

УДК 630*383

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА УЧАСТКАХ С ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТЬЮ В ПЛАНЕ

Бурмистрова О.Н., Тимохова О.М.

*ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»,
Ухта, e-mail: chonochka@mail.ru*

В статье определены условия и величина замедления автомобиля при торможении с высокой начальной скоростью, из которых видно, что водитель прекращает увеличивать давление на тормозную педаль при возникновении опасности блокировки колес переднего и заднего мостов. В статье принято, что торможение происходит на прямом горизонтальном участке дороги, а сопротивление воздуха не оказывает практического влияния на величину тормозного пути. Из выполненных исследований видно, что при определении допустимых скоростей движения, особенно в области их высоких значений, необходимо учитывать зависимость коэффициента сцепления от скорости. В статье при расчете допустимой скорости принята линейная зависимость коэффициента сцепления от скорости вид. При расчетах допустимых скоростей необходимо оставлять также определенный запас сцепления для восприятия боковых сил и компенсации неточности выбора водителем режима торможения.

Ключевые слова: скорость движения, коэффициент сцепления, тормозной путь, режим торможения

METHOD OF EVALUATION INDICATORS VEHICLE SPEED ON SITES WITH LIMITED VISIBILITY PLAN

Burmistrova O.N., Timokhova O.M.

FGBOU VPO «Ukhta State Technical University», Ukhta, e-mail: chonochka@mail.ru

The article defines the conditions and the magnitude of deceleration of the vehicle during braking high initial velocity c , which show that the driver stops to increase the pressure on the brake pedal in the event of danger of locking the wheels front and rear axles. In the article it is assumed that the inhibition occurs in a straight horizontal section of the road, and air resistance does not have a practical effect on the amount of braking distance. Of the investigations can be seen in determining the allowable speeds, particularly in the area of high value, it is necessary to take into account the dependence of the friction coefficient of the speed. The article in the calculation of allowable rate adopted the linear dependence of friction coefficient on the rate of appearance. When calculating allowable speeds you must also leave a certain margin of clutch for the perception of lateral forces and compensation for inaccuracies selection mode driver braking.

Keywords: speed, friction coefficient, braking distance, braking mode

Допустимая по условиям безопасности скорость движения автомобиля должна обеспечивать: устойчивость автомобиля в пределах полосы движения; возможность полной остановки в пределах расстояния видимости.

Длина тормозного пути должна быть меньше или в пределах, равном расстоянию видимости, что и является основным условием при определении безопасной скорости движения.

При определении тормозного пути автомобиля обычно рассматривается так называемое «аварийное торможение», т.е. торможение с максимальной интенсивностью, как правило, сопровождающееся юзом колес автомобиля, потерей устойчивости и управляемости. Такое торможение может явиться причиной аварий или аварийной ситуации. Поэтому при определении безопасной скорости следует рассматривать не «аварийное торможение», а торможение, не приводящее к потере устойчивости и управляемости.

Как известно [1], у современных автомобилей соотношение между тормозными моментами передних и задних мостов является постоянной величиной, определяющейся конструкцией тормозных механизмов и привода. Это соотношение выбирается из условия обеспечения полного использования сцепного веса автомобиля в конкретных дорожных условиях, характеризующихся расчетным коэффициентом сцепления j_p . Обычно при конструировании тормозных систем принимают $j_p = 0,4-0,45$.

При торможении на дороге с коэффициентом сцепления меньше расчетного при чрезмерном нажатии на тормозную педаль в первую очередь начнется блокировка колес переднего моста, следствием чего может быть потеря управляемости автомобилем. При торможении же на дороге, коэффициент сцепления на которой выше расчетного значения, сначала будет происходить блокировка задних колес автомобиля, что может привести к заносу автомобиля [1].

Эти условия и определяют величину замедления автомобиля при торможении с высокой начальной скоростью – водитель прекращает увеличивать давление на тормозную педаль при возникновении опасности блокировки колес переднего и заднего мостов.

Высказанная гипотеза может быть положена в основу расчета возможного замедления автомобиля. При этом принято, как это считается в теории движения автомобиля, что торможение происходит на прямом горизонтальном участке дороги, а сопротивление воздуха не оказывает практического влияния на величину тормозного пути [2].

Если торможение происходит по дороге, имеющей коэффициент сцепления меньше j_p (ограничение тормозной силы по блокировке колес переднего моста), то суммарная тормозная сила может быть найдена из соотношений

$$P_\tau = P_{\tau_1} + P_{\tau_2},$$

где P_{τ_1} и P_{τ_2} – тормозные силы на переднем и заднем мостах.

