

АНАЛИЗ МЕТОДА ДВОЙНОГО ВЫБЕГА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАСС АВТОМОБИЛЯ

При проведении ряда динамических расчетов возникает необходимость в определении моментов инерции вращающихся масс двигателя и трансмиссии автомобиля. Эта задача, как известно, разрешается путем аналитического или опытного определения моментов инерции отдельных деталей и последующего их приведения к заданной оси вращения. В том случае, когда нет достаточно подробных чертежей деталей и в то же время нежелательна разборка машины, приведенный момент инерции всех 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.

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

Однако метод двойного выбега не всегда может обеспечить достаточную точность. Это можно видеть из анализа относительных квадратических погрешностей функции

$$J = f(J_g, t, t_1), \quad (2)$$

в зависимости от относительных погрешностей аргументов t и t_1 .

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

$$\sigma_g = \pm \sqrt{(dJ/dJ_g)^2 \cdot \sigma_{J_g}^2 + (dJ/dt)^2 \cdot \sigma_t^2 + (dJ/dt_1)^2 \cdot \sigma_{t_1}^2}. \quad (3)$$

Так как величина момента инерции добавочной массы J_g может быть всегда определена с пренебрежимо малой погрешностью, то $\sigma_{J_g} = 0$ и тогда

$$\sigma_g = \pm \sqrt{(dJ/dt)^2 \cdot \sigma_t^2 + (dJ/dt_1)^2 \cdot \sigma_{t_1}^2}. \quad (4)$$

Случайные погрешности в измерении времени не зависят от величины измеряемого отрезка. Ввиду этого можно принять $\sigma_t = \sigma_{t_1}$. Тогда уравнение средней квадратической погрешности искомого момента запишется в следующем виде

$$\sigma_g = \pm \sqrt{(dJ/dt)^2 + (dJ/dt_1)^2} \cdot \sigma_t. \quad (5)$$

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

$$\sigma_J = \pm J_g \frac{\sqrt{(t_1/t)^2 - 1}}{(t_1/t - 1)^2} \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (6)$$

где σ_t/t – относительная квадратическая погрешность, измерений времени выбега без добавочной массы.

Деление уравнения (6) на (1) дает выражение относительной квадратической погрешности искомого момента инерции

$$\frac{\sigma_J}{J} = \pm \frac{\sqrt{(t_1/t)^2 - 1}}{t_1/t - 1} \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (7)$$

что можно записать в более удобном виде

$$\frac{\sigma_J}{J} = \pm m \cdot \frac{\sigma_t}{t}, \quad (8)$$

где m — коэффициент увеличения относительной квадратической погрешности, который, как это следует из выражения (9), является функцией отношения t_1/t и равен

$$m = \pm \frac{\sqrt{(t_1/t)^2 - 1}}{t_1/t - 1} \quad (9)$$

Из анализа выражения видно, что при значениях, t_1/t приближающихся к единице, m стремится к бесконечно большим значениям.

Следовательно, как бы малы ни были относительные погрешности в измерениях времени, конечный результат значения J может оказаться совершенно непригодным по точности, если только 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 .

Если необходимо определить момент инерции массы методом выбега с относительной квадратической погрешностью $\pm 2\%$, в то время как относительная погрешность в измерениях времени выбега t составляет $\pm 1\%$. Для обеспечения заданной точности, очевидно, необходимо удовлетворить условию $m \leq 2$. Это условие обеспечивается лишь при $(t_1/t) > 1,65$, что соответствует $J_g > 0,65J$.

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 в подшипниках 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