

Тарасов Юрий Владимирович, к.т.н, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, yuriy.ledd@gmail.com
Коробко Андрей Иванович, к.т.н, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, ak82_andrey@mail.ua

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ ПРИ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к аэродинамике автомобиля. Известны более двадцати сложных аэродинамических и аэроклиматических комплексов, которые стали неотъемлемой частью некоторых автомобильных фирм или научно-технических центров, занимающихся постройкой и доводкой автомобилей. Затраты на строительство таких комплексов и стоимость проведения исследования в них значительны. Так, например, стоимость аэродинамического комплекса на фирме «Порше» составляет около 19 млн. евро, а один час испытаний в аэродинамической трубе там обходится в 1500 евро. Однако, несмотря на высокую стоимость, строительство подобных комплексов расширяется, поскольку сегодня автомобильная техника стала показателем технического уровня не только фирмы, но и государства в целом. Одним из важнейших направлений стало аэродинамическое проектирование автомобиля, основанное на системной оптимизации его аэродинамических свойств, позволяющей существенно повысить топливную экономичность, динамические качества, производительность автомобиля, снизить загрязняемость и уровень шума. При этом достижение минимального значения коэффициента аэродинамического сопротивления не является единственной задачей аэродинамического проектирования автомобиля. В ходе его решается целый ряд важных задач, влияющих на технико-экономические, потребительские и экологические качества автомобиля. Разрабатываются новые методы определения и доводки аэродинамических характеристик автомобилей в дорожных условиях, когда обеспечивается полное геометрическое и кинематическое аэродинамическое подобие.

При определении силы аэродинамического сопротивления движению автомобиля в классической литературе используется квадратная зависимость от скорости. Несмотря на то, что при этом предполагалось ставить коэффициент аэродинамического сопротивления в зависимость от скорости, повсеместно принимают его постоянным для всего диапазона возможных скоростей движения автомобиля. Это приводит к значительным ошибкам в определении силы аэродинамического сопротивления, мощности двигателя, затрачиваемой на преодоление указанного сопротивления и норм расхода топлива автомобилей.

Более доступной оценкой аэродинамических свойств автомобиля являются дорожные испытания, которые реальны к осуществлению на практике, и при этом дают сопоставимо достоверные результаты. Это группа методов, позволяющих через замеры скорости, пройденного пути и времени

высчитать основные аэродинамические коэффициенты, а также группа методов, основанных на непосредственном измерении величины статического давления на поверхности кузова [1-4].

Данные группы методов позволяют провести испытания с целью определения аэродинамических параметров автомобиля и дальнейшей оптимизации кузова по аэродинамическим показателям.

Одним из самых распространённых и не требующих особых вспомогательных средств для определения коэффициента аэродинамического сопротивления в дорожных условиях является метод выбега [2, 4].

Испытания проводят при свободном затухающем движении автомобиля массой m на нейтральной передаче по инерции при движении в обе стороны. Минимальной начальной скоростью, обеспечивающей точный результат, считается 80—90 км/ч. Коэффициент сопротивления воздуха можно определить по формуле

$$C_x = \frac{2P_x}{\rho F V^2}, \quad (1)$$

где P_x – сила сопротивления воздуха;

F – лобовая площадь автомобиля;

V – скорость автомобиля;

ρ – плотность воздуха.

Достоверные результаты позволяет получить использование метода однократного выбега [3, 4].

Для двух заданных значений скоростей движения V_1 (высокая скорость) и V_2 (малая скорость) замеряется время t , необходимое, чтобы автомобиль при этих условиях замедлил своё движение от скорости V_a до скорости V_b . Эти значения используются для расчёта средних замедлений a_1 и a_2 .

Для начальных скоростей автомобиля до 100 км/ч расчёт аэродинамического сопротивления производится по формуле:

$$C_x = \frac{6m \cdot (a_1 - a_2)}{F \cdot (V_1^2 - V_2^2)}; \text{ при } V_{(1,2)} = \frac{V_a + V_b}{2}; a_{(1,2)} = \frac{V_a - V_b}{t}; \quad (2)$$

где m – масса автомобиля;

a_1, a_2 – среднее замедление автомобиля для первого и второго значения начальной скорости выбега соответственно;

V_1, V_2 – среднее значение скорости для двух различных начальных значений соответственно.

Другой способ определения коэффициента аэродинамического сопротивления – метод двукратного выбега. При одинаковых условиях проводят два выбега – с максимальной и минимальной загрузкой тестируемого

автомобиля. Регистрируется время падения скорости от одной оцифрованной точки на спидометре до другой [3].

$$C_x = \frac{2m_1m_2 \cdot (a_1 - a_2)}{\rho F V^2 \cdot (m_2 - m_1)}, \quad (3)$$

где m_1 , m_2 – максимальная и минимальная нагрузка автомобиля соответственно.

На рис. 1 приведена зависимость от времени замедления автомобиля первого класса в процессе проведения выбега, а также аппроксимация указанной зависимости полиномом 3-й степени.

