

Иршенко Владислав Андреевич, ст. гр. А-51
irs-khabibulin@mail.ru

Перов Александр Сергеевич, ст. гр. А-21т1
perov.aleksandr94@gmail.com

ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЙ ДВИЖЕНИЮ ПО ДАННЫМ ТЕСТОВ ЖУРНАЛА «ЗА РУЛЕМ»

Для расчета движения автомобиля надо знать коэффициенты сопротивления воздуха C_x и качению f , причем не в лабораторных условиях, а на дороге. Для дорожных испытаний требуется горизонтальный прямой участок дороги длиной хотя бы 2 км, небольшая интенсивность движения стороннего транспорта и погодные условия – отсутствие осадков, слабый ветер, плюсовая температура... Все это ограничивает возможность проведения испытаний на дороге и тем самым повышает их ценность.

Полигонные тесты для студентов недоступны. Профессиональные испытания на автополигонах выполняются по заказам и результаты их не публикуются. Остается доверять журналам «Авторевю» и «За рулем», которые проводят собственные испытания и публикуют их результаты. Но их статьи не дают полной картины сопротивлений. «Авторевю» публикует пути выбега от 160 до 80 км/ч, от 130 до 80, от 50 до остановки – но без пути от 80 до 50 км/ч (а иногда – только 130-80 и 50-0). «За рулем» приводит еще меньше значений: от 120 до 50 км/ч и от 50 до нуля.

Ранее в ХНАДУ предложили метод подбора значения пути 80-50 км/ч по критерию наименьших квадратов [1], который позволил достраивать диаграмму выбега по данным «Авторевю» и вычислять по ней коэффициенты сопротивлений для пары скоростей большей и меньшей [2], а это нужно для расчета коэффициентов по [3, 4].

Задача исследования – разработать метод оценки коэффициентов сопротивления воздуха и качения по неполным результатам измерения пути выбега, публикуемым в журнале «За рулем».

Примем два допущения:

- диаграмма выбега, получаемая по данным «Авторевю» путем подбора недостающего значения пути выбега от 80 до 50 км/ч, достаточно надежна;
- кривизна диаграммы на отдельных участках связана с соотношением измеренных значений пути 120-50 (S_1) и 50-0 (S_2): $X_{1/2} = S_1 / S_2$.

Введем показатель “доля” (D) – часть измеренного пути выбега от первой скорости до второй, прямо пропорциональная соответствующей части этого диапазона скоростей.

Пример 1. Выбег от 50 км/ч до остановки, диапазон 50. Путь по полной диаграмме выбега $S_{50vp} = 2064,9$, $S_{0vp} = 2764,9$, путь от 50 до 0 $S_2 = 700$ м.

Доля точки 38 км/ч в пути 700 м, т.е. часть пути выбега от 50 до 38 км, пропорциональная доле интервала 50-38, $D = 700 \cdot (50 - 38) / 50 = 168$ м.

Фактический путь выбега до 38 км/ч по полной диаграмме $S_{38vp} = 2270,359$, в том числе на участке 50-0 – $2270,359 - 2064,9 = 205,459$. Поправочный коэффициент $Y_{38} = 205,459 / 168 = 1,22297$.

Так же рассчитаны поправочные коэффициенты Y_i для скоростей 104, 85, 68, 25, 12 км/ч по 32 разным автомобилям. Зависимости Y_i от $X_{1/2}$ аппроксимированы линейной функцией – рис. 1.

Как видно из диаграмм, поправочные коэффициенты сильно зависят от показателя $X_{1/2}$. Предложенный метод проверен по седану Ford Focus II [5]: снаряженная масса 1264 кг, загрузка 200 кг, $\delta = 1,0324$, $S_{160-80} = 1491$ м, $S_{130-80} = 990$ м, $S_{50-0} = 700$ м. $C_x = 0,32$, $F = 2,12$ м², Расчетные значения по полной диаграмме выбега (vp): $v_1 = 113$, $j_1 = 0,4417$; $v_2 = 27$, $j_2 = 0,1426$, $C_x = 0,388$ (расхождение с номинальным значением $0,32 - 21,3$ %); $f = 0,0117$.

