

УДК 629.113

**БАНИКОВ В.А., к.т.н., доцент,**  
*Донецкая академия автомобильного транспорта*

## **К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ И СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ КОЛЕСА**

*Предложен способ отдельного экспериментального определения величины сопротивления качению и величины сопротивления воздушной среды движения автомобиля*

**Ключевые слова:** автомобиль, сопротивление воздуха, сопротивление качению, уточнение коэффициентов, экспериментальное определение

### **Введение**

От успешности точного вычисления значений коэффициентов сопротивления качению и воздушной среды зависят результаты решения теоретических и практических задач, возникающих на стадии создания, доводки и исследования автомобиля, поскольку эти коэффициенты влияют на большинство эксплуатационных свойств автотранспортных средств. Определение реальных значений сил сопротивления воздушной среды и сопротивления качению колес автомобиля обычно имеет технические, а зачастую – и экономические сложности. Поэтому, определение их точных значений в реальных условиях движения является актуальной задачей в теории движения автомобиля.

### **Анализ последних публикаций**

Обзор существующих способов определения коэффициентов сопротивления качению и сопротивления воздушной среды, а также устройств для их реализации, их количества, разнообразия, свидетельствует о стремлении исследователей избавиться от недостатков, присущих известным и доступным для использования методам [1,2,3].

Так, при использовании любого из методов выбега, при котором измеряют скорость или замедление автомобиля в функции времени, что является главной их особенностью – и по ним судят о силах сопротивления движению, погрешность измерения скорости и ее производной всегда выше, чем в случае измерений пути и времени выбега, т. к. она равна сумме погрешностей измерения последних [3].

При работе с аэродинамическими трубами, последние иногда оснащаются подвижной дорожкой, имитирующей движущееся дорожное полотно. Кроме того, колеса испытываемого автомобиля приводятся во вращение. Эти меры принимаются для того, чтобы учесть влияние дорожного полотна и вращающихся колес на потоки воздуха. Во многих случаях испытания приходится проводить на моделях автомобилей [4,5].

Недостатками известных способов чаще всего являются повышенная трудоемкость измерений, низкие точность и достоверность определения силы сопротивления воздуха, а также высокая стоимость исследований.

В настоящее время существует множество способов определения коэффициентов сопротивления качению и воздушной среды [1,3]. Основные направления сводятся к использованию специальных стендов и применению конкретных методов в условиях реального движения на реальных покрытиях. Для определения сопротивления качению шины разработаны стандарты и, в частности, ГОСТ Р 52102-2003 (ГОСТ Российской Федерации), рекомендующие использование метода выбега на специальных барабанных испытательных стендах. Несмотря на относи-

тельно небольшие размеры необходимого для этого оборудования и, соответственно помещения, общая стоимость исследований остается весьма значительной и чаще всего недоступной для большинства научно-исследовательских лабораторий.

### **Цель работы**

Представить способ (на примере конкретного устройства) для повышения точности определения коэффициентов сопротивления качению и воздушной среды в реальных условиях движения автомобиля.

### **Постановка проблемы**

Известные и широко применяемые методы и устройства для определения сопротивления качению колес автомобиля и сопротивления движению воздуха имеют недостатки [1,4,5,6], вынуждающие исследователей создавать новые устройства, в том числе, основанные на новых методах регистрации требуемых параметров. Так, рекомендуемые ГОСТами способы определения сопротивления качению колес с использованием барабанного стенда вынуждают осуществлять качение колеса по криволинейной поверхности [1,3]. Экспериментальное определение сопротивления воздушной среды движению автомобиля в аэродинамической трубе также не может иметь абсолютную точность полученных результатов, а кроме того, имеет высокую стоимость исследований.

Учитывая наличие недостатков в существующих методах и устройствах для определения сопротивления качению колеса и сопротивления движению воздуха, предложен способ и конструкция для его реализации, позволяющие повысить точность регистрации необходимых для этого параметров.

