

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ ДВОЙНОГО ВЫБЕГА

При решении ряда задач движения автомобиля необходимо знать моменты инерции вращающихся масс колес, двигателя и трансмиссии. Их находят путем аналитического или опытного определения моментов инерции отдельных деталей и последующего их приведения к заданной оси вращения. Если же нет подробных чертежей деталей, а разборка машины нежелательна, приведенный момент инерции движущихся масс J может быть определен способом, основанным на измерениях времени выбега движущихся масс [1].

Составив систему двух уравнений движения вращающихся масс с присоединенной инерционной массой J_g и без нее, получим выражение для определения искомого момента инерции.

$$I = J_g \cdot \frac{1}{\frac{t_1}{t} - 1}, \quad (1)$$

Однако метод двойного выбега не всегда может обеспечить достаточную точность. Это можно видеть из анализа относительных квадратических погрешностей (ОКП) функции $I = f(J_g, t, t_1)$ в зависимости от относительных погрешностей аргументов t и t_1 .

В нашем случае средняя квадратическая погрешность (СКП) функции нескольких переменных запишется в следующем виде:

$$\sigma_J = \pm \sqrt{\left(\frac{dJ}{dJ_g}\right)^2 \cdot \sigma_{J_g}^2 + \left(\frac{dJ}{dt}\right)^2 \cdot \sigma_t^2 + \left(\frac{dJ}{dt_1}\right)^2 \cdot \sigma_{t_1}^2}, \quad (2)$$

Так как значение момента инерции добавочной массы J_g может быть определено с пренебрежимо малой погрешностью, то $\sigma_{J_g} = 0$. Далее, случайные погрешности в измерении времени не зависят от величины измеряемого отрезка времени. Ввиду этого можно принять $\sigma_t = \sigma_{t_1}$. Тогда

$$\sigma_J = \pm \sqrt{\left(\frac{dJ}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dJ}{dt_1}\right)^2} \cdot \sigma_t. \quad (3)$$

Отсюда после подстановки значений частных производных и некоторых преобразований получаем окончательное выражение для СКП опытного определения момента инерции J .

$$\sigma_J = \pm J_g \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{t_1}{t}\right)^2 - 1}}{\left(\frac{t_1}{t} - 1\right)^2} \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (4)$$

где $\frac{\sigma_t}{t}$ относительная квадратическая погрешность измерений времени

выбега без добавочной массы.

Деление уравнения (4) на (1) дает выражение ОКП искомого момента инерции

$$\frac{\sigma_J}{J} = \pm \frac{\sqrt{\left(\frac{t_1}{t}\right)^2 - 1}}{\frac{t_1}{t} - 1} \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (5)$$

что можно записать в более удобном виде

$$\frac{\sigma_J}{J} = \pm m \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (6)$$

где m — коэффициент увеличения ОКП, который является функцией отношения t_1/t :

$$m = \frac{\sqrt{\left(\frac{t_1}{t}\right)^2 - 1}}{\frac{t_1}{t} - 1}, \quad (7)$$

Из анализа выражения видно, что по мере приближения t_1/t к единице коэффициент m стремится к бесконечно большим значениям.

Следовательно, как бы малы ни были относительные погрешности в измерениях времени, конечный результат определения J может оказаться совершенно непригодным по точности, если отношение (t_1/t) не будет достаточно отличаться от единицы.

Таким образом, при определении момента инерции масс методом выбега добавочную массу необходимо выбирать так, чтобы при имеющейся погрешности в измерениях времени t обеспечивалась необходимая точность в определении момента инерции J .

Допустим, необходимо определить момент инерции массы методом выбега с ОКП $\pm 2\%$, в то время как относительная погрешность измерений времени выбега $\frac{\sigma_t}{t}$ составляет $\pm 1\%$. Для обеспечения заданной точности, очевидно, необходимо удовлетворить условию $m \leq 2$. Это достигается лишь при $(t_1/t) > 1,65$, что соответствует $J_g > 0,65 \cdot J$.

При дальнейшем увеличении момента инерции добавочной массы погрешность определения искомого момента инерции будет продолжать уменьшаться, но эффект снижения погрешности будет тем слабее, чем больше (t_1/t) , а поэтому нет смысла прибегать к чрезмерно большим добавочным массам J_g , тем более, что в этом случае могут возникнуть новые погрешности, связанные с увеличением нагрузки на подшипники опор вращающихся масс.

Литература

Высоцкий М.С. Топливная экономичность автомобилей и автопоездов / Высоцкий М.С., Беленький Ю.Ю., Московкин В.В. – Минск, «Наука и техника», 1984. – 208 с.