По рассчитанным значениям пути выбега S_{calc} (табл. 1) построена диаграмма выбега $S(v)$ – рис. 1. По уравнению аппроксимации полиномом 4-ой степени рассчитаны длительности интервалов t_i и средние замедления на интервале j_i :

$$t_i = \frac{S_{i+1} - S_i}{0,5 \cdot (v_{i+1} + v_i)}; \quad j_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{3,6 \cdot t_i}$$

По уравнению расчетной диаграммы вычислены расчетные значения замедления ($0,43864$ при 113 км/ч и $0,137256$ м/с² при 27 км/ч), а по ним определены искомые коэффициенты: $C_x = 0,3973$ и $f = 0,01122$ (в варианте программы с переменным показателем степени при скорости в формуле сопротивления воздуха [6]). Расхождение расчетного C_x с номинальным составляет $(0,3973/0,32 - 1) \cdot 100 = 24,2$ %, а с расчетом по данным полной диаграммы – плюс $2,3$ %.

Возникло предположение, что точность можно повысить, если включить в исходный массив только автомобили той же средней группы, что и рассматриваемый, – в данном случае, седаны и хэтчбеки. Получены следующие значения коэффициентов: $C_x = 0,37437$ и $f = 0,01209$. Расхождение расчетного C_x с номинальным составляет $(0,37437/0,32 - 1) \cdot 100 = 17$ %, а с расчетом по данным полной диаграммы – минус $3,6$ %.

Наконец была проверена применимость методики к данным из журнала «За рулем» [7]. Был проверен седан Ford Focus II, (снаряженная масса 1275 кг, загрузка 200 кг, $S_{120-50} = 1506$ м, $S_{50-0} = 777$ м). Получены значения $C_x = 0,34259$ и $f = 0,01045$. Расхождение расчетного C_x с номинальным составляет $(0,34259/0,32 - 1) \cdot 100 = 7,1$ %, а с расчетом по данным полной диаграммы – минус $13,8$ %.

