

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТОРМОЗНОГО ПУТИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Буртовой Антон Павлович, ст. гр. А-52

Автомобиль остается самым небезопасным транспортным средством. Ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибает около 1.25 млн. чел.

Эффективность тормозной системы в процессе эксплуатации проверяется по величине тормозного пути и установившегося замедления.

В ДСТУ 3649-2010 [1] тормозной путь предложено рассчитывать по формуле в зависимости от вида подвижного состава. Для легковых автомобилей категории М₁ предложена следующая зависимость:

$$S = V_0 \cdot \left(0.1 + \frac{V_0}{150} \right), \quad (1)$$

где V_0 - начальная скорость торможения, км/ч.

Если подставить в формулу (1) значение начальной скорости торможения 40 км/ч, то тормозной путь составит:

$$S = 40 \cdot \left(0.1 + \frac{40}{150} \right) = 16.67 \text{ м.}$$

Такое же значение тормозного пути закреплено Правилами дорожного движения [2] для легковых автомобилей

Тормозной путь можно определить по следующей зависимости:

$$S = \frac{V_0^2 - V_k^2}{2 \cdot j \cdot 3.6^2}, \quad (2)$$

где V_0 - начальная скорость, км/ч; V_k - конечная скорость, км/ч; j - замедление, м/с².

Эффективность тормозной системы проверяется до полной остановки автомобиля, т.е. когда $V_k = 0$.

Тогда

$$S = \frac{V_0^2}{26 \cdot j}. \quad (3)$$

Если для автомобиля категории М₁ принять следующие значения:

$j = 5$ м/с, $V_0 = 40$ км/ч, то тормозной путь составит:

$$S = \frac{40^2}{26 \cdot 5} = 12.3 \text{ м.}$$

В формуле (2) принимается, что все время торможения автомобиль движется с одинаковым замедлением, что не соответствует действительности.

Процесс торможения состоит из нескольких последовательных процессов. Различают [3] следующие этапы: время реагирования водителя на опасность; время запаздывания срабатывания тормоза; время нарастания замедления; время установившееся замедление и время снижения замедления. Время реакции водителя не относится к характеристикам тормозной системы, а временем снижения замедления, как правило, пренебрегают. Тогда путь, пройденный автомобилем за 2-4 этапы, равен:

$$S = (t_2 + 0.5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_0}{3.6} + \frac{V_0^2}{26 \cdot j}, \quad (4)$$

где t_2 - время срабатывания, с; t_3 - время нарастания, с; V_0 - скорость начала торможения, км/ч; j - установившееся замедление, м/с².

Значения величин, входящих в формулу (4) можно принять для категорий автомобилей M_1 - $t_2=0.1$ с, $t_3=0.4$ с, $j=5$ м/с². Тогда тормозной путь при начальной скорости торможения $V_0 = 40$ км/ч составит:

$$S = (0.1 + 0.5 \cdot 0.4) \cdot \frac{40}{3.6} + \frac{40^2}{26 \cdot 5} = 15.6 \text{ м.}$$

Как видно зависимость по методике [3] дает большее значение тормозного пути по сравнению с методикой [1], поскольку тут учитывается время не рабочего состояния тормозной системы.

Изменение скорости автомобиля при переходе с одного этапа процесса торможения на другой не может происходить мгновенно. Для учета переходных режимов необходимо рассматривать процесс торможения в дифференциальном виде. В методике [4] были получены более точные аналитические зависимости трех режимов (этапов) торможения:

$$S_1 = \frac{V_0 \cdot t_2}{3.6},$$
$$S_2 = \frac{V_0 \cdot t_3}{3.6} - \frac{j \cdot t_3^2}{6},$$

$$S_3 = \frac{1}{2 \cdot j} \left(\frac{V_0}{3.6} - \frac{j \cdot t_3^2}{2} \right)^2.$$

Общее время торможения определяется как сумма расстояний пройденного автомобилем на всех этапах, т.е. $S = S_1 + S_2 + S_3$.

Тогда

$$S_3 = \frac{V_0 \cdot (t_2 + t_3)}{3.6} - \frac{j \cdot t_3^2}{6} + \frac{1}{2 \cdot j} \left(\frac{V_0}{3.6} - \frac{j \cdot t_3}{2} \right)^2. \quad (5)$$

Подставим в формулу (5) параметры для автомобиля категории М₁. Получим

$$S_3 = \frac{40 \cdot (0.1 + 0.4)}{3.6} - \frac{5 \cdot 0.4^2}{6} + \frac{1}{2 \cdot 5} \left(\frac{40}{3.6} - \frac{5 \cdot 0.5}{2} \right)^2 = 15.1 \text{ м.}$$

Анализ зависимостей по методике [4] показывает более точные значения тормозного пути по сравнению с методиками [3] и [1], поскольку тут более полно учтены переходные процессы, длительность которых снижает общую эффективность тормозов.

Тем не менее все указанные методики обладают рядом недостатков: они не учитывают тип тормозной системы и привода, вес транспортного средства, податливость конструкции, изменение коэффициента трения от температуры и интенсивности скольжения. Для уточнения этих факторов необходимы дополнительные исследования.

Литература

1. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання : Видання офіційне. – Київ: Держспоживстандарт України, 2011. – 32 с.
2. Про Правила дорожнього руху [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету міністрів України від 10 жовтня 2001 р. № 1306 // Верховна рада України : Офіційний веб-портал. - <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-п/page#1>.
3. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 254 с.
4. Сараев А.В. Математическое моделирование процесса экстренной остановки автомобиля / А.В. Сараев // Вісник НТУ «ХП» - 2014. - № 9 (1052). – С. 132-139. – (Модельювання процесів у механічних системах).

Научный консультант: Кривошапов С.И., доц. каф. ТЭСА