### **Основная часть**

Согласно ГОСТ Р 52899-2007 [2], определение коэффициентов сопротивлению качению  $f_c$  может быть выполнено при различных режимах качения колеса. Принято рассматривать ведущий, свободный, нейтральный, ведомый и тормозной режимы. Анализ зависимостей, характеризующих каждый из них, показывает, что наименьшее число параметров, входящих в соответствующую формулу коэффициента сопротивлению качению  $f_c$  имеет выражение, описывающее ведомый режим, при котором колесо приводится во вращение толкающей силой. При этом крутящий момент равен нулю. Формула имеет следующий вид:

$$f_c = \frac{a_{ш}}{r_0}, \quad (1)$$

где  $f_c$  – составляющая коэффициента сопротивлению качению, характеризующая силовые потери, связанные с тем, что при качении колеса возникает смещение нормальной реакции, вызывающей возникновение момента сопротивления. Выражение (1) следует из формулы, приведенной Литвиновым А.С. [3]:

$$R_x = - \left[ f_c R_z + \frac{I_k \cdot j}{r_k r_0} \right] \quad (2)$$

При равномерном движении, т.е. ведомом режиме качения, когда ускорение  $j = 0$ , выражение (2) приобретает вид:

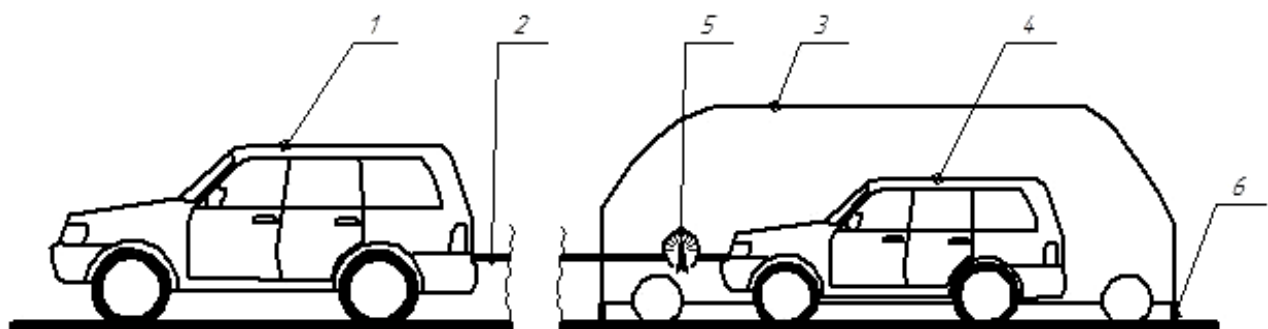
$$R_x = -f_c R_z, \quad (3)$$

откуда следует:

$$f_c = -\frac{R_x}{R_z} \quad (4)$$

Таким образом, в экспериментальной установке, позволяющей определять  $P_\theta$  – силу воздушного сопротивления и  $P_k$  – силу сопротивления качению, для экспериментального определения коэффициента сопротивлению качению рациональнее всего использовать «ведомый режим качения колеса», при котором достаточно знать значения величин  $R_x$  и  $R_z$ .

Установка для определения значений величин сопротивления качению колес и сопротивления воздушной среды движению реального автомобиля представлена на рис.1.



1 – тягач; 2 – соединительный трос; 3 – колесный жесткий чехол; 4 – автомобиль; 5 – датчик силы тяги (касательных реакций), приложенных к колесам буксируемого автомобиля; 6 – юбка эластичная.

**Рис. 1. Схема установки для определения значений величин сопротивления качению колес и сопротивления воздушной среды движению реального автомобиля**

Соединительный трос 2 при этом, имеет значительную длину, исключая влияние возмущающего воздушного потока на колесный жесткий чехол 3, внутри которого находится испытуемый автомобиль 4, создаваемого движущимся тягачом 1. Юбка 6 (гибкое ограждение) изолирует подчехольное пространство от воздействия воздушных потоков на кузов испытуемого автомобиля.

