

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА АЭРОДИНАМИКИ

Герасимов С.А.

*Южный федеральный университет
Ростов-на-Дону, Россия*

На рис. 1 изображена установка, предназначенная для достаточно простых и, одновременно, точных измерений силы аэродинамического сопротивления. Смысл проведения таких измерений в настоящее время стал достаточно актуален. В динамическом режиме сила аэродинамического сопротивления [1] существенно отличается от силы сопротивления, соответствующей неизменной скорости среды относительно тела [2]. Вращательное движение, являющееся частным случаем динамического режима, осталось неизученным. Едва ли достаточной является попытка измерить силу аэродинамического сопротивления, действующего на снабженный лопастями маятник Максвелла [3].

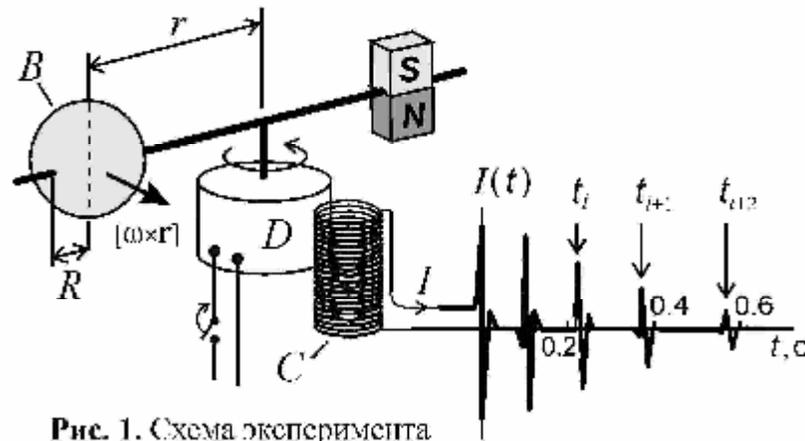


Рис. 1. Схема эксперимента

После выключения двигателя D , позволяющего достичь больших скоростей движения исследуемого тела B , угловая скорость со временем изменяется как

$$\omega = \omega_0 / (1 + \alpha \omega_0 t), \quad (1)$$

где ω_0 – угловая скорость вращения исследуемого тела в момент времени $t=0$, а коэффициенты торможения α связаны с моментами инерции подвижной

нагруженной J и ненагруженной J_* исследуемым телом системы связаны с коэффициентом аэродинамического сопротивления C соотношением:

$$C = 2(J\alpha - J_*\alpha_*) / (\pi r R^2 r^3). \quad (2)$$

С другой стороны, выражение (1) означает, что моменты времени t_i и t_{i+1} , при которых индукционный ток $I(t)$, регистрируемый соленоидом C , максимален, удовлетворяют системе уравнений

$$2\pi\alpha = \ln[(1 + \alpha\omega_0 t_{i+1}) / (1 + \alpha\omega_0 t_i)]$$

$$2\pi\alpha_* = \ln[(1 + \alpha_*\omega_0 t_{i+2}) / (1 + \alpha_*\omega_0 t_{i+1})],$$

имеющей нетривиальное аналитическое решение. А это, в свою очередь, допускает решение обратной задачи: восстановление зависимости коэффициента сопротивления от скорости тела в среде.

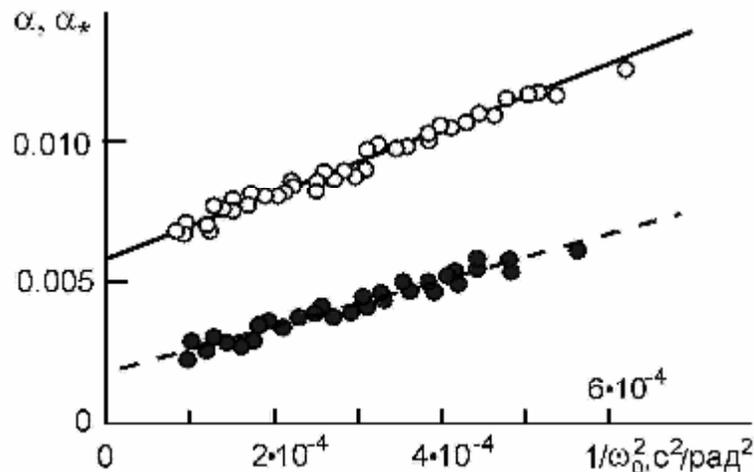


Рис. 2. Коэффициенты торможения для рабочего (○) и холостого (●) режимов.

Для подвижной системы с параметрами $J=8.2 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $J_*=8.4 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $r=0.093 \text{ м}$ и сферы радиусом $R=0.02 \text{ м}$ экспериментальные значения α и α_* представлены на рис. 2. Обращает внимание на себя характер зависимости коэффициентов торможения от угловой скорости вращения:

$$\alpha = \frac{A}{\omega_0^2} + B.$$

Это дает возможность вычислить зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления от числа Рейнольдса $Re = \rho \omega_0 r / \mu$ (μ – вязкость воздуха). Результаты эксперимента (рис. 3) оказались достаточно противоречивыми. С одной стороны, при больших числах Рейнольдса экспериментальные результаты достаточно близки известным данным $C=0.4$,

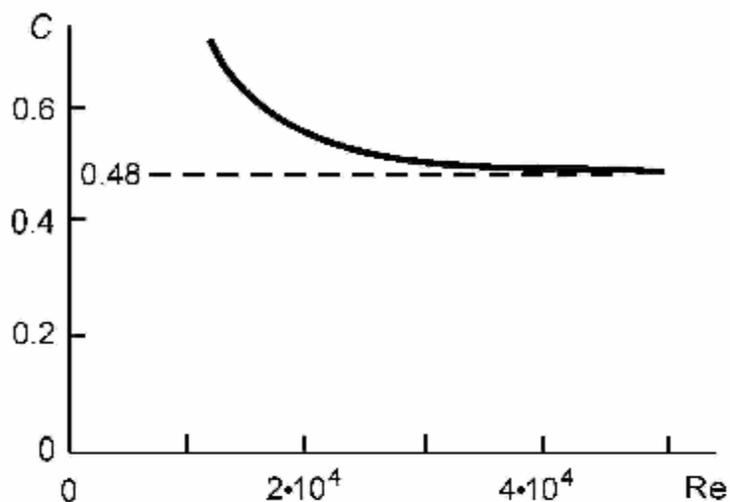


Рис. 3. Коэффициенты аэродинамического сопротивления (сплошная кривая) при различных числах Рейнольдса.

а это подтверждает возможность решения обратной задачи. С другой стороны, в области малых скоростей настоящие экспериментальные данные существенно завышены. Этот результат является чрезвычайно важным при создании летательного аппарата с вращающимися крыльями [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов С.А. Об автомодельности аэродинамического сопротивления. // Вестник машиностроения. 2007. № 1. С. 34-35.
2. Sovran G., Morel T., Mason W.T. Aerodynamic Drag Mechanisms of Bluff Bodies and Road Vehicles. – New York: Plenum Press, 1978. – 360 p.
3. Благодарный В.В. Маятник Максвелла в опытах по аэродинамике. // Учебная физика. 2007. № 1. С. 103-106.
4. Герасимов С.А. Экранолет +. // Авиация общего назначения. 2007. № 8. С. 10-12.