



---

**Европейская экономическая комиссия****Комитет по внутреннему транспорту****Всемирный форум для согласования правил  
в области транспортных средств****Рабочая группа по вопросам шума****Пятьдесят восьмая сессия**

Женева, 1–3 сентября 2014 года

Пункт 7 предварительной повестки дня

**Правила № 117 (звук, производимый шинами****при качении, и их сцепление на мокрой поверхности)****Предложение по дополнению 6 к поправкам серии 02  
к Правилам № 117****Представлено экспертом от Российской Федерации<sup>1</sup>**

Воспроизводимый ниже текст был подготовлен экспертом от Российской Федерации в целях разработки концепции выбега шины ( $d\omega/dt$ ) в рамках данного метода испытания. Он представляется GRB на окончательное рассмотрение (ECE/TRANS/WP.29/GRB/57, пункт 19) на основе неофициального документа (GRB-59-02), распространенного на пятьдесят пятой сессии Рабочей группы по вопросам шума (GRB). Изменения к нынешнему тексту Правил ООН выделены жирным шрифтом в случае новых положений или зачеркиванием в случае исключенных элементов.

---

<sup>1</sup> В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2012–2016 годы (ECE/TRANS/224, пункт 94, и ECE/TRANS/2012/12, подпрограмма 02.4) Всемирный форум будет разрабатывать, согласовывать и обновлять правила в целях улучшения характеристик транспортных средств. Настоящий документ представлен в соответствии с этим мандатом.



## I. Предложение

Приложение 6, пункт 3.5, изменить следующим образом:

"3.5 Продолжительность и скорость.

Если выбран метод выбега, то применяются следующие требования:

- а) выбег  $j$  определяется ~~точно~~ по **дифференциальной**  $d\omega/dt$  или ~~приблизительно~~ **дискретной**  $\Delta\omega/\Delta t$  формуле, где  $\omega$  – угловая скорость, а  $t$  – время;

**Если применяется дифференциальная формула  $d\omega/dt$ , то в этом случае применяются рекомендации, содержащиеся в добавлении 5 к настоящему приложению.**

- б) ..."

Приложение 6, включить новое добавление 5 следующего содержания:

### "Приложение 6 – Добавление 5

**Метод выбега: измерения и обработка данных при расчете значения выбега по дифференциальной формуле  $d\omega/dt$ .**

- Регистрируется зависимость "расстояния от времени" для вращающегося тела в процессе выбега по периферийной окружности в соответствующем диапазоне скоростей, например 82–78 км/ч или 62–58 км/ч, в зависимости от типа шины (РС или CV), в дискретной форме (рис. 1) для вращающегося тела:

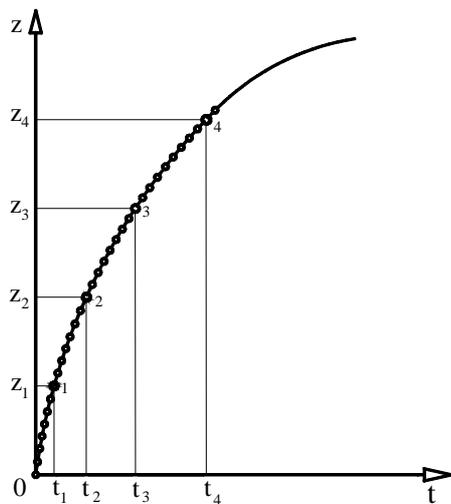
$$z=f(t_z)$$

где:

$z$  – число оборотов тела в процессе выбега;

$t_z$  – конечное время достижения числа оборотов  $z$  в секундах, зарегистрированное в виде шестизначного числа после нуля.

Рис. 1



**Примечание 1:** Более низкую скорость диапазона регистрации можно снизить до 60 (40) км/ч.

2. Приблизительная зависимость, зарегистрированная с помощью непрерывной, монотонной дифференцируемой функции:

2.1 выбрать самое близкое к максимуму значение, делимое на 4, и разделить его на четыре равных отрезка: 0,  $z_1(t_1)$ ,  $z_2(t_2)$ ,  $z_3(t_3)$ ,  $z_4(t_4)$ .