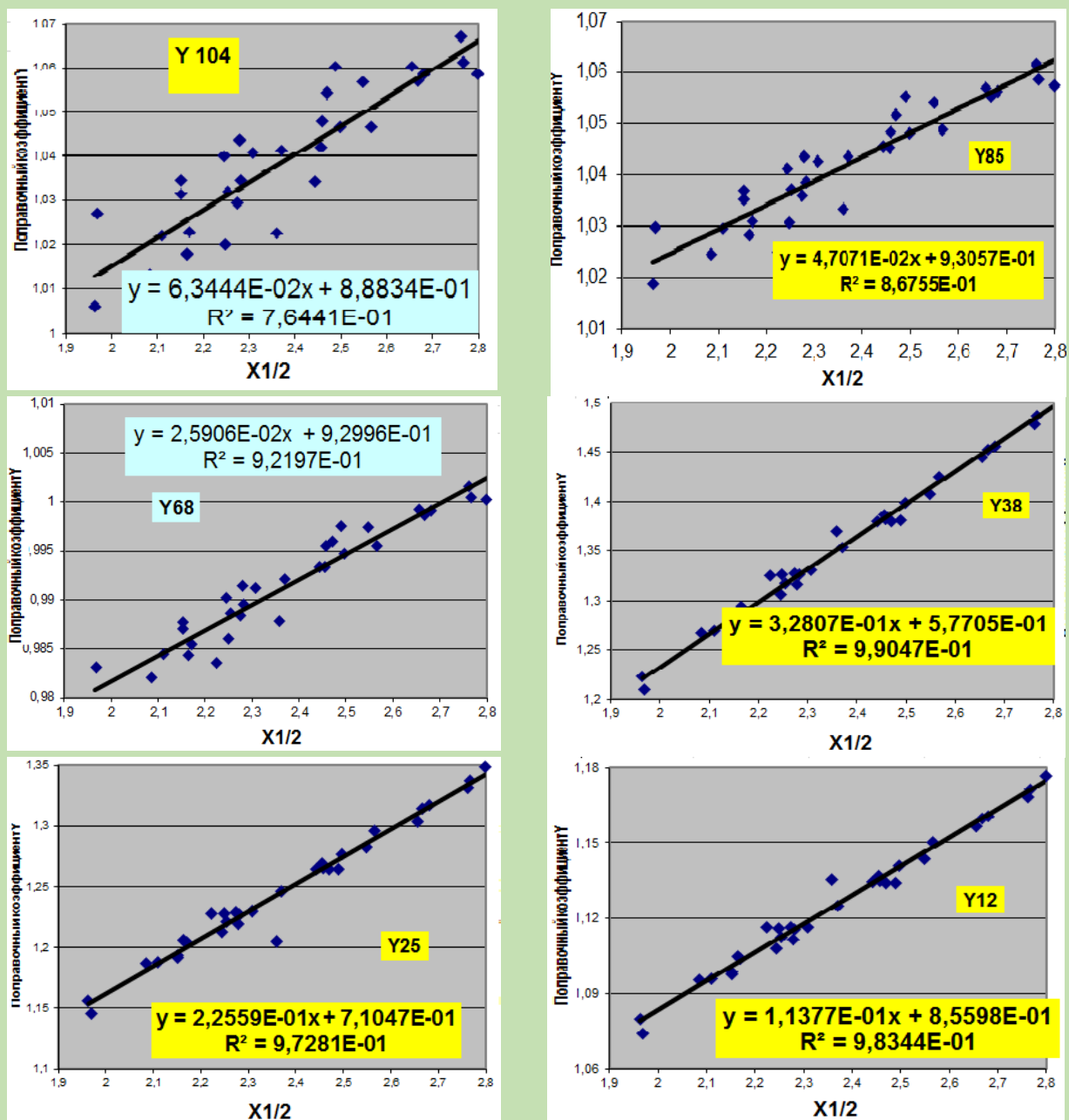


Рис. 1. Поправочные коэффициенты Y_i для разных скоростей

При расчете поправочных коэффициентов по данным только средней группы значения коэффициентов несколько изменились: $C_x=0,348965$ (расхождение с номинальным 9,05 %) и $f=0,01065$.

Как уже упоминалось, в аэродинамической трубе сопротивление воздуха на 5...10 % меньше, чем на дороге. Расхождение 7,1 % достаточно близко к середине этого диапазона, расхождение 9,05 % больше, но тоже не выходит за указанные пределы.

Таблица 1

Расчет по предлагаемой методике

				X1/2	1,963641		
	Svp	Svp-S120vp	Svp-S50vp	D	Y	D*Y	Scalc
120	690,4	0		0	1,00000	0	0
104	1006,6	316,2		314,2	1,01521	319,0	319,0
85	1350,0	659,6		706,9	1,02425	724,1	724,1
68	1728,1	1037,8		1021,1	0,98133	1002,0	1002,0
50	2064,9	1374,5		1374,5	1,00000	1374,5	1374,5
38	2270,4	1580,0	205,5	168,0	1,21909	204,8	1579,4
25	2464,5	1765,0	390,5	336,0	1,15345	387,6	1762,1
12	2639,5	1949,1	574,5	532,0	1,07938	574,2	1948,8
0	2764,9	2074,5	700,0	700,0	1,00000	700,0	2074,5

