

УДК 531/534.01, 532.5

Н.А.Берковский (асп., каф. общей физики), Д.Г.Арсеньев, д.т.н., проф.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБТЕКАНИЯ РЕШЕТКИ ГАЗОТУРБИННЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОЛУСТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Рассмотрено применение полустатистического метода решения интегральных уравнений [1] к задаче обтекания плоской решетки профилей потенциальным потоком идеальной жидкости.

Дана плоская решетка профилей с шагом t (рис. 1), на которую из бесконечности под заданным углом входа β_1 натекает потенциальный поток идеальной жидкости. Этот поток вытекает из решетки под заданным углом выхода β_2 . Требуется найти абсолютную величину нормированной скорости потока на обводе профилей. Известно [2], что эту скорость можно найти из интегрального уравнения, к которому и применяется полустатистический метод.

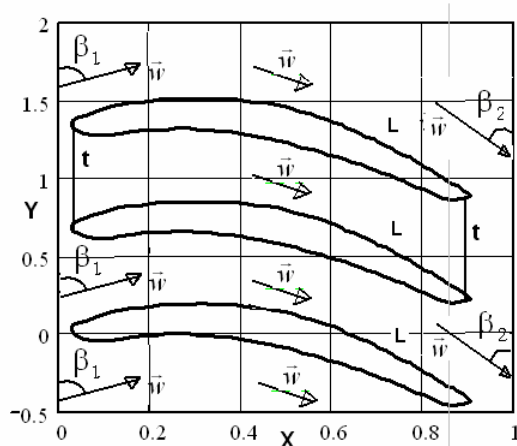


Рис. 1. Решетка профилей.

\vec{w} – вектор скорости потока; t – шаг решетки; β_1 – угол входа потока;
 β_2 – угол выхода потока; L – контур лопатки.

Выяснилось, что на сильно вытянутых реальных профилях на отдельных итерациях метода (приблизительно 5% от общего числа) появляются приближенные решения с очень большой погрешностью, которые не сглаживаются усреднением даже при большом числе итераций. Поэтому необходимо усовершенствование алгоритма: ввод ограничения, которое исключало бы из усредненной суммы приближенных решений те, которые имеют очень большую погрешность (выбросы). Опытным путем установлена закономерность, согласно которой решения с большой погрешностью имеют большую выборочную дисперсию. В программе, результаты работы которой представлены на рис. 2, «отсеиваются» решения с выборочной дисперсией, большей, чем экспериментально найденное число 2.

На рис. 2 приведены результаты вычислений на решетке неохлаждаемых лопаток. Данные по этой решетке взяты из проектов газотурбинных установок. Результаты вычислений полустатистическим методом сравнивались с результатами, полученными методом прямоугольников. Для вычислений были выбраны по 50 равноотстоящих точек на спинке и корыте соответственно. На рис. 2 и рис. 3 переменная m обозначает номер точки наблюдения, w_m – скорость в точке с номером m , вычисленная полустатистическим методом

(300 итераций по 400 генерируемых точек на каждой итерации), w_m – скорость в точке с номером m , вычисленная методом прямоугольников, $|w_m - w1_m|$ – абсолютная погрешность при вычислении скорости в точке с номером m полустатистическим методом по сравнению с методом прямоугольников. Нумерация точек наблюдения начинается с середины выходной кромки против часовой стрелки, т.е. первые 50 точек соответствуют спинке, остальные – корыту профиля лопатки.

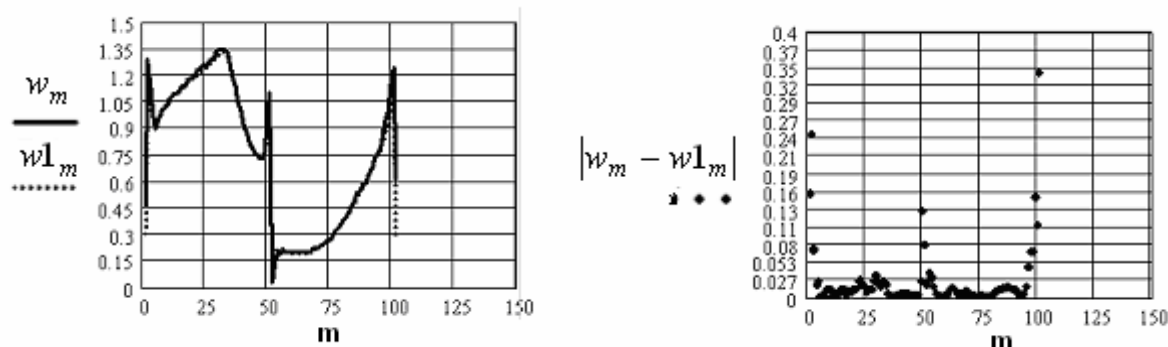


Рис. 2. Графики решений, полученных с отсевом выбросов.

Из рис.2 видно, что погрешности, возникающие при использовании полустатистического метода, существенны только в тех точках, которые лежат на кромках профилей. Эти точки являются маловажными для практических нужд. Надо заметить, что в этих точках ухудшается и сходимость детерминированных методов.

На рис. 3 показаны результаты, получающиеся на той же выборке случайных точек, что и в численном примере из рис. 2., при условии включения в усредняющую сумму *всех* приближенных решений, в том числе и решений с большой погрешностью, то есть, выбросов.

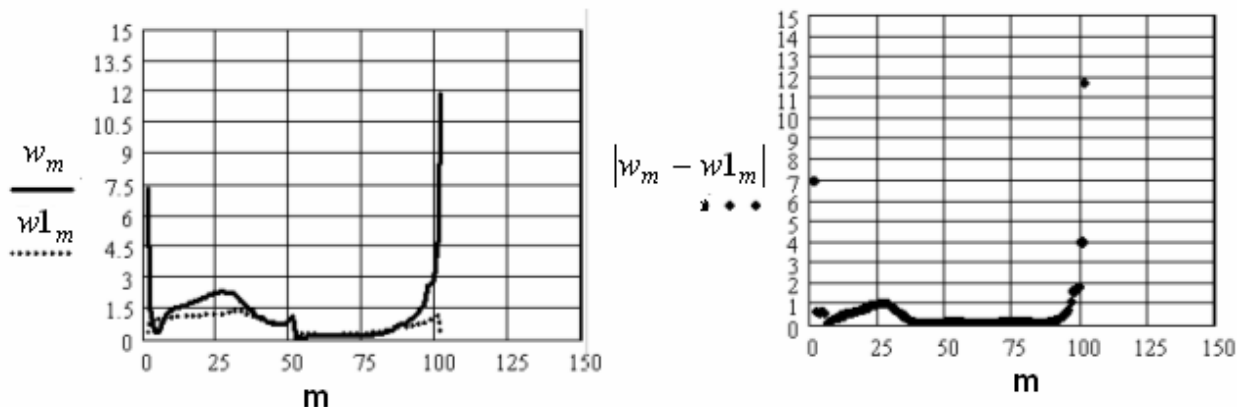


Рис. 3. Графики решений, полученных без удаления выбросов.

Из рис. 3 легко видеть, что результаты, полученные без удаления выбросов из усредняющей суммы, весьма далеки от точных. На менее вытянутых областях это отличие не так разительно.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Арсеньев Д.Г., Иванов В.М., Кульчицкий О.Ю. Адаптивные методы вычислительной математики и механики. Стохастический вариант. СПб.: Наука, 1996. – 366 с.
2. Жуковский М.И. Аэродинамический расчет потока в осевых турбомашинах. Л.: «Машиностроение», 1967. – 285 с.