

**ЗАЩИТА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРАДИЕНТНО-
ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА АЭРОДИСПЕРСНЫХ СРЕД
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВЫХ
ЦЕПОЧЕК КАРМАНА. ШАХМАТНАЯ СХЕМА ЦЕПОЧЕК**

Б. Б. Виленчиц, В. К. Попов, Г. В. Шаронов

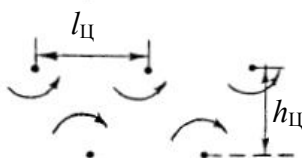
Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ,
Минск
E-mail: vkr@bk.ru

Пусть имеются две параллельные цепочки вихрей (вихревые цепочки Кармана, рис. 1), причем расстояние между двумя соседними вихрями для обеих цепочек равно $l_{ц}$, а интенсивности цепочек, соответственно, Γ_1 – у верхней и Γ_2 – у нижней, расстояние между цепочками – $h_{ц}$. Рассмотрим случай «твердых» цепочек, т.е. таких, для которых расстояние между всеми вихрями остаются неизменными. В этом случае [1]

$$\Gamma_1 = -\Gamma_2, \quad (1)$$

т. е. интенсивности цепочек одинаковы по величине и противоположны по знаку. Рассмотрим такой вариант расположения цепочек. Между каждыми двумя вихрями первого ряда находится другой вихрь другого ряда (рис. 1) – шахматный порядок. Скорость перемещения таких цепочек [1] для шахматного порядка

$$V_{цш} = \Gamma/2 \cdot l_{ц} \cdot \text{th}(\pi h_{ц}/l_{ц}). \quad (2)$$



*Рис. 1. Схема расположения вихрей
в шахматной цепочке Кармана*

Движение цепочек Кармана устойчиво, если при малых смещениях вихрей в начальный момент времени расстояние между двумя любыми вихрями во все время движения остается близким к расстоянию между этими вихрями в начальный момент времени. Из такого определения Карман получил условие устойчивости

$$h_{ц}/ l_{ц} = 0,2806. \quad (3)$$

Если теперь такую цепочку с вышеприведенным соотношением параметров $h_{Ц}$ и $l_{Ц}$ закрепить в коробе (канале), а вихри при этом будут вращаться, то такая цепочка будет создавать поток определенной скорости и направления.

Оценим величину скорости потока, создаваемого цепочкой Кармана при условии, что поток из канала за счет других побудителей расхода отсутствует.

Если считать, что вихри создаются вращающейся с угловой скоростью $\omega_{л}$ лопаткой с радиусом лопастей $r_{л}$, то для величины циркуляции скорости можем записать выражение

$$\Gamma = \int V_{Ц} dr_{Ц} = \int \omega_{л} r_{л}^2 d\varphi_{Ц} = 2 \omega_{л} r_{л}^2 \pi . \quad (4)$$

С учетом равенства (4) формулу (2) для скорости движения вихревой цепочки можно переписать в виде

$$V_{ЦШ} = \pi \omega_{л} r_{л}^2 / l_{Ц} \cdot \text{th}(\pi h_{Ц} / l_{Ц}). \quad (5)$$

Полученное соотношение позволяет сделать оценки генерируемой скорости потока неподвижной системы вихрей в демпфирующем устройстве. Положив $\omega_{л} = 950 \text{ с}^{-1}$, $r_{л} = 0,02 \text{ м}$, $h_{Ц} / l_{Ц} = 0,02806$, $h_{Ц} = 0,04 \text{ м}$, для величины скорости получим значение для шахматного порядка $V_{ЦШ} = 4,69 \text{ м/с}$.

Воспользовавшись уравнением Бернулли, оценим величину перепада давления, создаваемого цепочкой вихрей при одном закрытом торце канала, т. е. размещенной в коробе у излучателя и фотоприемника анализатора и представляющей собой аэродинамическое окно.

$$\Delta P_{Ц} = (P_{о} - P)_{Ц} = \rho V_{Ц}^2 / 2 . \quad (6)$$

Положив для воздуха $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$, получаем для шахматного порядка $\Delta P_{ЦШ} = 14 \text{ Н/м}^2$. Экспериментальные исследования цепочки с шахматным порядком расположения при трех вихрях в одной цепочке дали близкие значения перепада давления в сравнении с расчетными. Из полученных оценок и исследований видно, что разработанный способ может защитить излучатель и фотоприемник от загрязненной анализируемой среды.

1. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1. М.: Физматгиз, 1963. 584 с.