Так как соотношение между тормозными силами переднего и заднего мостов

$$\beta_\tau = \frac{P_{\tau_1}}{P_{\tau_2}},$$

то

$$P_\tau = P_{\tau_1} \left(1 + \frac{1}{\beta_\tau} \right) = P_{\tau_1} \left(\frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau} \right).$$

Величина максимальной тормозной силы для переднего моста равна

$$P_{\tau_1} = \varphi_v R_{z_1},$$

где R_{z_1} – нормальная реакция по передним мостам; φ_v – коэффициент сцепления.

Тогда

$$P_\tau = \varphi_v R_{z_1} \left(\frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau} \right). \quad (1)$$

На рис. 1 представлена схема сил, действующих на автомобиль при торможении. Составляя уравнение моментов относительно оси, проходящей через точку опор задних колес, находим

$$R_{z_1} L = G \cdot b + P_j h_g, \quad (2)$$

где L – база автомобиля; b – расстояние от заднего моста до центра тяжести; h_g – высота центра тяжести.

Учитывая, что $G = M_a g$ и $P_j = P_j$, находим величину нормальной реакции под передним мостом.

$$R_{z_1} = \frac{g M_a b + P_j h_g}{L}, \quad (3)$$

где P_j – сила инерции, которая равна $P_j = M_a j_T$; j_T – ускорение замедления автомобиля; M_a – масса автомобиля.

Из уравнения (1) находим нормальную реакцию под передним мостом:

$$R_{z_1} = \frac{j_T M_a}{\varphi_v \left(\frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau} \right)}. \quad (4)$$

Приравняв правые части выражения (3) и (4) и сделав соответствующие преобразования, получим выражение для ускорения замедления при торможении:

$$j_T = \varphi_v \frac{\frac{g b}{L} \cdot \frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau}}{1 - \frac{h_g}{L} \varphi_v \frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau}}. \quad (5)$$

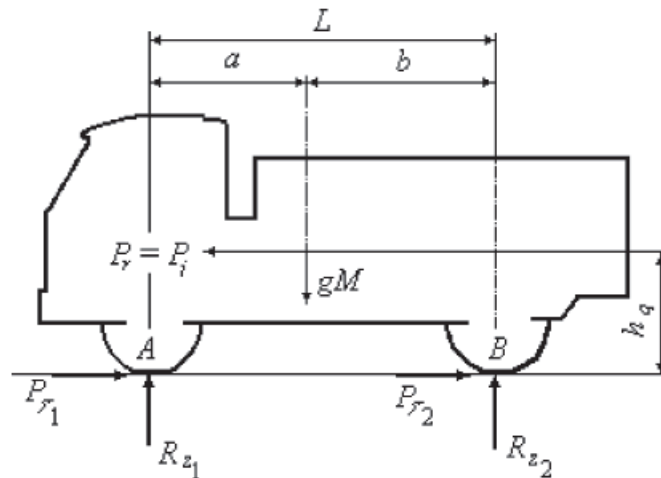


Схема сил, действующих на автомобиль при торможении

Если торможение происходит на дороге, имеющей коэффициент сцепления больше j_p , то рост тормозной силы прекратится в момент, когда на колесах заднего моста будет достигнута максимальная тормозная сила сцепления. Составив уравнение моментов относительно оси, проходящей через точку опор передних колес, и выполнив соответствующие преобразования, получим выражение для нахождения ускорения замедления:

$$j_T = \varphi_v g \frac{\frac{a}{L}(1 + \beta_\tau)}{1 + \frac{h_g}{L} \varphi_v (1 + \beta_\tau)}, \quad (6)$$

где a – расстояние от переднего моста до центра тяжести.

Полный остановочный путь автомобиля S_{t_0} складывается из пути, проходимого автомобилем за время реакции S_0 , и тормозного пути S_τ .

$$S_{t_0} = S_0 + S_\tau.$$

Длина пути S_0 зависит от начальной скорости автомобиля v_0 , продолжительности реакции водителя t_p , времени срабатывания привода t_{np} и времени нарастания замедления t_3 .

Таким образом,

$$S_0 = \left(t_p + t_{np} + \frac{t_3}{2} \right) v_0. \quad (7)$$

По данным $t_p = 0,2 \dots 1,5$ с, $t_{np} = 0,2$ с (для гидравлического привода); $t_{np} = 1,5 \dots 0,2$ с (для автопоездов с пневматическим приводом).