2.2 Составить систему из 4 уравнений, каждое в следующей форме:

$$z_m = A \ln \frac{\cos B(T_\Sigma - t_m)}{\cos B T_\Sigma}$$

где:

**A** – безразмерная постоянная,

**B** – постоянная, выраженная в виде числа оборотов в секунду,

**$T_\Sigma$**  – постоянная, выраженная в секундах,

**m** – число отрезков, показанных на рис. 1.

Включить в эти четыре уравнения координаты упомянутых выше 4 отрезков.

2.3 Использовать постоянные **A**, **B** и  **$T_\Sigma$**  в качестве решения системы уравнений, указанной в пункте 2.2 выше, с помощью метода итерации и рассчитать приблизительные значения измеренных данных по формуле:

$$z(t) = A \ln \frac{\cos B(T_\Sigma - t)}{\cos B T_\Sigma}$$

где:

**z(t)** – текущее непрерывное угловое расстояние в виде числа оборотов (не только целые значения);

**t** – время в секундах.

**Примечание 2:** Можно использовать другие функции аппроксимации  $z=f(t_z)$ , если их адекватность доказана.

3. Рассчитать выбег **j** в виде числа оборотов на секунду в квадрате ( $s^{-2}$ ) по следующей формуле:

$$j = AB^2 + \frac{\omega^2}{A}$$

где:

**$\omega$**  – угловая скорость в оборотах в секунду ( $s^{-1}$ ).

В случае  $U_n = 80$  км/ч;  $\omega = 22,222/R_r$  (или **R**).

В случае  $U_n = 60$  км/ч;  $\omega = 16,666/R_r$  (или **R**).

4. Определить качество аппроксимации измеренных данных и ее точность по следующим параметрам:

**4.1 Среднеквадратичная погрешность в процентах:**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n \left[ 1 - \frac{z(t)}{z} \right]^2} \times 100\%$$

**4.2 Коэффициент смешанной корреляции**

$$R^2 = 1 - \frac{\frac{1}{n} \sum_1^n [z - z(t)]^2}{\sum_1^n [z - \bar{z}]^2}$$

где:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{z=1}^n z = \frac{1}{n} (1+2+\dots+n) = \frac{1+n}{2}$$

**Примечание 3:** Вышеприведенные расчеты в случае данного варианта метода выбега для измерения можно произвести с помощью компьютерной программы "счетчик выбега", которая загружается с веб-сайта WP.29<sup>2</sup>, а также с помощью любой иной программы, которая позволяет рассчитать нелинейную регрессию.

## II. Обоснование

1. Предлагаемый принцип и его применение в компьютерной программе "счетчик выбега" строится на точном соотношении:

$$j = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

2. Многочисленные эксперименты свидетельствуют о том, что формула, содержащаяся в пункте 2.3 добавления 5 к предлагаемому приложению 6, весьма эффективна для аппроксимации экспериментальных данных. Эта формула ограничений между текущим временем  $t$  и текущим угловым расстоянием  $z$  получена в результате преобразования зависимости между отраженным расстоянием  $S$  и временем  $T$  [1], [2] (в общем случае  $T = T_\Sigma - t$ ):

$$S = A_m \ln \frac{1}{\cos BT}$$

Соотношение между отраженным временем  $T$  и общим временем выбега  $T_\Sigma$  определяется формулой  $T = T_\Sigma - t$  (в локальном случае  $T = T_\Sigma$ ,  $|S| = S_\Sigma$ ).

<sup>2</sup> Будет указан на более поздней стадии.

Вторая производная функции, которая описывается формулой, содержащейся в пункте 2.3 добавления 5 приложения 6, представляет собой выбег  $j$  в виде числа оборотов на секунду в квадрате или  $s^{-2}$ :

$$j = \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{AB^2}{\cos^2 B(T_\Sigma - t)}$$

3. Между этой формулой и формулой расчета  $z$ , содержащейся в пункте 2.3 добавления 5 приложения 6, нет упрощений или допущений, поскольку соответствующее преобразование производится по правилам дифференциального исчисления высшей математики. Таким образом, необходимости в измерении и расчете скорости нет.

