Ω_b . Выражение для силы $f(x_1, x_2, x_3, t)$ определяется на основе физических свойств конкретной задачи.

При помощи предложенного модифицированного метода проводилось моделирование работающего в потоке сжимаемой жидкости воздушного винта. Результаты расчета показали хорошее качественное и количественное совпадение с экспериментальными данными.

Список литературы

1. Амброжевич А.В. Численное моделирование теплофизических процессов в двигателестроении. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. 233 с.

Сведения об авторах

Бойчук Игорь Петрович, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник. Область научных интересов: акустика воздушных винтов.

Гринек Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник. Область научных интересов: конструкторско-технологическая подготовка производства.

MODIFIED METHOD OF CALCULATION OF THE FLOWS IN AREAS WITH MOVING BOUNDARIES

Boychuk I.P., Grinek A.V.

Admiral Ushakov State Maritime University, 93 Lenin Avenue, Novorossiysk, Russia,
boychuk@ieec.org

Keywords: rotors, blade profiles, calculation of flows.

The method of calculation of flows in areas with moving boundaries is considered in the article. Solid body in a flow is modeled as a continuously distributed volume force field. The reaction of the flow to a solid is found from the solution of the problem of the interaction of a homogeneous gas flow with a barrier.