

Е.В. Куракина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Экспертное исследование процесса торможения автомобиля в большинстве случаев является исследованием экстренного (аварийного) торможения и сводится к определению скорости автомобиля и остановочного пути. Торможение представляет собой процесс, зависящий от коэффициента сцепления колес с дорожным покрытием и внешних факторов. Шина является единственным связующим элементом между автомобилем и дорожным покрытием. Шина обеспечивает не только сцепление колеса с дорогой, но и передачу тяговых и тормозных усилий, амортизацию сил, возникающих при наезде на неровности и дефекты дороги, управляемость и безопасное движение автомобиля, динамичность и плавность хода при маневрировании, в различных профилях и т.д. Сцепление шин является решающим фактором безопасности дорожного движения.

Однако иногда приходится устанавливать и такие параметры процесса торможения, как тормозной путь, замедление и время различных фаз торможения. Для наглядного представления процесса торможения и определения всех его параметров представлена тормозная диаграмма, на которой показаны зависимости скорости и замедления автомобиля от времени (рис. 1).

Наиболее точно установившееся замедление и тормозную диаграмму конкретного автомобиля можно определить экспериментально. При этом условия проведения эксперимента должны быть близки к обстоятельствам происшествия. Если эксперимент провести невозможно или целесообразно, то величину замедления автомобиля можно определить по формуле:

$$j_3 = \frac{P_{\text{тор}} + P_{\text{д}} + P_{\text{г}}}{G_a \delta_M} \quad (1)$$

где: $P_{\text{тор}}$ - тормозная сила, $P_{\text{д}}$ - сила сопротивления дороги, $P_{\text{г}}$ - сила сопротив-

ления воздуха, G_a - масса автомобиля, δ_M - коэффициент учета вращающихся масс.

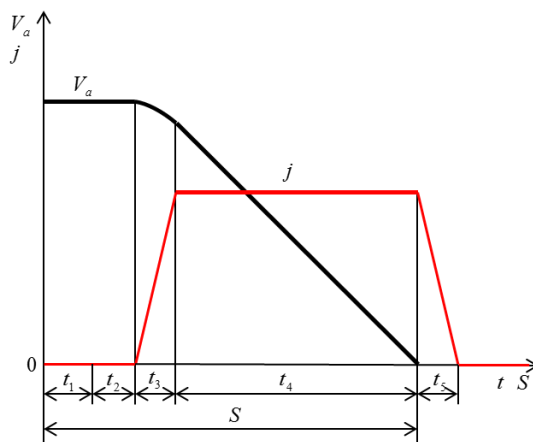


Рис. 1. Тормозная диаграмма: V_a - начальная скорость торможения (скорость ТС относительно дороги в момент начала торможения); t_1 - время реакции водителя; t_2 - время запаздывания действия тормозного привода - период от начала нажатия на тормозную педаль до момента начала уменьшения скорости ТС; t_3 - время нарастания замедления - период между началом уменьшения скорости ТС и началом равнозамедленного его движения; t_4 - время полного торможения - период, в который замедление постоянно; t_5 - время оттормаживания - период от момента, в который замедление перестает быть постоянным, до конца торможения

В связи с тем, что силы сопротивления качению и воздуха обычно малы по сравнению с тормозной силой, то ими можно пренебречь [1, 2]. Тогда замедление автомобиля при полном использовании сцепления шин с дорогой будет определено по формуле:

$$j_3 = \varphi_n g \quad (2)$$

$$j_3 = \frac{\varphi}{K_3} g (\cos \alpha \pm \sin \alpha) \quad (2.1)$$

где φ_n - приведенное значение коэффициента сцепления, которое должно быть определено экспериментально на месте происшествия с помощью соответствующих приборов. При отсутствии экспериментальных данных величину φ выбирают по нормативным значениям в зависимости от типа и состояния покрытия проезжей части в месте происшествия. Знак «+» в формуле (2.1) берется в случае движения транспортного средства на подъеме, а знак «-» движения на спуске.

