

УДК 625.032.821

## ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Э.Х. Рабинович, доцент, к.т.н., А.В. Дитятьев, доцент, к.т.н.,  
В.П. Волков, профессор, д.т.н., Е.А. Белогуров, аспирант, магистр, ХНАДУ

*Аннотация.* Колебания вызывают дополнительное сопротивление движению автомобиля вблизи 7 Гц и, возможно, частично снижают сопротивление в зоне высокочастотного резонанса около 18 Гц.

*Ключевые слова:* автомобили легковые, выбег, замедление, колебания, частота, эксперимент, расчет.

## ПРО МОЖЛИВИЙ ВПЛИВ КОЛИВАНЬ НА ОПІР РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Е.Х. Рабінович, доцент, к.т.н., О.В. Дитятьєв, доцент, к.т.н.,  
В.П. Волков, професор, д.т.н., Є.О. Білогуров, аспірант, магістр, ХНАДУ

*Анотація.* Коливання створюють додаткові опори руху автомобіля близько 7 Гц і, можливо, частково зменшують опори у зоні високочастотного резонансу близько 18 Гц.

*Ключові слова:* автомобілі легкові, вибіг, уповільнення, коливання, частота, експеримент, розрахунок.

## THE POSSIBLE EFFECT OF OSCILLATIONS ON CAR MOTION RESISTANCE

E. Rabinovich, Associate Professor, Candidate of Technical Science, A. Dytyatyev, Associate Professor, Candidate of Technical Science, V. Volkov, Professor, Doctor of Technical Science, E.A. Belogurov, master, postgraduate, KhNAHU

*Abstract.* Oscillations give rise to additional resistance to movement of the car about 7 Hz, and possible a partially reduction of resistance in the zone of high-frequency resonance of about 18 Hz.

*Key words:* passenger car, coast-down, deceleration, oscillations, frequency, experiment, calculation.

### Введение

Для снижения сопротивлений движению автомобиля необходимо углублять понимание природы этих сопротивлений и совершенствовать методы их измерения и расчета.

### Анализ публикаций

Общепринятые методы расчета выбега, учитывающие только сопротивления воздуха и качения, дают результаты, заметно расходя-

щиеся с экспериментальными данными. Это мы показали в статье\*, опубликованной в настоящем сборнике. У самых разных автомобилей реальное замедление выбега больше расчетного в зоне от 80–100 км/ч до 20 км/ч, а с уменьшением скорости становится намного ниже расчетного. Разность особенно заметна вблизи 40–50 км/ч.

\* \* Сопротивления движению легкового автомобиля при выбеге / Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А. и др. / Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2010. – Вып. 26. – С. 53–58.



