

АНАЛИЗ ЗАМЕДЛЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДВИЖЕНИЮ

Козаков Михаил Викторович, ст. гр. Ам-51

Снижение сопротивлений движению автомобилей – постоянная задача ученых и конструкторов автомобильной отрасли. По мере совершенствования двигателей и уменьшения потерь в них весомость внешних сопротивлений возрастает. Поэтому важно правильно представлять себе природу этих сил и уметь их рассчитывать.

Обычные методы расчета сопротивлений движению автомобиля широко известны. Однако в статье [1] показано, что расчет выбега по общепринятым формулам сопротивления воздуха и качения дает результаты, довольно далекие от экспериментальных данных. Дальнейший анализ по результатам экспериментов выявил, что характер расхождений практически одинаков для разных легковых автомобилей [2]. Изучение расхождений на небольшой выборке автомобилей (25 ед.) позволило выдвинуть ряд возможных объяснений этого различия. Увеличение выборки дало основания для предварительной оценки и отыскания аппроксимирующих полиномов для всей выборки и для некоторых категорий легковых автомобилей. Использование этих полиномов позволяет приблизить расчетные сопротивления к реальным.

Цель исследования – повышение достоверности тягово-скоростных расчетов путем уточнения методов вычисления сил сопротивления движению автомобиля. Для этого следует на основании статистического анализа вычислить поправку к общепринятой математической модели сопротивлений.

По методике [3] проанализированы результаты полигонных испытаний разных легковых автомобилей, опубликованные в последние годы в журнале «Авторевю». Для каждого случая подбирали недостающее значение пути выбега от 80 до 50 км/ч, аппроксимировали полный путь выбега полиномом 4-й степени, после чего, дважды выполнив численное дифференцирование с шагом 2 км/ч, получали зависимость замедления выбега от скорости $j(V)$. Эти замедления принимали как экспериментальные.

Далее, используя рассчитанные по методике [1] значения коэффициента аэродинамического сопротивления C_x и суммарного дорожного сопротивления ψ , вычисляли по общепринятой методике расчетные значения замедления, затем разность расчетных и экспериментальных замедлений и, умножая ее на приведенную массу автомобиля, разность сил ΔP . Такие расчеты были выполнены для 113

автомобилей. Полученный массив был разбит на группы по типу кузова (седан – сед, хетчбэк – хб, универсал – ун), типу привода (передний – Пер, задний – Задн, полный – ПП), типу коробки передач (механическая и автоматическая – МКП и АКП) и числу передач в ней (АКП 6, МКП 5 и т.п.). В каждой группе зависимости $\Delta P(V)$ усредняли и аппроксимировали полиномами 3-й степени. Получены следующие выражения:

седаны, задний привод, АКП 6:

$$\Delta P = 5,644 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1494 \cdot V^2 + 11,28 \cdot V - 230,4;$$

седаны, полный привод, АКП 5:

$$\Delta P = 5,042 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1411 \cdot V^2 + 11,38 \cdot V - 227,0;$$

седаны, задний привод, АКП 5:

$$\Delta P = 5,266 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1440 \cdot V^2 + 11,35 \cdot V - 236,2$$

универсалы, полный привод, АКП 5:

$$\Delta P = 6,495 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1254 \cdot V^2 + 14,73 \cdot V - 294,1;$$

седаны, передний привод, МКП 5:

$$\Delta P = 5,951 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1461 \cdot V^2 + 9,709 \cdot V - 157,1;$$

хетчбэки передний привод, МКП 5:

$$\Delta P = 6,472 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1529 \cdot V^2 + 9,510 \cdot V - 146,54;$$

седаны, полный привод, АКП 6:

$$\Delta P = 5,893 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1624 \cdot V^2 + 12,96 \cdot V - 267,5;$$

универсалы, полный привод, АКП 6:

$$\Delta P = 7,612 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,2033 \cdot V^2 + 15,36 \cdot V - 285,2;$$

седаны, задний привод, АКП 8:

$$\Delta P = 6,625 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1754 \cdot V^2 + 13,36 \cdot V - 280,3;$$

хетчбэки передний привод, АКП 5:

$$\Delta P = 4,567 \cdot 10^{-4} \cdot V^3 - 0,1222 \cdot V^2 + 9,229 \cdot V - 173,7.$$

Судя по рис. 1, где показаны графики этих функций, нет явно выраженной тенденции к разделению на группы по принятым показателям, хотя несколько выделяются полноприводные универсалы.