Основная расчетная формула в экспертных исследованиях, определяющая остановочный путь автомобиля и в дальнейших выводах возможность предотвращения ДТП:

$$S_o = \sum S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26j_3} \quad (3)$$

Для учета фактических радиусов вертикальных кривых, видимости встречного ТС при дневном освещении и в свете фар на различном удалении от места ДТП, ширины проезжей части, краевых укрепительных полос и обочин, наличия разметки на дороге, значений продольных уклонов, значений коэффициентов сцепления, наличия или отсутствия дорожных в зоне видимости места ДТП, состояния покрытия, наличия дефектов, их количественной и качественной характеристики формула 3 будет иметь вид:

$$S_o = \sum S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2 K_s}{26\varphi(\cos \alpha \pm \sin \alpha)g} \quad (4)$$

Время реакции водителя t_1 в конкретных случаях целесообразно дифференцировать, учитывая обстановку, в которой произошло ДТП, объективные, физиологические и психические данные водителя, его опыт, и другие факторы, влияющие на величину времени реакции водителя [3, 4].

Величина времени запаздывания зависит от типа привода тормозной системы. В экспертной практике значение рекомендуется принимать согласно таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Время запаздывания t_2 действия тормозного привода для некоторых видов ТС

Транспортные средства	t_2 , с
Автомобили с гидравлическим и механическим приводами тормозов	0,10
Автомобили с пневматическим приводом	0,30
Колесные тракторы	0,15
Гусеничные тракторы	0,20
Мотоциклы и мотороллеры	0,10
Мопеды	0,30
Мото- и велосипеды	0,30
Мотоколяски	0,50
Троллейбусы	0,30
Трамваи	0,50

Если тормоза с гидравлическим приводом срабатывают после второго нажатия на тормозную педаль, то $t_2 = 0,6$ с, а при срабатывании с третьего нажатия - $t_2 = 1,0$ с. Экспериментальное определение времени запаздывания для исправных ТС обычно нецелесообразно, поскольку возможные отклонения от рекомендуемых значений не могут существенно влиять на результаты расчетов и выводы заключения.

Время нарастания замедления можно вычислить по результатам эксперимента, в процессе которого будут зафиксированы:

- скорость ТС перед торможением;
- установившееся замедление;
- перемещение ТС при установившемся замедлении.

Если проведение эксперимента нецелесообразно или невозможно, то можно пользоваться значениями, приведенными в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2

**Время нарастания замедления t_3 при экстренном торможении ТС
для различных типов и состояний дорожного покрытия**

Транспортные средства	Дорожное покрытие	t_3 , с	
		без нагрузки	с полной нагрузкой
Легковые автомобили, сконструированные на их базе	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
	сухое	0,15	0,2 (0,15)*
	мокрое	0,1	0,1
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,05	0,05
	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
	сухое	0,2 (0,15)	0,4 (0,15)
Грузовые автомобили, автомобильные поезда и др., сконструированные на их базе (с гидроприводом)	мокрое	0,1	0,2 (0,5)
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,05	0,1
	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
Автобусы с гидравлическим приводом тормозов	сухое	0,25 (0,2)	0,4 (0,2)
	мокрое	0,15	0,25 (0,2)
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,1	0,1
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 4,5 т, автомобильные поезда и др., сконструированные на их базе с пневматическим приводом тормозов	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
	сухое	0,6 (0,4)	1,2 (0,6)
	мокрое	0,25	0,7 (0,6)
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,15	0,3
	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
	сухое	0,7 (0,45)	1,5 (0,7)
Грузовые автомобили грузоподъемностью свыше 4,5 т, автомобильные поезда и др., сконструированные на их базе с пневматическим приводом тормозов	мокрое	0,2	0,4
	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,2	0,4
	Асфальтобетонное, цементобетонное, щебеночное, грунтовое:		
Автобусы с пневматическим приводом тормозов	сухое	0,8 (0,5)	1,3 (0,6)
	мокрое	0,45	0,76 (0,60)
То же	Обледенелая покрытая укатанным снегом дорога	0,2	0,6

* В скобках значения t_3 для экстренного торможения без блокировки колес. В остальных случаях значение t_3 принимается одинаковым как для случая с блокировкой (оставлением следа «юз»), так и без блокировки колес.

t_3 определяется по формуле:

$$t_3 = 1,4 t_3^0 \varphi \left(1 + \frac{G_M}{G_o} \right) \quad (5)$$

где: t_3 - искомое время нарастания замедления, с; t_3^0 - исходное время нарастания замедления, с; G_M - масса груза, кг; G_o - масса ТС без нагрузки, кг.