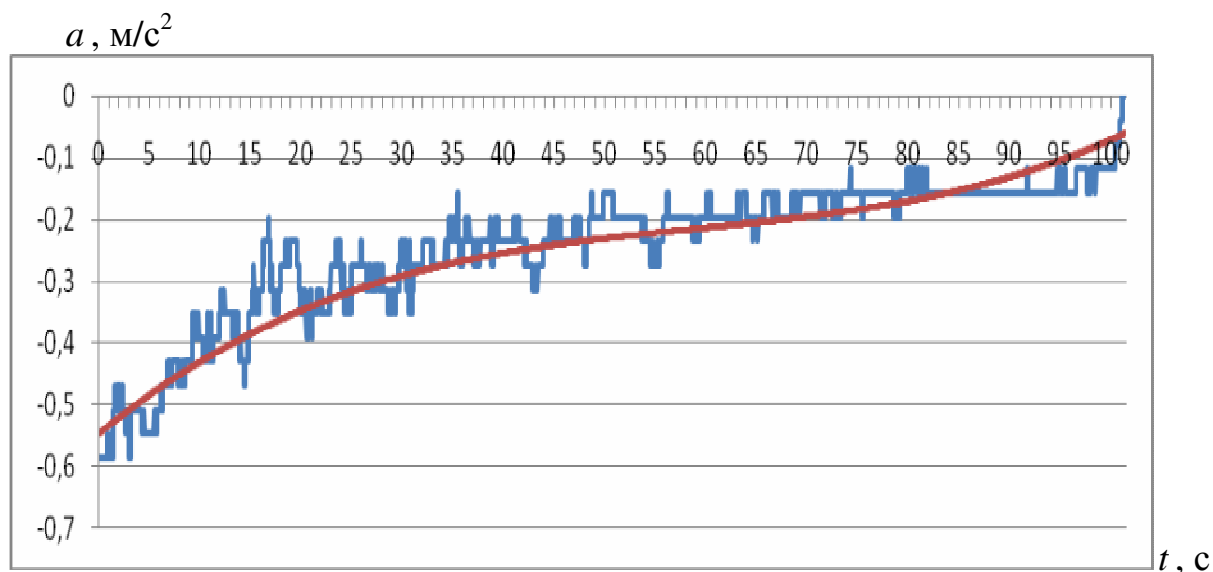


Рисунок 1 – Замедления автомобиля первого класса в процессе его выбега

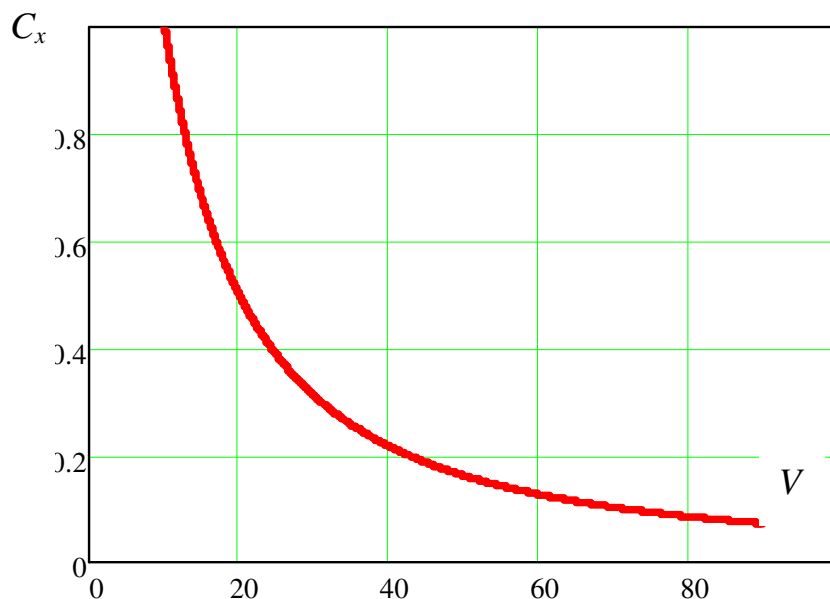


Рисунок 2 – Изменение коэффициента сопротивления воздуха C_x в зависимости от скорости автомобиля первого класса в процессе его выбега

С использованием результатов экспериментальных исследований, авторами получены зависимости коэффициента и силы аэродинамического сопротивления автомобиля первого класса от скорости движения рис. 2. Это позволило также определить мощность двигателя, затрачиваемую на преодоление аэродинамического сопротивления движению автомобиля при уточненной зависимости.

Экспериментальное определение коэффициента лобового аэродинамического сопротивления C_x для автомобилей осуществляется в аэродинамических трубах при постоянной скорости воздушного потока.

Метод дорожных испытаний, основанный на использовании выбега автомобиля для определения сил сопротивлению движения, предполагает принятие значения C_x постоянным. Недостатком данных исследований является то, что ускорения, возникающие при выбеге, определяются непрямыми измерениями, это приводит к значительным погрешностям.

Измерительный комплекс, разработанный на кафедре ТМ и РМ ХНАДУ, включает трехкоординатные датчики ускорений и бортовой компьютер, и позволяет определить значения C_x , соответствующие различным скоростям движения автомобиля первого класса. Используемые зависимости $C_x(v_a)$ позволяют уточнить выражение для определения силы аэродинамического сопротивления движению автомобиля.

Литература

Евграфов, Н.А. Аэродинамика автомобиля: Учебное пособие. / Н.А. Евграфов. – М.:МГИУ, 2010. – 356с. – ISBN: 978-5-2760-1707-5

1. Петрушов, В.А. Автомобили и автопоезда: новые технологии исследования сопротивлений качения и воздуха. / В.А. Петрушов. — М.: Торус Пресс, 2008. — 351 с. — ISBN: 978-5-94588-059-7.

2. Рабинович, Э.Х. Сопротивления движению легкового автомобиля при выбеге. / Э.Х. Рабинович, В.П. Волков, Е.А. Белогуров, А.В. Магатин, Д.В. Светличный. //Автомобильный транспорт.- 2010. - вып. 26. с. 53-58.

3. Артемов Н. П. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Лебедев А. Т., Подригало М. А. и др.] ; под ред. М. А. Подригало. – Х. : Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.