

Свободные колебания цилиндра в потоке вязкой жидкости

Научный руководитель – Алексюк Андрей Игоревич

Малахов Максим Алексеевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра аэромеханики и газовой динамики,
Москва, Россия

E-mail: malakhov_m.a@mail.ru

Проектирование различных цилиндрических конструкций, таких как здания, опоры мостов, дымоходы, буры на морских нефтяных платформах и так далее, требует знаний о силах, действующих на них со стороны жидкости или газа. Найти эти силы позволяет решение задачи об обтекании цилиндра. При определенных параметрах потока среды, когда число Рейнольдса больше критического, за телом образуется вихревая дорожка Кармана, вызванная периодическим срывом вихрей с его поверхности. Он же является причиной периодического поведения подъемной силы и силы сопротивления, что, естественно, может привести к движению самого тела. Поэтому разумно рассматривать задачу об обтекании свободно закрепленного цилиндра. Она моделируется с помощью крепления цилиндра к пружине и демпферу с заданными жесткостью и коэффициентом демпфирования соответственно. Более того, такая конструкция полезна и сама по себе: прикрепив к пружине пьезоэлектрический элемент, можно извлекать энергию свободных колебаний тела. Решению такой постановки этой задачи и посвящена данная работа.

Рассматриваются поперечные и продольные колебания кругового цилиндра. Помимо этого, рассматривается модель с пьезоэлектрическим элементом. Изучаемые двумерные течения описываются в рамках модели вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса решаются конечно-разностным методом на неравномерных сетках со сгущением в пограничном слое. Проводится сравнение с экспериментальными данными [4] и расчетами [1], [2], [3].

В ходе решения получена зависимость сил, действующих на тело, а также – поведения течения в целом, от набора параметров, а именно: числа Рейнольдса, массы цилиндра, жесткости пружины и коэффициента демпфирования. В модели с пьезоэлектрическим элементом исследована зависимость величины извлекаемой энергии от перечисленных параметров. Обнаружены различные режимы следа за телом, такие как $2S$ и $P+S$, где P и S – срыв пары и единичного вихрей за период соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №18-01-00762).

Источники и литература

- 1) Шкадова В.П., Шкадов В.Я., Алексюк А.И. Численное решения уравнений Навье-Стокса для нестационарного отрывного обтекания. Отчет Института механики МГУ. 2008. №4969. С. 1-95
- 2) Leontini J.S., Stewart B.E., Thompson M.C., Hourigan K. Wake state and energy transitions of an oscillating cylinder at low Reynolds number // *Physics of Fluids* 18. 2006. pp 1-9.
- 3) Mehmood A., Abdelkefi A., Hajj M.R., Nayfeh A.H., Akhtar I., Nuhait A.O. Piezoelectric energy harvesting from vortex-induced vibrations of circular cylinder // *Journal of Sound and Vibration* 332. 2013. pp. 4657-4667.

- 4) Williamson C.H.K., Govardhan R. Vortex-Induced Vibrations // Annual Review of Fluid Mechanics. 2004. pp. 413-455.