

УДК 533.697

М.Ю.Герасимова, А.А.Смирновский (4 курс, каф. ГАД),  
Е.М.Смирнов, д.ф.-м.н., проф.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБТЕКАНИЯ ТУРБИННОЙ РЕШЕТКИ ПРОФИЛЕЙ НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА

Для расчета обтекания произвольной решетки профилей (в том числе и пространственного обтекания) потоком вязкого газа на кафедре гидроаэродинамики СПбГПУ применяются численные методы решения полных уравнений Навье-Стокса. При этом используются неравномерные сетки, сильно сгущенные вблизи профиля, что позволяет разрешить с высокой точностью и течение в пограничном слое. Однако даже расчет обтекания плоской решетки профилей требует значительных затрат времени. Чтобы сократить число итераций при решении уравнений Навье-Стокса, целесообразно использовать в качестве первого приближения поля скоростей и давления, предварительно рассчитанные для плоской решетки на основе модели идеальной несжимаемой жидкости.

Известно несколько методов решения задачи потенциального течения идеальной жидкости через решетку [1]. В настоящей работе использовался численный метод решения интегрального уравнения для определения потенциала скорости на профиле, подробно изложенный в [2]. Суть метода заключается в замене интеграла по контуру профиля конечной суммой и решения системы линейных уравнений относительно потенциала течения в точках профиля. Дополнительным условием для разрешения системы является восходящее к постулату Чаплыгина-Жуковского требование равенства скоростей по обе стороны профиля вблизи выходной кромки малого радиуса. Расчет потенциала в потоке производится с помощью найденных значений потенциала на профиле. Численное дифференцирование поля потенциала позволяет найти скорость в требуемых точках, а применение теоремы Бернулли определяет поле давления.

Была составлена программа для вычисления параметров потока на профиле и в любой точке расчетной области. Программа импортирует сетку, сгенерированную для численного решения уравнений Навье-Стокса. Как следствие, получаемые (за время несколько секунд) поля скорости и давления могут быть непосредственно использованы для инициализации итерационного процесса при решении задачи течения вязкого газа.

Проведенное для тестового случая сопоставление показало, что распределение давления по контуру профиля хорошо соответствует решению аналогичной задачи на основе уравнений Навье-Стокса, всюду, кроме окрестности выходной кромки профиля, последнее объясняется отрывом пограничного слоя от кромки в реальном течении (воспроизводимом в решении по модели вязкой жидкости). Также хорошо согласуются и поля скорости в точках, располагающихся на достаточном удалении от профиля.

Проблемы возникли при расчете потенциала в точках сетки, находящихся на малом расстоянии от профиля, или, другими словами, в той части сетки, которая призвана разрешать пограничный слой в вязком течении. Здесь реализованная методика дает большие погрешности вычисления потенциала и значения скорости. Возникшие трудности можно обойти путем применения линейной интерполяции между значением в достаточно удаленной точке и значением на профиле, оба из которых вычисляются достаточно точно.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Степанов Г.Ю. Гидродинамика решеток турбомашин. – М.: Физматгиз, 1962. – 512 с.
2. Жуковский М. И. Аэродинамический расчет потока в осевых турбомашинах. – Л.: Машиностроение, 1967. – 288 с.