

Касимов О. К., к.т.н., доцент, ТГТрУ

Тұхтамишов С.С., ассистент, ТГТрУ

МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ ДОПУСТИМОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ НА ПЕРЕДНЕЙ ОСИ

Аннотация: Обоснованы оценивать устойчивость автомобиля при торможении, не только от соотношения тормозных сил, но и от их абсолютной величины. Потому что соотношения тормозных сил недостаточно точно характеризуют максимальную величину разворачивающего момента от неравномерности тормозных сил, от которой в конечном счете зависит устойчивость автомобиля. В зависимости от особенностей тормозной системы процесс экстренного торможения может происходить либо без блокировки колес, либо с определенным сочетанием заблокированных колес, ввиду существенных различий в характере торможения, допустимая неравномерность для соответствующего типа торможения должна определяться по разным критериям.

Ключевые слова: автомобиль, процесс торможения, математическая модель, тормозные силы, скольжение, сила сопротивления дороги.

Kasimov O. candidate of technical sciences associate professor TSTU,

Tukhtamishov S. assistant TSTU

METHOD FOR REGULATION OF THE PERMISSIBLE IRREGULARITY OF BRAKE FORCES ON THE FRONT AXLE.

Annotation: It is justified to evaluate the stability of the car during braking, not only from the ratio of braking forces, but also from their absolute value. Because the ratios of the braking forces do not accurately characterize the maximum value of the turning moment from the unevenness of the braking forces, on which the stability of the car ultimately depends. Depending on the characteristics of the braking system, the process of emergency braking can

occur either without wheel blocking or with a certain combination of blocked wheels; due to significant differences in the nature of braking, the permissible unevenness for the corresponding type of braking should be determined according to different criteria..

***Key words:** Car, braking process, mathematical model, braking force, slip, slipping force.*

Одной из важнейших проблем, связанных с автомобилизацией общества, является проблема обеспечения безопасности дорожного движения. К числу важных направлений сокращения количества и тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП) относится улучшение в процессе эксплуатации автомобилей технического состояния их тормозного управления. На его долю приходится около 50% ДТП, связанных с неисправным состоянием автотранспорта. При этом установленные требования к устойчивости автомобиля при торможении не достаточно четкие и следовательно не способствуют в должной мере обеспечению безопасности дорожного движения. Это обуславливает актуальность задачи совершенствования нормативной базы регламентирующей тормозные свойства автомобиля в условиях эксплуатации и методов их контроля. Целью данной работы является разработка метода нормирования допустимой неравномерности тормозных сил на передней оси.

Методика исследования включала сбор статистического материала по выходным параметрам тормозной системы автомобилей-такси, находящихся в эксплуатации, теоретический анализ влияния изменения технического состояния тормозных систем на устойчивость процесса торможения автомобилей с использованием математического моделирования и экспериментальную проверку полученных результатов. Объектом исследования являются легковые автомобили среднего класса.

В настоящее время неравномерность тормозных сил на колесах одно-

именных осей нормируется либо в виде процентного отношения разницы тормозных сил к большей по величине тормозной силе, либо в виде отношения разницы тормозных сил к их сумме. При допущении линейной зависимости тормозных сил от приводного давления, данные критерии удобны для оценки неравномерности тормозных сил при стендовом контроле, поскольку они зависят только от соотношения тормозных сил, а не от их абсолютной величины. Однако в этом же заключается, и причина того, что указанные критерии недостаточно точно характеризуют максимальную величину разворачивающего момента от неравномерности тормозных сил, от которой в конечном счете зависит устойчивость автомобиля.

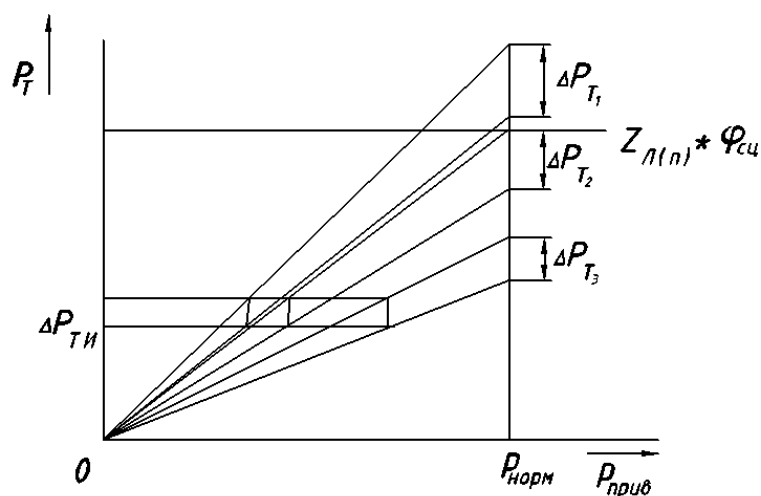


Рис.1. Влияние эффективности тормозных механизмов на абсолютную величину разницы тормозных сил на колесах одноименной оси.

