ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ВРАЩАЮЩИМСЯ В СРЕДЕ ТВЕРДЫМ ТЕЛОМ

Герасимов С.А.

Южный федеральный университет
Ростов-на-Дону, Россия

Актуальность измерений энергии, затрачиваемой на вращательное движение протяженного твердого тела в среде (жидкости, воздухе), не подлежит обсуждению. В большинстве случаев прямые измерения мощности, потребляемой тем или иным двигателем, не являются достаточными из-за их неоднозначности и низкой точности. Теоретические расчеты, так или иначе, связаны с необходимостью определения других параметров, таких как коэффициент аэродинамического сопротивления, что сводит практическую

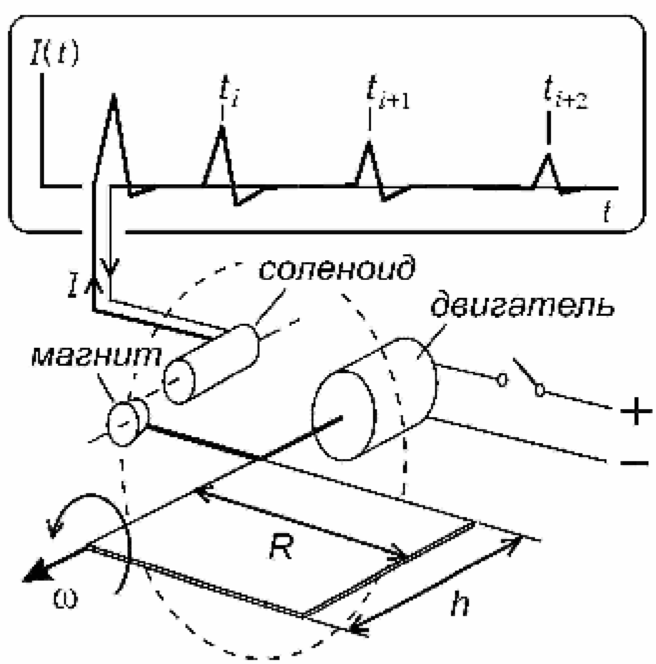

Рис. 1. Схема эксперимента.

значимость результатов расчета к нулю [1]. С другой стороны, из закона сохранения энергии следует, что если в момент времени t_i угловая скорость тела, на которое действуют только силы диссипации, равнялась ω_i, а в момент времени t_{i+1} соответствующее значение угловой скорости – ω_{i+1}, то мощность, затрачиваемая телом, момент инерции которого – J, есть ничто иное, как

$$P=\frac{J}{2(t_{i+1}-t_i)}(\omega_i^2-\omega_{i+1}^2).$$

Проблема, следовательно, заключается в точном измерении угловой скорости как функции времени. Зависимость

$$\omega_k=\frac{\omega_0}{1+\alpha\omega_0 t_k}$$

с неопределенными параметрами α и ω_0 предполагает только одно: квадратичный характер зависимости неконсервативных сил от скорости тела. Поскольку угловая скорость ω связана с углом поворота φ соотношением $\omega=d\varphi/dt$, то неизвестные параметры α и ω_0 являются нетривиальным аналитическим решением системы уравнений

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

Следовательно

$$P=\frac{\alpha J\omega_i\omega_{i+1}(\omega_i+\omega_{i+1})}{2}.$$

Выводы настоящей работы достаточно неординарны, должны допускать независимую проверку, поэтому методика проведения измерений и обработки результатов описана подробно. Например, для экспериментальной установки (рис. 1), в которой исследуемым телом является плоскость с размерами h=0.048м, R=0.1м, зависимость мощности P от угловой скорости вращения ω_0 показана на рис. 2. Оказалось, что теряемая при вращении энергия достаточно хорошо описывается выражением

$$P=\frac{C\rho hR^4\omega_0^3}{8}$$

с коэффициентом сопротивления C, равным 1.1 [2] (сплошная кривая на рис. 2; ρ – плотность среды). При этом обязательно надо упомянуть, что для вращающейся плоскости коэффициент аэродинамического сопротивления, по крайней мере, вдвое больше, чем в статическом режиме [3]. Ни к какому нарушению закона сохранения энергии это, однако, не приводит. Потери энергии в основном создаются периферийной областью вращающейся

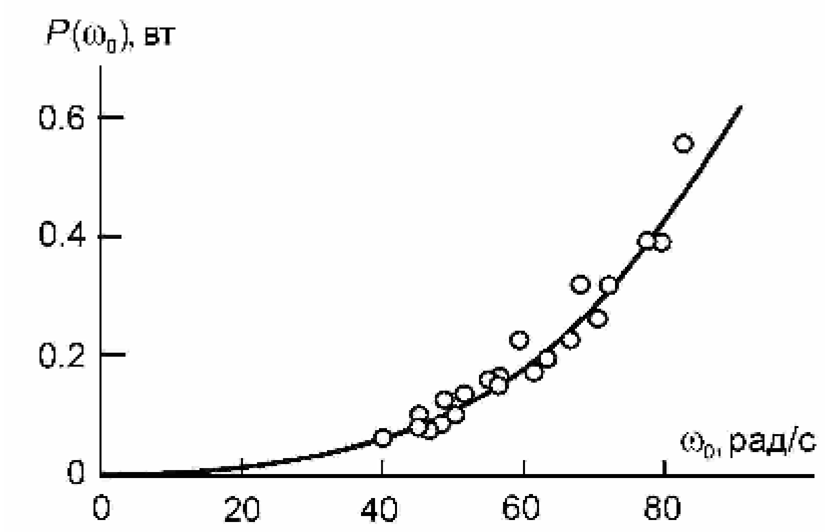

Рис. 2. Потери энергии как функция частоты.

плоскости. В величину силы аэродинамического сопротивления существенный вклад вносит область, близкая к оси вращения, где линейная скорость минимальна. Это основной вывод настоящей работы. Без него пришлось бы смириться с завышенным значением мощности двигателя, необходимой для подержания вращения с постоянной угловой скоростью. При этом реальность создания летательного аппарата с вращающимися плоскими крыльями [4] оказалась бы под угрозой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов С.А. Эпициклоидное и поперечное вращение плоского крыла. // Фундаментальные исследования. 2007. № 5. С. 16-19.
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. Летательный аппарат с полупериодным экранированием вращающегося крыла. // Техника и технология. 2007. № 1. С. 8-10.