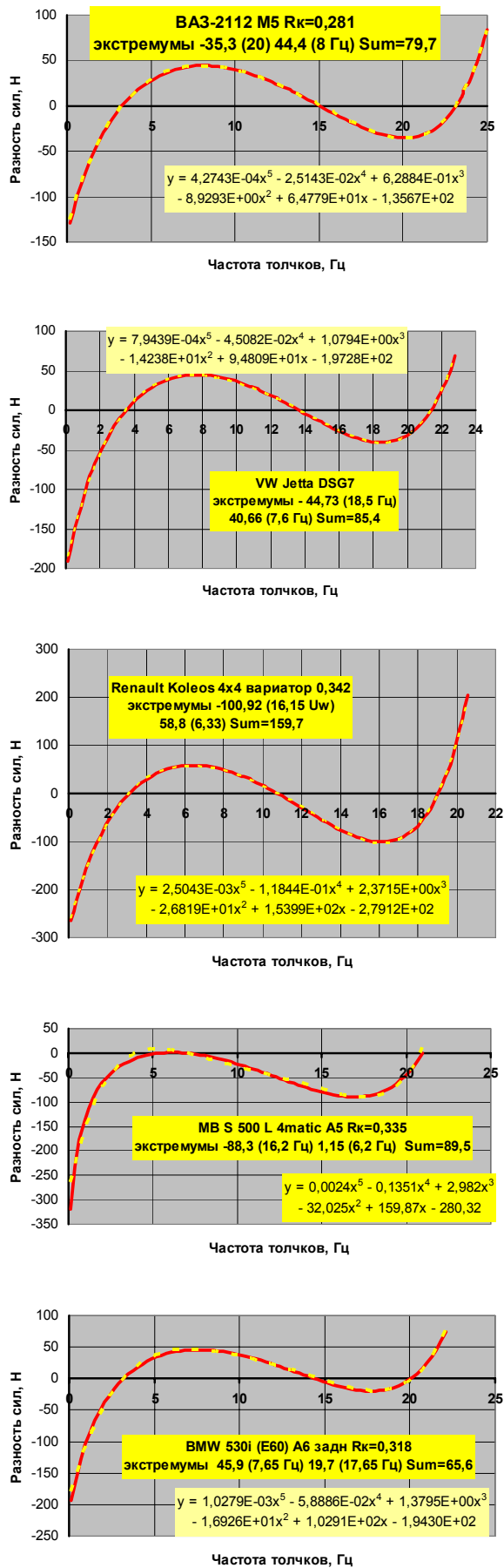


Рис. 2. Примеры зависимостей  $\Delta F(v_T)$

Табл. 1. Показатели некоторых автомобилей и их зависимостей  $\Delta F(v_T)$

| Модель, привод, кузов, трансмиссия     | Экстремумы              |                         | $\Sigma A, Н$ |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------|
|  | max (V/v <sub>T</sub> ) | min (V/v <sub>T</sub> ) |               |
| Audi A3 Sportback пер хэтч А6          | 47 / 6,8                | 123 / 17,7              | 99,3          |
| Audi A6 пер сед вар                    | 51 / 7,1                | 127 / 17,7              | 77,1          |
| BMW 120iA задн хэтч А6                 | 53 / 7,6                | 129 / 18,5              | 83,2          |
| BMW 530i E60 задн сед А6               | 55 / 7,7                | 127 / 17,7              | 65,6          |
| Citroen C5 пер сед А4                  | 49 / 6,5                | 125 / 16,7              | 83,0          |
| Ford Focus пер сед М5                  | 49 / 7,0                | 129 / 18,5              | 119,5         |
| Citroen C3 Picasso пер субвэн М5       | 43 / 6,3                | 121 / 17,6              | 124,6         |
| Ford Kuga 4x4 кросс М6                 | 47 / 6,2                | 125 / 16,5              | 138,7         |
| Ford Mondeo пер сед М5                 | 49 / 7,0                | 125 / 17,9              | 98,9          |
| Honda CR-V 4x4 ун А5                   | 47 / 5,9                | 141 / 17,5              | 225,2         |
| Hyundai Accent пер сед М5              | 45 / 7,1                | 125 / 19,7              | 134,2         |
| Hyundai Genesis задн купе М6           | 55 / 7,4                | 129 / 17,2              | 89,8          |
| Jeep Liberty 4x4 кросс вар             | 43 / 5,7                | 121 / 16,0              | 146,8         |
| Kia Rio пер сед М5                     | 49 / 9,1                | 125 / 23,1              | 89,5          |
| Lada Приора                            | 51 / 7,9                | 125 / 19,4              | 81,0          |
| Mitsubishi Lancer IX пер сед М5        | 57 / 8,3                | 129 / 18,9              | 86,4          |
| Mercedes-Benz S 500L 4matic 4x4 сед А5 | 47 / 6,2                | 123 / 16,2              | 89,5          |
| Renault Koleos 4x4 кросс вар           | 49 / 6,3                | 125 / 16,2              | 159,7         |
| Renault Megane пер сед М5              | 57 / 8,2                | 129 / 18,5              | 85,3          |
| Toyota Avensis пер сед вар             | 47 / 6,3                | 125 / 16,7              | 98,4          |
| Toyota Camry пер сед А5                | 47 / 6,4                | 125 / 17,1              | 84,7          |
| VW Golf GTI 2,0 пер хэтч DSG 6         | 51 / 7,6                | 127 / 18,2              | 87,8          |
| VW Jetta пер сед DSG 7                 | 53 / 7,6                | 129 / 18,5              | 85,4          |
| VW Passat пер сед А6                   | 41 / 5,9                | 121 / 17,4              | 116,5         |
| BA3-2112 пер хэтч М5                   | 51 / 8,0                | 127 / 20,0              | 79,8          |
| Средние значения                       | 49,3 / 6,96             | 126 / 17,9              | 106,2         |
| Коэффициенты вариации                  | 0,085 / 0,137           | 0,032 / 0,086           | 0,325         |

