

## Исследование вихревой дорожки Кармана с помощью программного пакета COMSOL Multiphysics

Научный руководитель – Головчан Алексей Витальевич

*Химченко Дарья Григорьевна*

*Студент (бакалавр)*

Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра общей физики и дидактики физики, Донецк, Украина

*E-mail: darya.himchenko@yandex.ua*

В работе проведено моделирование асимметричной вихревой структуры (дорожки Кармана) с помощью пакета COMSOL Multiphysics 5.2. Рассматривалось нестационарное двумерное течение потока изотермической несжимаемой жидкости в горизонтальном канале при обтекании твердых тел различной геометрической формы, помещенных в канал под прямым углом к потоку жидкости.

Для получения развитой дорожки Кармана при сохранении ламинарного характера течения скорость набегающего потока подбиралась так, чтобы число Рейнольдса равнялось 100. При этом, как показали расчеты, реализуется ламинарный режим течения с регулярной вихревой дорожкой, при котором можно еще не учитывать влияние турбулентных пульсаций.

Основными уравнениями математического описания компьютерной модели являются уравнения Навье-Стокса и неразрывности [1]:

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + v\frac{\partial v}{\partial x} + u\frac{\partial v}{\partial y}\right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu\nabla^2 v + f_{turb,x},$$

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t} + v\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu\nabla^2 u + f_{turb,y},$$

где  $\rho$  – плотность жидкости, обтекающей цилиндр;  $p$  – сила, действующая на элементарный объем;  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости;  $f_{turb}$  – флуктуация потока по оси  $x$  и  $y$ ;

$$\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0,$$

где  $v$ ,  $u$  – компоненты скорости вдоль осей  $x$ ,  $y$  м/с.

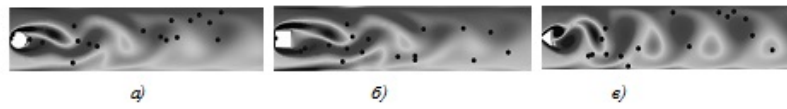
Граничные условия на стенках цилиндра представляют собой стандартные условия прилипания вязкой жидкости, на входе течение считается полностью развитым [2].

Исследование показало, полученные вихревые дорожки отличаются друг от друга, несмотря на то, что для различных цилиндров число Рейнольдса одинаково, равно 100 и определяется одинаковыми линейными размерами обтекаемых тел. Из чего можно сделать вывод, что вид дорожки Кармана зависит не только от числа Рейнольдса, но и от формы обтекаемого твердого тела (рис 1).

### Источники и литература

- 1) Белозерцев В.Н. Основы механики жидкости: учеб. пособие / В.Н. Белозерцев. Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. С. 324.
- 2) Мустафин Р.М. Карпилов И.Д. Численное изучение аэродинамики потока воздуха вокруг цилиндра при различных моделях турбулентности // Молодёжный научный Вестник, 2017. Т. 72, вып. спецвыпуск. С. 4-10.

### Иллюстрации



**Рис. 1.** Развитие вихревой структуры потока жидкости при обтекании цилиндров различной геометрической формы