ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЗГОННОГО ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Герасимова К.П., аспирант; Загорулько А.В., доцент

Движение жидкости в зазоре щелевого уплотнения обусловлено дросселируемым перепадом давления и граничными скоростями стенок. В общем случае, течение является спиральным, т.е. состоящим из осевого и окружного течений. Решая задачу течения в щелевом уплотнении с помощью уравнений Рейнольдса, осредненных по зазору, необходимо использовать предположения о профилях напорной и сдвиговой скорости. Обычно, рассматривая окружную сдвиговую составляющую скорости, ее профиль принимают неизменным, т.е. сформированным по всей длине щели, что приводит к определенным неточностям при расчете. Поэтому актуальным является решение задачи нестационарного разгонного течения в канале, и последующий учет влияния изменяющегося по длине щели профиля окружной скорости на динамические характеристики уплотнения.

Для решения задачи течения жидкости в щелевом уплотнении, которое описывается уравнениями Рейнольдса, осредненными по зазору, целесообразно воспользоваться численными методами, в частности широко используемым для этих целей методом конечных разностей. Применение метода конечных разностей, в данном случае, показано на примере решения уравнения, описывающего нестационарное ламинарное течение жидкости в плоском канале с подвижной стенкой:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}.$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} u(0,t) &= V \\ u(h,t) &= 0 \end{aligned}.$$

Начальные условия:

$$u(y,0) = 0.$$

Стандартная форма дискретизированного уравнения:

$$a_p u_p = a_w u_w + a_e u_e + a_p^0 u_p^0 + S_u,$$

$$a_p = a_w + a_e + a_p^0 - S_p,$$

$$a_p^0 = \rho \frac{\Delta y}{\Delta t}.$$

Узел	a_w	a_e	S_p	S_u
1	0	$\frac{\mu}{\Delta y}$	$-\frac{2\mu}{\Delta y}$	$\frac{2\mu}{\Delta y} \cdot V$

2 – (n-1)	$\dfrac{\mu}{\Delta y}$	$\dfrac{\mu}{\Delta y}$	0	0
n	$\dfrac{\mu}{\Delta y}$	0	$-\dfrac{2\mu}{\Delta y}$	0

Для дискретизации нестационарной составляющей, приведенного выше уравнения, используется неявная схема, которая характеризуется устойчивой сходимостью, что обеспечивается условием положительности коэффициентов при любом шаге Δt. Эта схема достаточно проста в реализации. При дискретизации вязкостного члена уравнения применяется линейная интерполяция скоростей на границах контрольных объемов. В результате решения уравнения получена зависимость $u = u(y,t)$.