4. Алгоритм определения параметров  $A$ ,  $B$  и  $T_\Sigma$  включает следующие шаги:

4.1 измерение времени каждого оборота вращающегося тела, которое дает экспериментальную зависимость, как показано на рис. 1:

$$z = f(t_z)$$

4.2 нахождение значения, ближайшего к максимальному значению  $z$ , которое делится на 4, деление его на 4 равные части и регистрация координат 4 точек на экспериментальной кривой (см. рис. 4).

4.3 составление системы уравнений на основе формулы, содержащейся в пункте 2.3 добавления 5 приложения 6, с заменой 4 точек координат, как показано на рис. 1:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= A \ln \frac{\cos B(T_\Sigma - t_1)}{\cos B T_\Sigma} \\ \dots & \\ \dots & \\ z_4 &= A \ln \frac{\cos B(T_\Sigma - t_4)}{\cos B T_\Sigma} \end{aligned} \right\}$$

4.4 попарное преобразование системы уравнений, приведенных в пункте 4.3 выше, дает следующую систему из двух уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \cos^2 B(T_\Sigma - t_1) &= \cos B T_\Sigma \cos B(T_\Sigma - t_2) \\ \cos^2 B(T_\Sigma - t_3) &= \cos B(T_\Sigma - t_2) \cos B(T_\Sigma - t_4) \end{aligned} \right\}$$

Параметры  $B$  и  $T_\Sigma$  определены в этой системе методом итерации. Затем параметр  $A$  можно получить из четвертого уравнения, которое входит в систему из четырех уравнений, указанных выше, путем умножения на  $2\pi$ :

$$A = \frac{2\pi z_4}{\ln \frac{\cos B(T_\Sigma - t_4)}{\cos B T_\Sigma}}$$

Таким образом, формулы  $z = f(t_z)$  и  $j = d^2z/dt^2$  преобразуются в формулы с определенными параметрами, допуская тем самым их последующее применение. Первая производная функции  $z = f(t)$ , содержащаяся в пункте 2.3 добавления 5 приложения 6 выше, представляет собой угловую скорость  $\omega$  в оборотах в секунду ( $s^{-1}$ ):

$$\omega = \frac{dz(t)}{dt} = AB \operatorname{tg}B(T_{\Sigma} - t)$$

Из этого можно видеть, что:

$$\operatorname{tg}B(T_{\Sigma} - t) = \frac{\omega}{AB}$$

Следующая формула следует из геометрии и предыдущего соотношения:

$$\cos^2 B(T_{\Sigma} - t) = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 B(T_{\Sigma} - t)} = \frac{1}{1 + (\omega/AB)^2}$$

После подстановки этого уравнения в формулу  $j$  в пункте 2 данного обоснования получаем:

$$j = AB^2 + \frac{\omega^2}{A}$$

Это соотношение – основная формула для "счетчика выбега".

5. Этот предлагаемый подход на основе математического метода производных, связанный с использованием "счетчика выбега", обеспечивает аппроксимацию расчетной оценки, близкой к 1.

### III. Рассмотрение Рабочей группой по вопросам торможения и ходовой части (GRRF)<sup>3</sup>

В ходе шестьдесят седьмой сессии GRRF эксперт от Российской Федерации представил документ GRB-59-02, в котором предлагается оценка результатов испытания шины на сопротивление качению с помощью математического алгоритма, для его включения в качестве альтернативы существующему методу, содержащемуся в тексте Правил. Он также представил результаты анализа приемлемости предложенного алгоритма для шин категории C1, проведенного во Франции в сотрудничестве с Российской Федерацией (GRB-59-07 и GRB-59-08). GRRF отметила, что это предложение может быть представлено GRB на рассмотрение WP.29 в качестве дополнения к Правилам ООН № 117. GRRF рекомендовала дополнительные шаги для более точного выяснения чувствительности предложенного метода, предложив: i) распространить этот анализ приемлемости на шины категорий C2 и C3 и ii) проверить применение предложенной альтернативы в условиях проверки соответствия производства. Председатель GRRF предложил экспертам представить свои замечания по данному предложению в секретариат GRB и копию эксперту из Российской Федерации.

<sup>3</sup> Этот раздел был включен секретариатом по просьбе GRB (ECE/TRANS/WP.29/GRB/57, пункт 19).