Соответствующие скорости варьируют в пределах 41...57 км/ч при среднем 49,3 км/ч. Их вариация меньше, чем вариация частот – это может говорить о большей роли неровностей дороги в возбуждении колебаний. Вариация  $\Sigma A$  близка к нормальному закону.

Итак, даже на гладкой динамометрической дороге автополигона НИЦИАМТ, где тестирует автомобили «Авторевю», наблюдается прирост сопротивлений движению в интервале скоростей, соответствующем середине резонансных частот кузова и подвески.

Средняя частота минимумов на кривых – 17,9 Гц, разброс – от 16 до 23 Гц. Соответствующие скорости – 121...141 км/ч со средней 126,28 км/ч. Это близко к частотам собственных колебаний подрессоренных масс легковых автомобилей, которые известны по результатам диагностирования на стендах. Перемещения кузова при этом малы, наблюдается большой ход амортизатора и соответственно должны быть велики потери в нем. В [1] сказано (со ссылкой на расчеты для грузового автомобиля), что сопротивления в амортизаторах близки к внутренним сопротивлениям в шинах. Возможно, у легковых автомобилей прирост сопротивления качению вблизи 18 Гц, вызванный потерями в амортизаторе, оказывается существенно меньше, чем снижение этих сопротивлений из-за «вибрационной смазки».

Средние значения суммы амплитуд у механических и автоматических КП близки (табл. 2). Видимо, потери в КП – не самый важный источник дополнительных сопротивлений.

Таблица 2 Средние значения суммы амплитуд при разных типах трансмиссии

| $\Sigma A$<br>средн.,<br>Н | Тип трансмиссии |            |       |
|----------------------------|-----------------|------------|-------|
|                            | Механич.        | Автоматич. | 4×4   |
|                            | 97,9            | 94,1       | 167,6 |

### Выводы

1. У автомобилей разных типов, с разными приводами и трансмиссиями, наблюдается S-образное расхождение между экспериментальной и расчетной кривыми зависимости сопротивлений движению от скорости.

2. Максимум на этой S-образной кривой в зоне частот около 7 Гц может быть объяснен

совместным действием сопротивлений холостого хода трансмиссии и колебаний, вызванных неровностями дороги и особенностями колес.

3. Минимум в зоне частот около 18 Гц может быть объяснен уменьшением внешнего трения в контакте шины с дорогой и внутреннего трения в шине под действием высокочастотных колебаний.

4. Указанные особенности зависимости сопротивлений движению от скорости следует учитывать при нормировании расхода топлива в городе, а также при конструировании автомобилей для городских условий.

5. Необходимо продолжить исследования сопротивлений холостого хода трансмиссии и реальных зависимостей сопротивлений движению от скорости.

Высказанные здесь предположения следует рассматривать лишь как предварительные гипотезы, нуждающиеся в серьезной экспериментальной проверке и осмысливании. Кроме того, приведенные экспериментальные материалы ни в коей степени не противоречат высказанному в [3] предположению, что показатель степени  $\alpha$  в формуле сопротивления воздуха ( $P_w = kF \cdot V^\alpha$ ) может заметно зависеть от скорости. Все сказанное открывает простор для дальнейшего научного поиска в этой области.

### Литература

1. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Н.Я. Говорущенко. – К. : Вища школа, 1971.–232 с.
2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля / Р.В. Ротенберг. –3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 392 с.
3. Рабинович Э.Х. Расчет коэффициентов сопротивлений движению автомобиля по пути выбега / Э.Х. Рабинович, В.П. Волков, Е.А. Белогуров // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – Харьков : ХНАДУ.– 2009. – Вып. 44. – С. 30–34.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 29 апреля 2010 г.