

УДК 539.3

Б.А.Пяк (5 курс, каф. МиПУ), И.Б.Войнов, соиск., А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В КРУГЛОЙ ТРУБЕ С ВНЕЗАПНЫМ РАСШИРЕНИЕМ

В работе представлено исследование движения вязкой несжимаемой жидкости в круглой трубе с внезапным расширением.

Потери напора, связанные с внезапным (ступенчатым) расширением канала, – это один из основных видов местных потерь напора. Суммарный коэффициент сопротивления участка с внезапным расширением – $\zeta = \Delta p / (\rho v_1^2 / 2)$ [1].

Таким образом, задавая на линии входа потока в расширяющуюся часть трубы скорость потока $V_x = v_1$ и измеряя перепад давления Δp на участке трубы длины L , по формуле $\zeta = \Delta p / (\rho v_1^2 / 2)$ можно вычислить суммарный коэффициент сопротивления участка с внезапным расширением при данном числе Рейнольдса $Re = v_1 d_1 / \nu$ (здесь d_1 – диаметр трубы до расширения; ν – коэффициент кинематической вязкости).

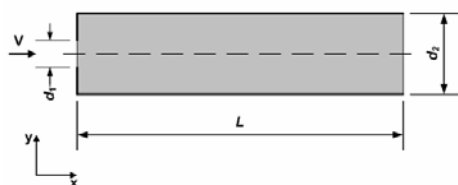


Рис. 1. Геометрическая модель трубы

рассматривается половина прямоугольной области. Длина прямоугольной области L выбирается так, чтобы поток после прохождения местного сопротивления успел стабилизироваться. На рис. 1 представлена геометрическая модель трубы. Здесь d_1 – диаметр трубы до расширения.

О граничных условиях. На линии входа потока в расширяющуюся часть трубы задается скорость потока $V_x = v_1$, $V_y = 0$. Таким образом, по сечению узкого канала задается равномерное распределение скоростей. На стенках трубы задается условие прилипания: $V_x = 0$, $V_y = 0$. На линии выхода потока из трубы задается условие $p = p_{вых}$ (в нашем случае $p_{вых} = p_{атм}$). Условие симметрии: на оси трубы $V_y = 0$.

Исследования проводились при помощи системы конечно-элементного (КЭ) моделирования *ANSYS* и подпрограммы, предназначенной для моделирования процессов течения жидкости и газа *ANSYS/FLOTRAN*. При численном решении задачи использовалась SST-модель турбулентности.

Исследования проводились для трех КЭ моделей с отношением площадей узкого и широкого сечений S_1/S_2 , равным 0.1 , 0.2 , 0.5 . Для каждой КЭ модели строились разные сетки; для описания течения жидкости было использовано $\sim 59\,000$ степеней свободы.

Отметим, что жидкость в месте расширения отрывается от стенок и дальше движется в виде свободной струи, отделенной от остальной жидкости поверхностью раздела. Поверхность раздела неустойчива, на ней возникают вихри, в результате чего транзитная струя перемешивается с окружающей жидкостью. Струя постепенно расширяется, пока, наконец, на некотором расстоянии от начала расширения не заполняет все сечение широкой трубы.

В табл. 1 приведены значения коэффициента ζ , полученные из КЭ решения; для сравнения приведены экспериментальные значения, взятые из [1].

Таблица 1.

Re	$S_1/S_2 = 0,5$			$S_1/S_2 = 0,2$			$S_1/S_2 = 0,1$		
	3500	10^4	10^5	3500	10^4	10^5	3500	10^4	10^5
$\zeta^{МКЭ}$	0,607	0,518	0,418	0,713	0,697	0,683	0,832	0,829	0,828
$\zeta^{[1]}$	0,610	0,527	0,406	0,698	0,684	0,665	0,824	0,821	0,816

Как показывают наблюдения, поток, выходящий из узкой трубы, не сразу заполняет все сечение. В кольцевом пространстве между струей и стенками трубы жидкость находится в вихревом движении: жидкость из этой зоны вовлекается в центральную струю; с другой стороны, жидкость из центральной струи попадает в вихревую зону [2]. Вихревое движение жидкости показано на рис. 1.

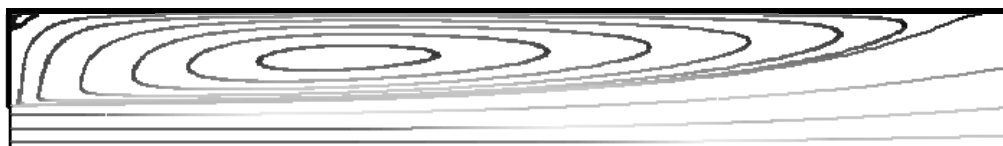


Рис. 1. Линии тока

ЛИТЕРАТУРА:

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям – М., Машиностроение, 1975, 559с.
2. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) – М., Из-во литературы по строительству, 1975, 274 с.