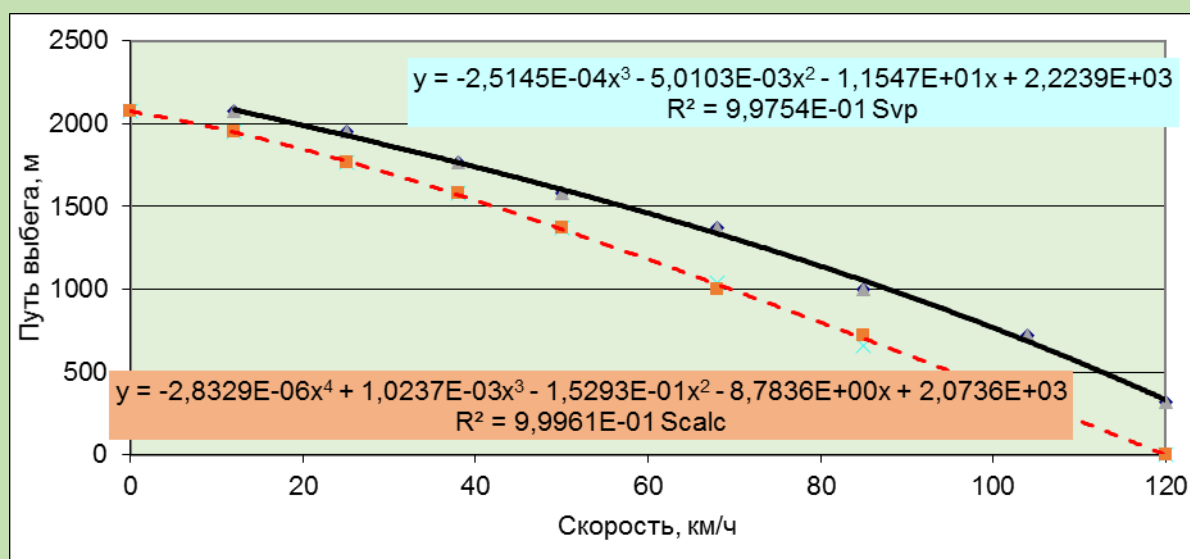


Рис. 2. Полная диаграмма выбега по данным «Авторевю» (сплошная линия) и расчетная диаграмма выбега по данным «За рулем» (штриховая)

Такой же анализ выполнен для седана Kia Rio 2005 г. [7] (1137,5 кг, шины 175/70 R14, выбег 120-50 1241 м, 50-0 – 544 м; объявленное значение $C_x = 0,31$). При расчете по данным всех автомобилей получены значения $C_x = 0,3285$ (расхождение 6 %) и $f = 0,01523$, по данным средней группы – $0,3218$ (расхождение 3,8 %) $f = 0,0163$.

Пригодны ли полученные поправочные коэффициенты для кроссоверов? Был выбран «паркетник» Ford Kuga со следующими данными [8]: снаряженная масса во время эксперимента 1686 кг, шины 235/55 R17, выбег 120-50 1260 м, 50-0 – 579 м; объявленное значение $C_x = 0,378$ при $F = 2,59 \text{ м}^2$; $\delta = 1,0414$ (наш расчет). При расчете по данным всех автомобилей получены значения $C_x = 0,4086$ (расхождение 7,8 %) и $f = 0,01419$.

Выводы

1. Предложен метод оценки коэффициентов сопротивлений движению автомобиля
2. Выполнены расчеты по 32 автомобилям разных типов и отдельно по 17 средним седанам и хэтчбекам, выбранным из того же массива.
3. Расчет коэффициентов сопротивления по опубликованным в журнале «За рулем» значениям выбегов 120-50 км/ч и 50-0 км/ч показал, что расхождение коэффициента сопротивления воздуха укладывается в установленные пределы 5...10%, а значения коэффициента сопротивления качению не выходят за границы поля возможных значений.
4. Предварительная проверка подтвердила возможность использования предлагаемого метода для вычисления коэффициентов сопротивлений движению по опубликованным результатам измерения пути выбега автомобиля от 120 до 50 км/ч и от 50 км/ч до остановки.

Литература

1. Рабинович Э.Х. Оценка коэффициентов сопротивлений движению автомобиля по пути выбега / Э.Х. Рабинович, В.П. Волков, Е.А. Белогуров // Український метрологічний журнал. – 2010. – №4. – С.47-52.
2. Измерение аэродинамического сопротивления движению автомобиля дорожным методом / Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А., Никитин Д.В. // Міжнар. наук.-техн. конф. "МЕТРОЛОГІЯ–2012" Харків: ННЦ "Інститут метрології", 2012. — С. 390-393.
3. BOSCH. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
4. Рабинович Э.Х. Определение сопротивлений движению автомобиля методом однократного выбега / Э.Х. Рабинович, З.Э. Кемалов, А.В. Сосновский // Автомоб. транспорт: Сб. науч. трудов. – Харьков, ХНАДУ.– 2008.– вып. 22.– С. 46-48.
5. Арутин В. Классовая борьба / Валерий Арутин, Александр Диваков // Авторевю. – 2010. – № 20. – с. 33-44.
6. Сопротивление движению легкового автомобиля на скоростях 30...160 км/ч / Волков В.П., Рабинович Э.Х., Белогуров Е.А., Никитин Д.В., Руденко Е.Е. // Міжвузівський збірник Луцьк, 2012. Вип. 36, с. 46-51.
7. М. Гзовский В споре с авторитетами / Михаил Гзовский // За рулем, 2005, № 12, с. 66-74.
8. Воскресенский С. Экспресс на Мышкин / Сергей Воскресенский // За рулем, 2008, № 11. С.28-38

Научный консультант: Рабинович Э.Х., доц. каф. ТЭСА