

ВЛИЯНИЕ БЛИЗОСТИ ПЛАСТИНЫ КОНЕЧНОЙ ШИРИНЫ НА РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КРУГЛОГО ЦИЛИНДРА В ПОТОКЕ

О.О. Иванов

*Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова
ivanov@imec.msu.ru*

Колебания, возникающие в поперечном потоке жидкости или газа за плохо обтекаемыми телами из-за периодического срыва вихрей, могут приводить к неприятным условиям эксплуатации различных конструкций, вплоть до их разрушения, но в то же время эти резонансные колебания можно использовать в малых устройствах, преобразующих энергию движения среды (воздуха или воды) в электроэнергию, поэтому изучение этого явления имеет большую практическую значимость.

В данном исследовании рассматривается обтекание упругого цилиндра – резинового круглого шнура диаметром $D = 6$ мм, установленного в рабочей части аэродинамической трубы А4 НИИ механики МГУ, имеющей поперечное сечение 500×300 мм. Характерные резонансные скорости находятся в диапазоне $0.4\text{--}0.6$ м/с. Измерения скорости производились ручным термоанемометром, амплитуды колебаний – триангуляционным лазерным датчиком. Визуализация производилась с помощью дымогенератора и скоростной камеры.

В предварительных экспериментах с одиночным цилиндром получена максимальная относительная амплитуда колебаний $A_0/D \sim 0.29$ и качественное сходство с другими экспериментами [1], проведенными преимущественно на упруго подвешенных цилиндрах. Визуализация показала небольшую модификацию вихревой дорожки из-за осцилляций шнура.

Основная серия экспериментов проводилась с установленной жесткой пластиной по близости от цилиндра. Пластина имела длину 35 мм ($\sim 6D$) и толщину 2 мм, ее концам была придана форма, близкая к эллипсу с полуосями 3 и 1 мм. Визуализации дымом в запусках аэродинамической трубы с изолированной пластиной показали, что сходящий с нее след практически не заметен и не разрушается во всей области исследования (порядка $20D$ вниз по потоку от задней кромки пластины). В экспериментах изменялось положение цилиндра, задаваемое двумя координатами: Spacing – смещение центра цилиндра относительно задней кромки пластины, Gap – величина зазора (в поперечном потоке направлении) между поверхностями пластины и цилиндра. Зоны усиления амплитуды колебаний A находились из сравнения этой величины с амплитудой колебаний A_0 одиночного цилиндра.

В ходе экспериментов было обнаружено две большие зоны с различным поведением цилиндра. При расположении цилиндра «над» пластиной амплитуда колебаний уменьшается по сравнению с амплитудой колебаний одиночного цилиндра, что согласуется с другими работами, исследовавшими поведение цилиндров вблизи плоскости [2]. Следует отметить, что несимметричность колебаний, а также зависимость частоты колебаний от положения цилиндра и скорости потока в работах, в которых использовался цилиндр с упругим закреплением, в данном исследовании не наблюдалась, т.к. использованный резиновый шнур, как струна, имел небольшую по протяженности зону резонансного взаимодействия.

В непосредственной близости от задней кромки цилиндра и далее по потоку были обнаружены зоны усиления колебаний амплитуды вплоть до 40% по сравнению с одиночным цилиндром. На дымовых визуализациях видно, что присутствие цилиндра у задней кромки пластины приводит к более скорому развитию неустойчивости следа пластины, который разрушается в вихри, напоминающие вихри Кельвина-Гельмгольца.

Скорее всего, присутствие этих вихрей, сходящих с частотой парных вихрей кармановского типа, воздействуют на цилиндр в фазе движения и усиливают колебания.

1. *Williamson C. H. K., Govardhan R. Vortex-induced vibrations //Annu. Rev. Fluid Mech. 2004. Т. 36. С. 413-455.*
2. *Yang, B., Gao, F., Jeng, D. S., Wu, Y. Experimental study of vortex-induced vibrations of a cylinder near a rigid plane boundary in steady flow. // Acta Mechanica Sinica. 2009. 25(1), pp. 51-63.*