Важно знать время торможения $T_{\text{торм}}$ транспортного средства от начала до конца торможения, оно суммируется t_2, t_3, t_4 . t_4 - время полного торможения, при котором замедление постоянно, и определяется по формуле:

$$t_4 = \frac{V_a - 1,8 j_3 t_3}{3,6 j_3} \quad (6)$$

Таким образом время торможения $T_{\text{торм}}$ будет определяться по формуле:

$$T_{\text{торм}} = t_2 + 0,5 t_3 + (V_a - 6,5 t_3) \frac{K_3 (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g}{\varphi} \quad (7)$$

Полное остановочное время будет определяться по формуле:

$$T_{\text{ост}} = t_1 + t_2 + 0,5 t_3 + \frac{V_a K_3}{3,6 \varphi (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g} \quad (8)$$

Следует учитывать и то, если транспортное средство тормозит всеми колесами на горизонтальной поверхности, то формулы (7) и (8) будут определяться:

$$T_{\text{торм}} = t_2 + 0,5 t_3 + \frac{V_a K_3}{35,3 \varphi} \quad (9.1)$$

$$T_{\text{ост}} = t_1 + t_2 + 0,5 t_3 + \frac{V_a K_3}{35,3 \varphi} \quad (9.2)$$

Одним из основных вопросов экспертам по расследованию ДТП является «какова была скорость транспортного средства перед торможением?», т.е. с какой скоростью двигался автомобиль перед ДТП.

Согласно тормозной диаграмме S_4 это перемещение автомобиля за время установившегося автомобиля. При экспертном исследовании данную величину принимают за след «юза» - $S_{\text{ю}}$. С учетом этого, скорость движения транспортного средства перед началом торможения определяется по формуле:

$$V_a = \frac{1,8 t_3 \varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g + \sqrt{\frac{26 t_3 \varphi S_{ю}}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g} \quad (10)$$

Еще одним распространенным вопросом к эксперту является определение скорости движения в процессе торможения. Здесь необходимо учесть, что $S_{ю}$ будет определяться как сумма $S_{ю}'$ (длина тормозного следа от его начала до столкновения) и $S_{ю}''$. Так случается, место ДТП определено на расстоянии $S_{ю}''$, т.е. от конца тормозного следа. В таком случае скорость в момент столкновения и начальная скорость транспортного средства будет определена по формулам:

$$V_{столк} = \sqrt{\frac{26 S_{ю}'' \varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g} \quad (11)$$

$$V_a = \frac{1,8 t_3 \varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g + \sqrt{\frac{26 t_3 \varphi S_{ю}'}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g + V_{столк}^2} \quad (12)$$

Экспертами при определении остановочного пути S_o используется значения $S_{ю}$, таким образом S_o будет определяться по формуле:

$$S_o = (t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_{ю} \quad (13)$$

Однако, если в материалах дела по ДТП уже известна величина остановочного пути, то скорость транспортного средства будет определена по формуле:

$$V_a = 3,6 \left[\sqrt{(t_1 + t_2 + 0,5 t_3)^2 \left(\frac{\varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g \right)^2 + 2 \frac{\varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g} \right. \\ \left. \left[\left((t_1 + t_2 + t_3) \frac{V_a}{3,6} + S_{ю} \right) - \left(\frac{\varphi}{K_3} (\cos \alpha \pm \sin \alpha) g (t_1 + t_2 + 0,5 t_3) \right) \right] \right] \quad (14)$$

Таким образом, для выявления зависимости процесса торможения, в частности значений j_z (формула 2), от параметров дороги, необходимо выявить взаимосвязи между факторами, определяющими ход процесса, и представить в виде математической модели. Благодаря представленным исследованиям заключения экспертов будут точными и верными.

Литература

- [1] Евтюков С.А., Васильев Я.В., ДТП: Расследование, реконструкция и экспертиза, Издательство ДНК, СПб.: 2008.

- [2] Евтюков С.А., Васильев Я.В., Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах, Издательский дом Петрополис, СПб.: 2012.
- [3] Куракина Е.В., Евтюков С.А., Исследование влияния сцепных качеств дорог на безопасность дорожного движения, Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ 5(40), 166-172.
- [4] Куракина Е.В., Экспертная характеристика автомобильной дороги в дорожно-транспортной экспертизе, Современные проблемы науки и образования, 2013, 5; URL: <http://www.science-education.ru/111-10273>

Study of the braking process of the car in specialized practice

Abstract

The paper presents study of the braking process in a specialized practice. The relationship of the distance and braking speed with relief and length of duration of the various stages of braking are presented. There are also presented formulas for calculating exemption and tables for reading brake operation delay time and increasing the time of release.