Если известно ускорение замедления автомобиля, то тормозной путь может быть найден следующим образом. Допустим, что в течение малого промежутка времени Δt ускорение замедления постоянно и равно j_T . Если в момент времени $t = t_1$ скорость автомобиля равна v , то скорость в момент $t + \Delta t$ будет равна

$$v_{i+1} = v_i - j_T \Delta t. \quad (8)$$

Путь ΔS_i , проходимый автомобилем за время Δt , равен

$$\Delta S_i = v_i \Delta t - \frac{j_T \Delta t^2}{2}. \quad (9)$$

Если скорость в конце торможения равна v_k , то тормозной путь находится

$$S_\tau = \sum \Delta S_i. \quad (10)$$

В формулах (4) и (5) по определению замедления входит коэффициент сцепления φ_v . Из выполненных исследований [3] известно, что этот коэффициент зависит от многих факторов, в том числе и от скорости движения. Поэтому при определении допускаемых скоростей движения, особенно в области их высоких значений, необходимо учитывать зависимость коэффициента сцепления от скорости. При расчете допускаемой скорости принята линейная зависимость коэффициента сцепления от скорости вида

$$\varphi_v = \varphi_0 (1 - A v_0), \quad (11)$$

где φ_0 – коэффициент сцепления, замеренный при малой скорости; A – коэффициент, зависящий от состояния покрытий, типа шин и скорости движения.

Для асфальтобетонных покрытий можно принять $A = 0,015 - 0,03$.

Была разработана программа расчета тормозного пути на участках с ограниченной видимостью в профиле на ЭВМ.

При расчете допускаемых скоростей нами рассматривались два предельных состояния автомобиля.

Состояние А – тормозная система с минимальным запаздыванием, оптимальная развесовка, внимательный и быстро реагирующий водитель.

Состояние В – тормозная система с большим запаздыванием, неоптимальная развесовка, водитель с замедленной реакцией.

Расчеты проводились применительно к параметрам автомобиля МАЗ-509А. Коэффициент распределения тормозных моментов β_i определяется по выражению

$$\beta_\tau = \frac{M \tau_1}{M \tau_2} = \frac{b + \varphi_p h_g}{a - \varphi_p h_g},$$

при $\varphi_p = 0,45$.

При расчетах допускаемых скоростей необходимо оставлять также определенный запас сцепления для восприятия боковых сил и компенсации неточности выбора водителем режима торможения.

Список литературы

1. Астров В.А. Коэффициенты сцепления и параметры шероховатости дорожных покрытий // Автомобильные дороги. – 1973. – № 7.
2. Бельский А.Е. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1966. – 122 с.
3. Бурмистрова О.Н. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог лесопромышленного комплекса / О.Н. Бурмистрова, В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев, А.В. Скрыпников. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 176 с.
4. Великанов Д.П. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.Н. Вернацкий, Б.И. Нифонтов, И.П. Плеханов. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
5. Miller A.J. Road traffic flow considered as a stochastic process // Proc. Camoridge Philos. Soc. – Vol. 58. – P. 312–325.

References

1. Astrov V.A. Kojefficienty scepnenija i parametry sherohovatosti dorozhnyh pokrytij // Avtomobilnye dorogi. 1973. no. 7.
2. Belskij A.E. Raschety skorostej dvizhenija na avtomobilnyh dorogah. M.: Transport, 1966. 122 p.

3. Burmistrova O.N. Povyshenie transportno-jekspluatacionnyh kachestv avtomobilnyh dorog lesopromyshlennogo kompleksa / O.N. Burmistrova, V.K. Kurjanov, D.N. Afonichev, A.V. Skrypnikov. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 2002. 176 p.

4. Velikanov D.P. Avtomobilnye transportnye sredstva / D.P. Velikanov, V.N. Vernackij, B.I. Nifontov, I.P. Plehanov. M.: Transport, 1977. 326 p.

5. Miller A.J. Road traffic flow considered as a stochastic process // Proc. Camoridge Philos. Soc. Vol. 58. pp. 312–325.

Рецензенты:

Сушков С.И., д.т.н., профессор кафедры технологии и машин лесозаготовок, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта;

Павлов А.И., д.т.н., профессор кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта.

Работа поступила в редакцию 18.03.2015.