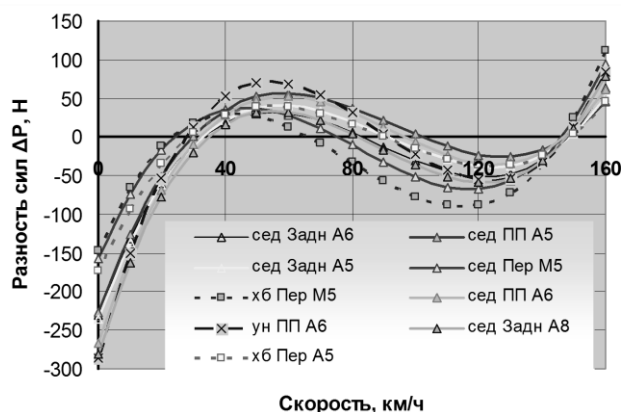


Рис. 1. Зависимость $\Delta P(V)$ разных групп легковых автомобилей

Когда вычисленные по этим формулам значения $\Delta P(V)$ были подставлены в расчеты как поправка-слагаемое, расчетные зависимости $j(V)$ заметно приблизились к экспериментальным (рис. 2).

Замедления вычислялись по следующей формуле:

$$j = \frac{P_w + P_f + \Delta P}{m_{np}}, \quad (1)$$

где P_w и P_f – силы сопротивления воздуха и качения соответственно, m_{np} – приведенная масса автомобиля с учетом вращающихся масс колес и трансмиссии. P_w и P_f вычислялись по обычным формулам. Потери холостого хода в трансмиссии отдельно не учитывались, они входят в P_w и P_f .

Одна из практических задач, для решения которой проведен настоящий анализ, – расчет контрольных значений диагностического параметра «время выбега». Вычисления велись численно по обычной методике. При обработке результатов полигонных испытаний на участках 160-80 и 130-80 км/ч расхождение времени выбега по данным испытаний и по расчету составило всего 1...3%. Но расчет времени выбега от 50 км/ч до остановки дал недопустимое различие.

Подробный анализ показал, что основное расхождение возникает на участке 20-0 – в этом интервале скоростей сопротивление качению быстро спадает [2], вариация его велика и связана, видимо, не с техническим состоянием автомобиля, а со свойствами шин (возможно и обратное: именно на участке 20-0 могут проявляться лишние сопротивления в ходовой части и трансмиссии; этот вопрос надо изучить подробнее).

Пока что представляется целесообразным использовать на практике параметр «время выбега от 50 до 20 км/ч». Он вполне удобен для пользователей, а вычисление нормативов для него по нашей методике дает пренебрежимо малое расхождение с экспериментом – в среднем около 2%, наибольшее 2,7% (табл. 1).

