СЕКЦИЯ № 2

УДК 631.3:621.9

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

И.И. Суторьма, Д.В. Мельников
УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

В основу предлагаемой методики численного моделирования положена система дифференциальных уравнений в частных производных типа Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии движущейся текучей среды вида:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_k) = 0$$

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = S_i$$

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}((\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik} u_i) = S_k u_k + Q_H$$

где t – время; u – скорость; ρ – плотность текучей среды; P – давление; S_i – внешние массовые силы; E – полная энергия единичной массы текучей среды; Q_H – тепло, выделяемое тепловым источником в единичном объеме текучей среды; τ_{ik} – тензор вязких сдвиговых напряжений; q_i – диффузионный тепловой поток.

Для нахождения искомого решения, в общем случае, нестационарная численная математическая модель физических процессов дискретизируется как по пространству, так и по времени.

С целью дискретизации по пространству, вся расчетная область покрывалась расчетной сеткой грани ячеек, которой параллельны координатным плоскостям, используемой в расчете декартовой глобальной системы координат модели. Расчеты проводятся только в ячейках, попавших в расчетную область, т.е. в пространство, заполненное в соответствии с постановкой задачи текучей средой. Значения независимых переменных рассчитываются в центрах ячеек, а не в узлах расчетной сетки, как в методах конечных разностей. Такой метод носит название метода конечных объемов.

В результате, для расчета значений параметров течения на очередном временном слое (n+1) по известным значениям этих параметров на предыдущем временном слое (n) используется следующая система алгебраических уравнений:

$$\frac{U^{*}-U^{n}}{\Delta t}+A_{h}(U^{n},p^{n})U^{*}=S^{n}$$

$$L_{h}\delta p=\frac{div_{h}(\rho u)^{*}}{\Delta t}+\frac{1}{\Delta t}\frac{\rho^{*}-\rho^{n}}{\Delta t}$$

$$\rho^{*}=f(p^{n}+\delta p,T^{*},y^{*})$$

$$(\rho u)^{n+1}=(\rho u)^{*}-\Delta t\cdot grad_{h}\delta p$$

$$p^{n+1}=p^{n}+\delta p$$

$$(\rho T)^{n+1}=(\rho T)^{*};(\rho k)^{n+1}=(\rho k)^{*};(\rho\varepsilon)^{n+1}=(\rho\varepsilon)^{*};(\rho y)^{n+1}=(\rho y)^{*}$$

$$\rho^{n+1}=f(p^{n+1},T^{n+1},y^{n+1})$$

где U – вектор всех независимых переменных кроме давления; u – вектор скорости; y – вектор концентраций компонентов текучей среды.

Для реализации данной методики была построена твердотельная 3-D модель центробежного насоса (рисунок 1) в системе SolidWorks. Внутренние моделируемые полости моделей корпуса и крышки, а также рабочее колесо выполнялись точно в соответствии с реальными деталями насоса. Внешние поверхности корпуса и крышки насоса были выполнены упрощенно.

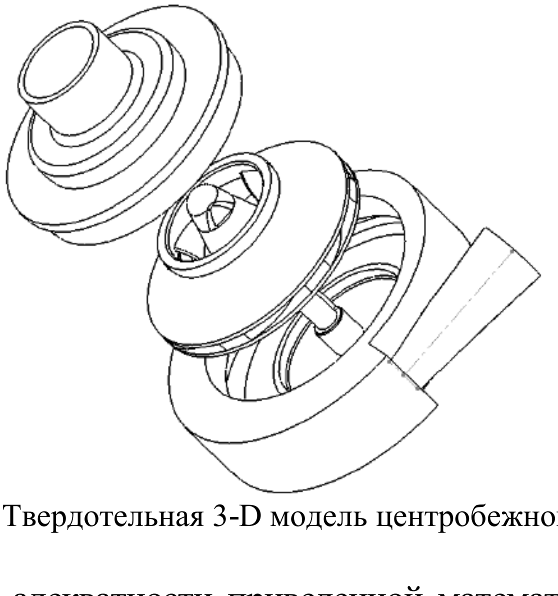

Рисунок 1 – Твердотельная 3-D модель центробежного насоса

С целью проверки адекватности приведенной математической модели проводились расчеты в стационарной постановке задачи для случаев имеющих известные значения входных и выходных параметров насоса. Реализация расчетов осуществлялась с использованием пакта COSMOSFloWorks.

Математические модели, основанные на использовании систем дифференциальных уравнений в частных производных типа Навье-Стокса в сочетании с методом конечных объемов дают удовлетворительную сходимость получаемых результатов с имеющимися в литературе данными при численном исследовании центробежных насосов.