

УДК 533.6

РАСЧЕТ ЛАМИНАРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ОСЕВОМ ОБТЕКАНИИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕЛА

Е.И. Куркин

Научный руководитель – к.т.н., профессор В.Г. Шахов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

Основу модели расчета пограничного слоя составляют три уравнения в частных производных – уравнение неразрывности и уравнения импульсов в окружном и меридиональном направлениях. Уравнение неразрывности удовлетворяется введением функции тока, уравнения импульсов приводятся к безразмерному виду с использованием переменных Блазиуса. В результате перехода к дифференциальным уравнениям первого порядка образуется система пяти нелинейных уравнений в частных производных. Граничными условиями являются условие прилипания жидкости на поверхности тела и совпадение скорости жидкости на внешней границе пограничного слоя со скоростью невязкого обтекания этого тела.

Решение уравнений находится методом сеток с использованием неявной конечно-разностной схемы «прямоугольник». Нелинейность конечно-разностной системы преодолевается путем последовательных приближений решений линеаризованных на каждом шаге сетки уравнений по Ньютону. Каждая итерация последовательных приближений сводится к системе линейных алгебраических уравнений с блочной трехдиагональной матрицей, разрешаемой методом матричной прогонки.

Алгоритм построения модели ламинарного пограничного слоя реализуется программой Vertel в системе MatLab 7.0. На основе определяемой пользователем функции распределения радиуса тела и скорости невязкого обтекания а также величины угловой скорости его осевого вращения программа Vertel рассчитывает профили меридиональных и окружных скоростей и напряжений, фиксирует точку отрыва потока. Задавать априорные функции можно аналитическим выражением или файлом табличных значений, причем шаг определения этих функций может быть выбран переменным. Пользователю доступен удобный графический интерфейс программы, имеется форма построения графиков профилей для визуального анализа решений. Тестирование программы проведено с помощью известного решения для осевого обтекания вращающегося цилиндра.

Программа Vertel применена для исследования ламинарного пограничного слоя при обтекании вращающегося шара. Установлено хорошее соответствие изменения напряжений в осевом и окружном направлениях с результатами Шлихтинга. Найдена зависимость положения точки отрыва от скорости вращения шара. При быстром вращении шара обнаружен «вентиляторный» эффект, произведен его расчет для полутела вращения.