XXXI Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. II: С. 55-57, 2003.
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2003.

УДК 621.224.7

А.А.Помысов (асп., каф. гидромашин), Г.И.Топаж, д.т.н., проф.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ В STAR-CD ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ В ИЗОГНУТЫХ ДИФФУЗОРНЫХ КАНАЛАХ

В последние годы для детального исследования течения вязкой жидкости в гидромашинах все чаще применяются современные программные продукты, позволяющие кинематику потока и потери энергии в сложных трехмерных каналах элементов проточной части.

Целью данной работы является оценка точности результатов расчетов течений несжимаемой жидкости, получаемых с помощью известного коммерческого программного продукта Star-CD.

С этой целью были выбраны объекты с достаточно простой геометрией для которых существуют аналитические решения или апробированные инженерные расчетные методики. В частности, в данной работе выполнено исследование ламинарного и турбулентного потока в круглой трубе постоянного сечения, а также турбулентного течения в колене с поворотом на 90 градусов.

Для расчета ламинарного течения несжимаемой жидкости в трубе была использована ортогональная радиальная расчетная сетка с различным законом расположения узлов в радиальном направлении: равномерным и со сгущением к стенке. Первоначально задавалось равномерное распределение осевой скорости $W_{ср}$ =Const на входе в трубу. Во всех расчетах получены результаты, согласующиеся с устоявшимися методиками: в выходном сечении наблюдался профиль Пуазейля осевой компоненты скорости с максимальным значением скорости $2W_{ср}$ на оси трубы. Известно, что в данном случае коэффициент сопротивления круглой трубы равен $\lambda_{теор} = 64/Re$. В расчетах число Рейнольдса $Re = DW_{ср}/\nu = 1000$, где D – диаметр трубы, ν – кинематический коэффициент вязкости. Следовательно, $\lambda_{теор} = 0{,}064$. Расчетное значение коэффициента сопротивления трубы определяется по формуле [1]:

$$\lambda_{расч} = \frac{\Delta p}{\frac{L}{D} \bullet \frac{\rho W_{ср}^2}{2}}$$

где Δp - разность полных давлений во входном и выходном сечениях, L и D – длина и диаметр трубы, $\frac{\rho W_{ср}^2}{2}$ - средний скоростной напор во входном сечении. Исследования показали, что расчетное значение коэффициента сопротивления зависит от граничных условий на входе. При постоянном распределении расходной компоненты скорости коэффициент сопротивления равен $\lambda_{расч} = 0{,}1077$. В то же время, если во входном сечении задать профиль Пуазейля, то $\lambda_{расч} = 0{,}0652$. Различие результатов связано, очевидно, с тем, что в первом случае часть энергии расходуется на перестройку течения.

Далее было исследовано турбулентное течение несжимаемой вязкой жидкости в трубе. По известной формуле для гладких труб [1], теоретический коэффициент сопротивления в этом случае равен:

$$\lambda_{теор} = \frac{1}{(1.8\lg \mathrm{Re} - 1.64)^2} = 0.0119$$

В расчете использовалась стандартная k-ε-модель турбулентности для больших чисел Рейнольдса. Расчетный коэффициент сопротивления при этом режиме течения также зависит от условий во входном сечении. При задании постоянных значений компонент скорости и параметров турбулентности во входном сечении трубы расчетное значение коэффициента сопротивления равно $\lambda_{расч} = 0{,}0129$. При задании на входе переменных параметров потока, (полученных в выходном сечении из предыдущего расчета турбулентного течения в трубе),

величина расчетного коэффициента сопротивления равна $\lambda_{расч}$=0,0115, то есть лучше согласуется с теоретическим значением.

Аналогичные исследования были выполнены для колена постоянного поперечного сечения с поворотом на 90°. Радиус дуги оси колена равен диаметру сечения трубы. Также при решении задачи рассматривалась ортогональная радиальная сетка, k-ε-модель турбулентности для больших чисел Рейнольдса, параметры на входе задавались из результатов расчета турбулентного течения в трубе. В данном случае была выполнена оценка точности определения коэффициента сопротивления: $\zeta = \dfrac{\Delta p}{\dfrac{\rho W_{cp}^2}{2}}$. Теоретическое значение $\zeta_{теор}$ для указанных выше условий равно $\zeta_{теор}$ = 0.0334. Расчетное значение коэффициента сопротивления $\zeta_{расч}$=0.0325 практически совпадает с теоретическим.

Выводы: В рассмотренных вариантах течений различия между теоретическим и расчетным значениями коэффициента сопротивления составляют величину порядка 3÷6%. Учитывая, что погрешность формул, использованных для определения теоретических значений коэффициента сопротивления, составляет величину до трех процентов, можно утверждать, что программный продукт Star-CD может быть использован для прогнозирования потерь энергии, возникающих при течении вязкой жидкости в каналах гидромашины.

Однако, следует отметить, что в настоящей работе исследован узкий круг достаточно просты по форме геометрических объектов, позволяющих применять регулярные ортогональные сетки. Объекты с более сложной геометрией могут потребовать нерегулярных триангулярных сеток, точность расчетов на которых может оказаться значительно ниже. Работа в этом направлении по определению потерь энергии с использованием оптимальных параметров расчетной сетки для сложных трехмерных каналов гидромашин будет продолжена.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / М., Машиностроение, 1975, 559с.