

УДК 532.517.4

Ф.В.Резник (1 курс, каф. ГАД), А.В.Гарбарук, к.ф.-м.н., доц.

ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ БОЛДУИНА-ЛОМАКСА НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ТУРБУЛЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ТРАНСПОРТЕРЕ

Проблема моделирования турбулентных течений является одной из наиболее актуальных проблем механики жидкости и газа. Существующие модели турбулентности в связи с незамкнутостью системы уравнений, описывающих процессы переноса в турбулентных потоках, по необходимости являются полуэмпирическими, т.е. базирующимися на использовании опытных данных. Среди достаточно многочисленных моделей, использующих алгебраические соотношения для замыкания уравнений для первых моментов, модель Болдуина-Ломакса [1] выделяется возможностью применения к расчету сложных трехмерных течений.

Выбранное для тестирования течение на транспортере характеризуется переходом от неподвижной поверхности к подвижной, т.е. резким изменением граничных условий. Образующийся на транспортере турбулентный пограничный слой представляется достаточно сложным для моделирования течением, в котором существенную роль играют «эффекты памяти». Оценка возможностей модели Болдуина-Ломакса для описания течений с «эффектами памяти» (релаксацией) составляли основную цель проведенного исследования. Для сравнения результатов расчета с опытными данными была использована работа [2]. Условия эксперимента следующие: поток воздуха, выходящий из аэродинамической трубы со скоростью $U_e=6.0$ м/с, попадал на плоскую пластину, где развивался турбулентный пограничный слой. На расстоянии 1.79 м от начала пластины в нее был вмонтирован транспортер длиной 0.508 м, движущийся со скоростью $U_w=0.66U_e$ м/с.

Для решения системы уравнений турбулентного пограничного слоя [3], замкнутых с помощью модели Болдуина-Ломакса, использовалась неявная, двухслойная, маршевая по x схема первого порядка точности по x и второго по y. Для преодоления нелинейностей на каждом слое по x применялась итерационная процедура. Расчетная область представляла собой прямоугольник (4.79мЧ0.3м), при этом сетка имела сгущение к стенке.

Проведенные численные эксперименты показали, что модель турбулентности Болдуина-Ломакса хорошо предсказывает такие интегральные характеристики потока как толщина потери импульса δ^{**} , толщина вытеснения δ^* , формпараметр $H=\delta^*/\delta^{**}$ (точность в пределах 1-2%). Расчетные профили осредненной скорости также довольно хорошо совпадают с экспериментальными. Наибольшие расхождения наблюдаются для касательного напряжения трения на стенке. Это, скорее всего, связано с тем, что модель генерирует заниженную турбулентную вязкость и, как следствие, расчетное поле течения дольше сохраняет «память» о распределении скоростей в области до транспортера, чем экспериментальное. В частности, из распределения коэффициента трения на стенке видно, что в эксперименте переход его значения через ноль происходит на существенно меньшем расстоянии от начала транспортера, чем в расчете.

Выводы. Модель Болдуина-Ломакса является вполне пригодной для проведения инженерных расчетов сложных течений, если требуемая точность не превышает 10-15%.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Baldwin B., Lomax H. Thin-layer approximation and algebraic model for separated turbulent flows // AIAA paper-257, 1978.
2. Hamelin J., Alving A.E. A low-shear turbulent boundary layer // Physics of Fluids, 1996, Vol. 8, No. 3, pp.789-804.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, изд. 3-е.– М.: Наука, 1970, стр. 755-783.