

**Экспериментальное исследование крутильных аэроупругих колебаний
круглого цилиндра, закреплённого на конце упругой балки****Научный руководитель – Веденеев Василий Владимирович***Демченко Ярослав Владиславович**Аспирант*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра гидромеханики, Москва, Россия*E-mail: demchenko@imec.msu.ru*

Ветроэнергетика активно развивается во всем мире и является одним из наиболее перспективных направлений альтернативной энергетики. Существует ряд недостатков, ограничивающих область применения традиционных роторных ВЭУ. В связи с этим ведутся интенсивные исследования новых способов преобразования энергии ветра в электрическую. Одна из таких технологий [2], [4] основана на явлении резонансных аэроупругих колебаний (VIV) цилиндра, вызванных дорожкой Кармана, которая образуется позади плохобтекаемых тел при обтекании их поперечным потоком газа или жидкости [5]. В настоящей работе объектом исследования является система, состоящая из жесткого тонкостенного цилиндра конечного размаха, закрепленного на упругой консольной балке поперечно направлению дозвукового воздушного потока. Проведено экспериментальное исследование резонансных колебаний, причем, в отличие от аналогичных работ с аналогичной конфигурацией модели, совершающей поступательные колебания [1], [3], нами обнаружен ранее неизученный тип VIV, в котором цилиндр вращается вокруг консольной балки. Эксперименты проводились в НИИ механики МГУ в аэродинамической трубе А-10 с камерой Эйфеля и открытой рабочей частью. Балка сечением 3×33 мм сделана из стали плотностью $\rho = 8820$ кг/м³, с модулем Юнга $E = 224 \times 10^9$ Па и модулем сдвига $G = 82 \times 10^9$ Па. Цилиндр изготовлен из алюминия массой $m = 0.116$ кг, длиной $L = 500$ мм, диаметром 25 мм и толщиной стенки 1 мм. Диапазон чисел Рейнольдса в соответствующем области отклика $(2.5 - 9.5) \times 10^3$. Как и ожидалось, мы наблюдали классические квазидвумерные VIV. Однако в обнаруженных полностью трехмерных крутильных колебаниях вихревые структуры в верхней и нижней частях цилиндра сходят в противофазе, что является нетипичным результатом в исследовании VIV. Максимальная амплитуда крутильных колебаний оказалась более чем в два раза больше, чем у изгибных VIV, что предполагает более эффективное извлечение энергии.

Источники и литература

- 1) Azadeh-Ranjbar, V., Elvin, N., Andreopoulos, Y., 2018. Vortex-induced vibration of finite-length circular cylinders with spanwise free-ends: Broadening the lock-in envelope. *Physics of Fluids*, 30(10), 105104.
- 2) Bernitsas, M. M., Raghavan, K., Ben-Simon, Y., Garcia, E. M. H., 2008. VIVACE (Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy): A new concept in generation of clean and renewable energy from fluid flow. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 130(4).
- 3) Ivanov, Vasily Vedeneev. Vortex-induced vibrations of an elastic cylinder near a finite-length plate. *Journal of Fluids and Structures*. 2021. Vol. 107. 103393.
- 4) Wang, J., Geng, L., Ding, L., Zhu, H., Yurchenko, D., 2020. The state-of-the-art review on energy harvesting from flow-induced vibrations. *Applied Energy*, 267, 114902.

- 5) Williamson, C. H. K., Govardhan, R., 2004. Vortex-induced vibrations. Annual Review of Fluid Mechanics, 36, 413–455.

Иллюстрации

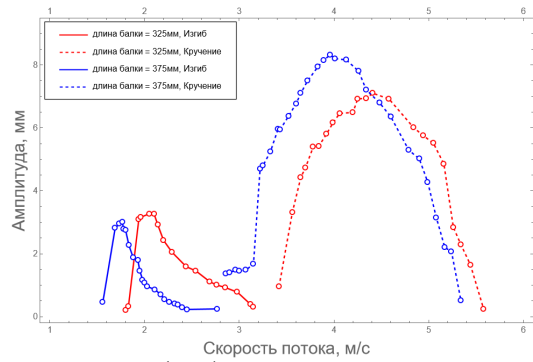


Рис. : Амплитуда колебаний (мм) в зависимости от скорости потока (м/с)

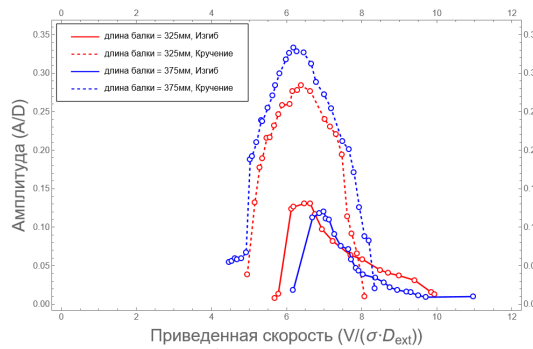


Рис. : Безразмерная амплитуда колебаний в зависимости от приведенной скорости

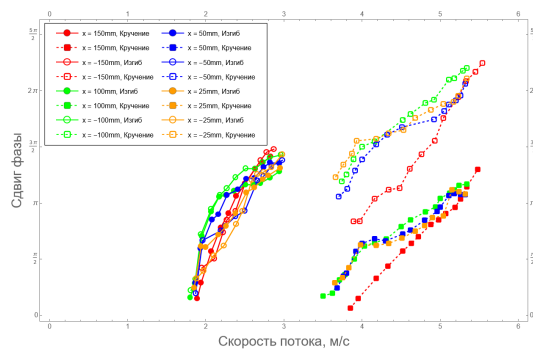


Рис. : Фазовый сдвиг в зависимости от скорости потока (м/с)