

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ СВОБОДНО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ЦИЛИНДРА С ЗАКРЕПЛЕННОЙ НА НЕМ ПЛАСТИНОЙ

В работе на основе численного решения двумерных стационарных уравнений Навье-Стокса анализируется течение несжимаемой жидкости вокруг свободно вращающегося цилиндра с жестко закрепленной на нем пластиной (в его задней части). Расчеты производились с использованием программного пакета Flos, разработанного сотрудниками кафедры гидроаэродинамики СПбГПУ.

При низких числах Рейнольдса в следе за телом можно наблюдать появление двух симметричных относительно продольной оси зон рециркуляции, которые растут с увеличением числа Рейнольдса. При достижении некоторого критического числа Рейнольдса симметричное положение пластины становится неустойчивым, и тело поворачивается в устойчивое асимметричное положение. В этом положении суммарный момент действия всех сил на тело равен нулю, а его устойчивость определяется наличием восстанавливающего момента, действующего при небольших отклонениях пластины. Для исследуемого тела цилиндр–пластина суммарный момент складывается из момента вязких сил на цилиндре и момента сил давления на пластине. При этом вклад вязкого момента на цилиндре в суммарный момент значительно меньше, чем вклад момента, создаваемого силами давления на пластине. Таким образом, равновесное положение пластины зависит как от длины пластины, так и от размера зон рециркуляции за цилиндром, которые в свою очередь зависят от числа Рейнольдса.

Цель представленных расчетов — определение угла равновесного положения пластины при числе Рейнольдса $Re = 50$ для различных длин пластины.

Общая картина обтекания тела цилиндр–пластина представлена на рис. 1.

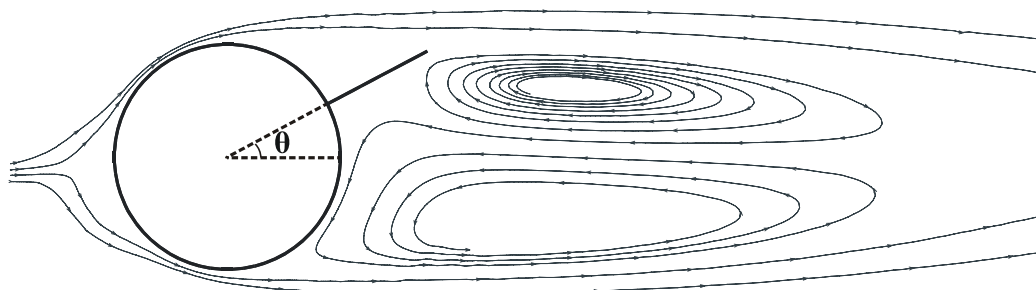


Рис. 1. Схема обтекания цилиндра: линии тока

Решаемые уравнения обезразмерены. За характерный масштаб длины принят диаметр цилиндра, а за характерный масштаб скорости — величина скорости на входе.

Расчетная область представляет собой квадрат с длиной стороны $21D$ и круглым вырезом в центре, представляющим собой цилиндр. Пластина нулевой толщины моделируется разрезом в сетке. Расчетная сетка состоит из 11 000 ячеек. На такой расчетной сетке, согласно дополнительным расчетам, можно получить значение равновесного угла с точностью $\sim 2\%$.

В ходе работы при фиксированном положении тела цилиндр–пластина была произведена серия расчетов при различных значениях угла входа потока в расчетную область. На поверхности тела цилиндр–пластина задавались условия прилипания и непроницаемости.

Проведенные расчеты показали, что при увеличении длины пластины значение равновесного угла уменьшается. Данный результат согласуется с данными предыдущих экспериментальных и расчетных исследований рассматриваемой задачи [1,2]. Это свидетельствует о том, что численная модель, использованная при решении данной задачи, позволяет получать достоверные результаты. С ее помощью можно проводить дальнейшие исследования обтекания тела цилиндр–пластина, а также исследовать влияние размера пластины и угла ее наклона на след за цилиндром, что представляет собой большой интерес как с научной точки зрения, так и для прикладных целей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. John C. Xu, Mihir Sen, Mohamed Gad-el-Hak. AIAA Journal, vol. 28, No. 11, 1990, p. 1925-1927.
2. J.M.Cimbala, S.Garg. AIAA Journal, vol. 29, No. 6, 1991, p. 1001-1003.