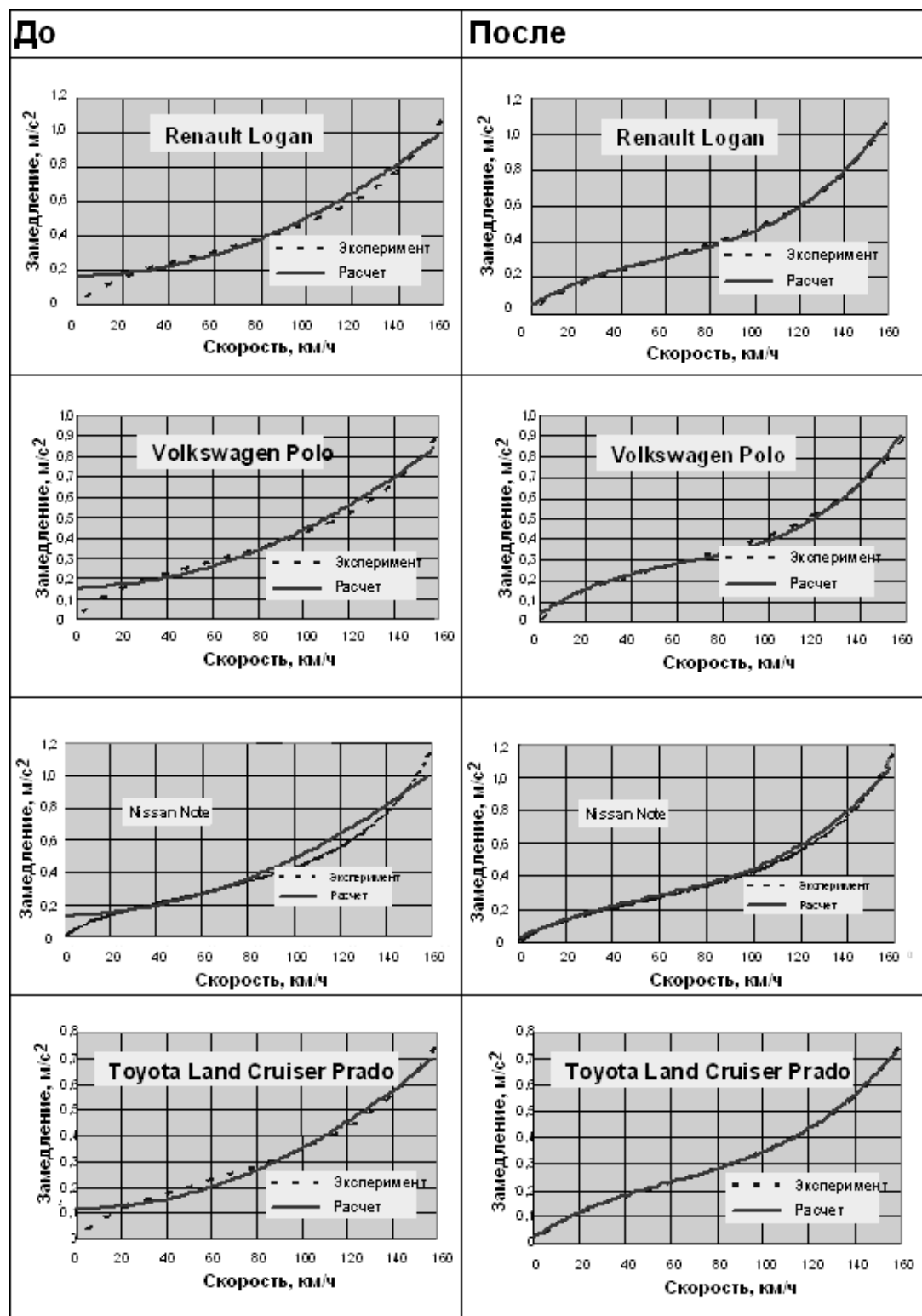


Рис. 2. Сопоставление расчетных и экспериментальных зависимостей замедления от скорости до и после введения поправки в расчет

Таблица 1. Сравнение экспериментальных и расчетных значений времени выбега

Модель автомобиля	Время выбега по эксперименту, с		
	50-20	130-80	160-80
Volkswagen Polo	40,6	31,4	42,0
	40,3	33,2	43,6
Renault Logan	37,7	27,7	36,6
	37,6	28,5	37,4
Toyota Corolla	52,1	36,6	48,2
	52,3	39,0	50,8
Kia Soul	45,7	28,8	37,4
	45,4	29,4	38,0
Nissan Note	45,5	30,6	39,5
	44,2	30,2	39,0
BMW X5	40,4	33,9	45,6
	40,4	34,1	45,8

По выполненным исследованиям можно сделать следующие выводы:

- применение поправок по выведенным эмпирическим формулам для разных групп значительно приближает расчетные зависимости замедления выбега от скорости к экспериментальным.
- целесообразно использовать на практике параметр «время выбега от 50 до 20 км/ч» вместо параметра «время выбега от 50 км/ч до остановки».
- заслуживает дополнительного изучения сопротивление движению автомобиля на скоростях 20 км/ч и ниже.

Литература

1. Рабинович Э.Х. Расчет коэффициентов сопротивлений движению автомобиля по пути выбега / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А.] / Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2009. – Вып. 44. – С.30-34.
2. Сопротивления движению легкового автомобиля / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А., Светличный Д.В.] / Сб. ЕКОВАРНА '2010. С.529-535.
3. Рабинович Э.Х. Влияние колебаний на сопротивление движению легкового автомобиля при выбеге / [Э.Х. Рабинович, А.В. Дитятъев, Е.А. Белогуров] / Сб. ЕКОВАРНА '2010. С.514-520.

Научный консультант: доц. Белогуров Е.О.