

Течение на наветренной стороне вращающегося диска, обдуваемого перпендикулярным к его поверхности дозвуковым потоком, является одним из точных решений уравнений Навье-Стокса. Вращающийся в поперечном потоке диск также используется в качестве модели при исследованиях обтекания колес ветроэнергетических установок при небольших отношениях скорости законцовок лопастей к скорости ветра. Однако о нестационарных особенностях обтекания такого диска на его подветренной стороне практически ничего неизвестно. Данная работа посвящена изучению структуры вихревого течения за вращающимся диском и пульсаций его силы сопротивления.

Эксперименты проведены в аэродинамической трубе Т-03 ЦАГИ на моделях дисков диаметром $D = 119,6$ и $49,7$ мм. При этом первый диск мог устанавливаться в обечайке. Частота вращения Ω регулировалась сервотестером. Сила аэродинамического сопротивления дисков измерялась при помощи предварительно откалиброванного полупроводникового датчика силы FS01 фирмы Honeywell, подключенного к АЦП с частотой выборки 5 кГц. Количественная визуализация течения выполнена при помощи системы PIV "ПОЛИС".

Результаты экспериментов показали, что вращение не оказывает влияния на средний по времени коэффициент сопротивления диска $C_x = 1,12$, что хорошо соответствует данным [1]. Число Струхалия Sh для крупномасштабных вихрей в дальнем следе при обтекании покоящегося диска оказалось равным $0,142$. Вращение диска слабо влияет на процесс развития этих вихрей. Для таких режимов $Sh = 0,14$. Это также подтвердилось при визуализации. Влияние вращения на положение сходящего с кромки диска слоя смещения весьма небольшое.

При изучении спектров пульсаций силы сопротивления в некоторых режимах удалось выявить появление пакетов высокочастотных колебаний (например, рис. 1, 200-250 Гц). Частота этих колебаний, нормированная на вязкие масштабы скорости и длины в пограничном слое вращающегося диска, обратно пропорциональна числу Рейнольдса Re_D (рис. 2). Для обтекания покоящегося диска данный эффект отсутствует (рис. 1). Визуализация (рис. 3) показала, что в отличие от колебаний, обусловленных крупномасштабными вихрями в дальнем следе за моделью, этот вид пульсаций генерируется вихрями, образующимися в застойной зоне на подветренной стороне диска. Это также подтверждается присутствием таких колебаний при вращении диска в обечайке (рис. 2).

Литература

1. Wieselsberger C. Über den Luftwiderstand bei gleichzeitiger Rotation des Versuchskörpers // Physikalische Zeitschrift. – 1927. – V. 28. N. 2. – S. 84-88.

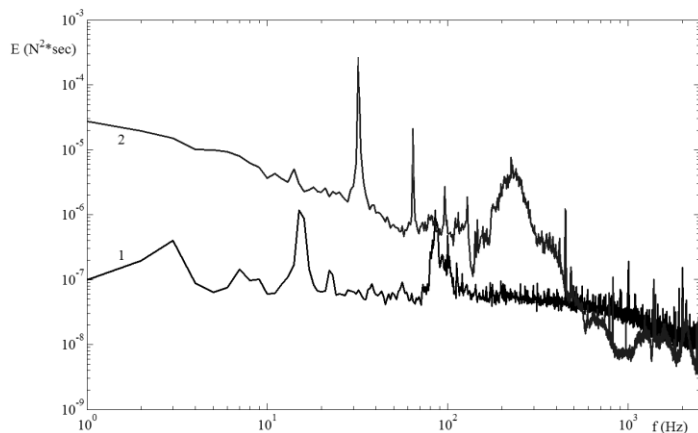


Рис. 1. Спектры пульсаций силы сопротивления для диска $D = 49,7$ мм.
 $\Omega = 0$, $U_0 = 11,8$ м/с – 1 и $\Omega = 31,5$ Гц, $U_0 = 11,7$ м/с – 2.

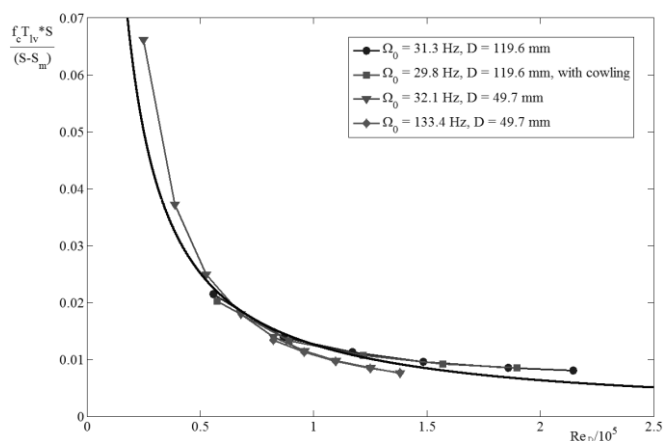


Рис. 2. Зависимости от Re_D нормированной центральной частоты пакетов колебаний силы сопротивления вращающегося диска. Линия - гипербола $1262,8/Re_D$.

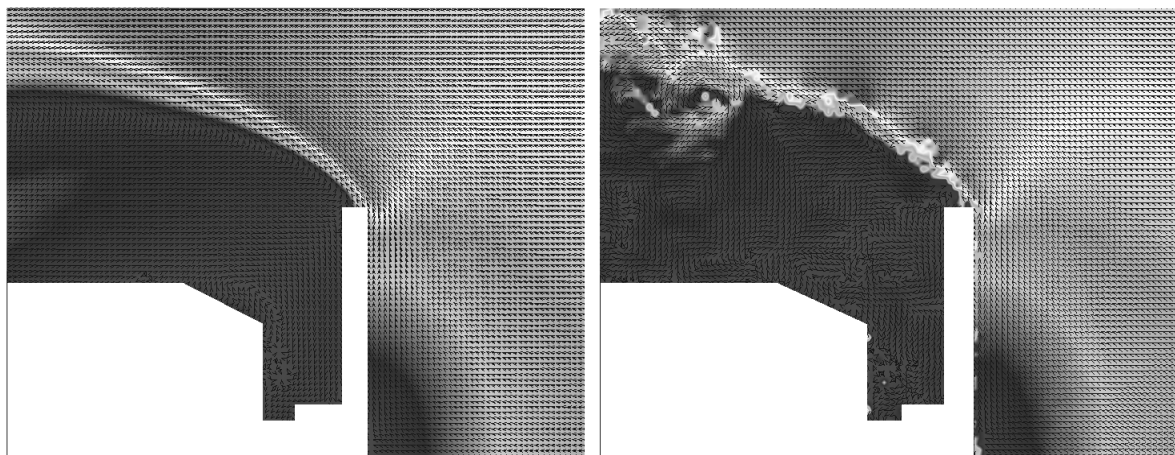


Рис. 3. Осредненное (слева) и мгновенное (справа) поля скорости в вертикальной плоскости симметрии течения около диска $D = 119,6$ мм. Поток справа налево. $\Omega = 30$ Гц, $U_0 = 24$ м/с.