Значение величины касательных реакций на колесах автомобиля  $R_x$  фиксирует датчик силы тяги 5. Сопротивление воздуха движению автомобиля равно нулю, поскольку его кузов изолирован от воздействия встречного (и любого другого) воздушного потока. Таким образом, с помощью датчика 5, происходит регистрация «чистых» значений силы сопротивления качению реального автомобиля на реальной опорной поверхности, без влияния на него силы сопротивления воздушной среды.

Тогда уравнение силового баланса будет выглядеть:

$$P_T = P_K, \quad (5)$$

где силу сопротивления качению  $P_k$  отражает датчик 5.

При буксировании испытуемого автомобиля без чехла, при тех же условиях, уравнение силового баланса будет учитывать силу сопротивления воздуха:

$$P_T' = P_K + P_B, \quad (6)$$

где  $P_T'$  – сила тяги на тросе, при буксировке автомобиля без чехла;

$P_K = R_x$  – суммарная касательная реакция на колесах автомобиля;

$P_B$  – сила сопротивления воздуха, действующего на испытуемый автомобиль.

Определение сопротивления воздушной среды осуществляется путем выполнения заездов автопоезда, в составе того же тягача 1 и испытуемого автомобиля 4, соединенных тросом 2, при тех же условиях, при которых определялись силы сопротивления качению, но без жесткого колесного чехла 3. При этом, сопротивление воздушной среды будет испытывать непосредственно автомобиль, а датчик 5 силы тяги  $P_T$  будет отражать значение величины, равной сумме сил сопротивления воздуха и сопротивления качению колес, действующих на автомобиль. Тогда выражение, позволяющее определить «чистое» сопротивление воздушной среды, действующее на автомобиль, можно определить из равенства:

$$P_B = P_T' - R_x, \quad (7)$$

Полученные результаты позволяют определить коэффициенты соответствующих сопротивлений движению автомобиля.

### Выводы

1. Предложенный способ и устройство для его реализации позволяют уточнять коэффициент зависимости сопротивления качению от скорости движения автомобиля для различных типов шин в одной из распространенных формул [3]:

$$F = f_0 + k_f V^2, \quad (8)$$

где  $k_f$  – коэффициент зависимости сопротивления качению от скорости движения автомобиля;

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению при скорости, близкой к нулю.

2. Учитывая, что коэффициент сопротивления качению колес зависит от скорости движения автомобиля, а значит, и силе сопротивления качению; метод позволяет увеличить точность дифференцированного определения сопротивления воздуха и сопротивления качению колес при движении в реальных дорожных условиях.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 52102-2003 Шины пневматические. Определение сопротивления качению методом выбега
2. ГОСТ Р 52899-2007 Шины пневматические для грузовых механических транспортных средств и прицепов. Технические условия
3. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств/ А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин – М.: Машиностроение, 1989 – 240 с.

4. Способ определения коэффициента аэродинамического сопротивления движущегося тела (Патент RU 2172937) Авторы патента: Павлюк А.С., Павлюк С.А., Баранов А.С.
5. Способ и устройство для определения силы лобового сопротивления воздуха транспортному средству (Патент RU 2129260)
6. Виртуальная аэродинамическая труба FlowVision. Электронный доступ:  
<http://www.cardesign.ru/articles/flowvision/2009/10/14/3399>

**Банніков В.О. До питання експериментального визначення повітряного опору руху автомобіля й опору коченню колеса**

***Анотація.** Запропоновано спосіб роздільного (диференційованого) експериментального визначення значень величин опору коченню коліс та величин опору повітряного середовища щодо руху автомобіля.*

***Ключові слова:** автомобіль, опір повітря, опір коченню, уточнення коефіцієнтів, експериментальне визначення*

**Bannikov V.O. To the question of experimental determination of air resistance to movement of the car and resistance to wheel swing**

***Abstract.** The method of separation (differentiation) of the experimental values for determining the wheels rolling resistance and air resistance values environment for driving.*

***Keywords:** car, air resistance, resistance to swing, specification of coefficients, experimental determination*

*Стаття надійшла до редакції 17.11.2013 р.*