Из рис.1. видно, что в зависимости от величины реализуемых по условиям сцепления и потенциально-возможных тормозных сил на колесах одной оси, автомобиль имеющий их одинаковую относительную неравномерность может иметь различную действующую неравномерность, а значит и различный разворачивающий момент.

Основными требованиями, предъявляемыми к устойчивости автомобиля при торможении являются невыход его за пределы коридора безопасности и ограничение угла его разворота. Обеспечить указанные свой-

ства во всем диапазоне внешних условий и скоростных режимов встречающихся в эксплуатации без коррекции траектории при помощи рулевого управления практически невозможно даже если тормозная система автомобиля оснащена антиблокировочной системой. Поэтому более правильным представляется ограничение внутренних возмущающих факторов на уровне гарантирующем сохранение управляемости автомобиля и нахождение его в пределах коридора безопасности за время реакции водителя.

В зависимости от особенностей тормозной системы процесс экстренного торможения может происходить либо без блокировки колес, либо с определенным сочетанием заблокированных колес, ввиду существенных различий в характере торможения, допустимая неравномерность для соответствующего типа торможения должна определяться по разным критериям.

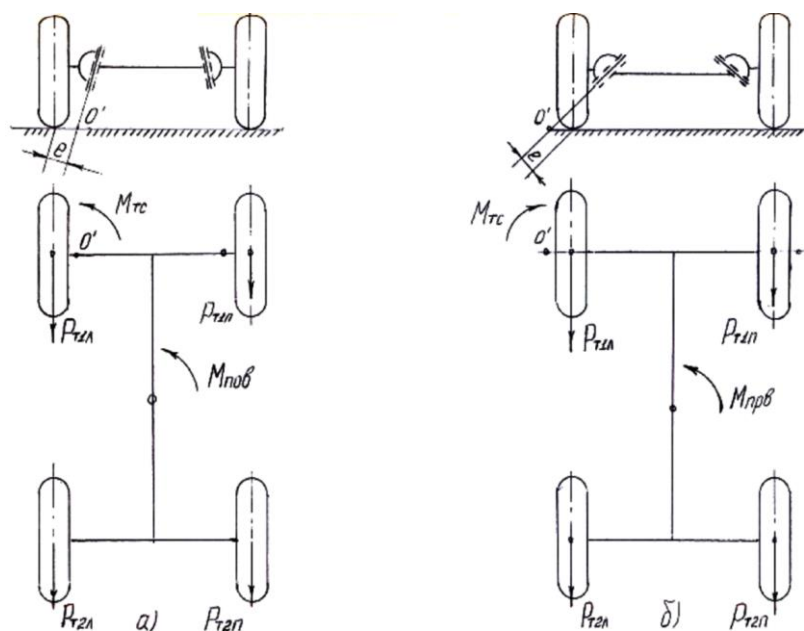


Рис.2. Схема действия моментов $M_{пов}$ и $M_{ТС}$ при положительном (а) и отрицательном (б) плечах обкатки

Углы кинематического разворота управляемых колес находятся из уравнения:

$$J_c \cdot \theta_k = M_c + M_\lambda + M_{pk} + M_{Tc} \quad (1)$$

где: J_c - приведенный момент инерции управляемых колес автомобиля и деталей рулевого управления относительно оси поворота колеса;

M_c - момент, обусловленный качением шины с уводом и продольным наклоном оси поворота колеса;

M_λ - приведенный момент вязкого трения;

M_{pk} - приведенный момент упругости рулевого управления;

M_{Tc} - момент, обусловленный разностью тормозных сил на управляемых колесах.

При торможении с зафиксированным рулевым управлением ($\theta_k = 0$) угол поворота рулевого колеса и его производная принимаются равными нулю, поэтому моменты трения и упругости рулевого управления можно не учитывать.

Момент от действия боковых сил и продольного наклона оси поворота колеса:

$$M_c = N_1 \cdot r_k \cdot \sin \beta \quad (2)$$

где: β - угол продольного наклона оси поворота колеса;

r_k - радиус качения колеса.

Момент обусловленный разностью тормозных сил равен:

$$M_{Tc} = (P_{Tl} - P_{Tn}) \cdot e \quad (3)$$

где: e - плечо обкатки колеса.

Как видно из рис.2, при отрицательном плече обкатки, момент M_{Tc} , вызванный неравномерностью тормозных сил на передней оси, несколько компенсируется за счет разнонаправленности M_{Tc} и автомобиль сохраняет устойчивость при более значительной разнице тормозных сил на передней оси.

Торможение с высокой начальной скорости при наличии неравномерности тормозных сил, может привести к неуправляемому заносу, для которого характерна сложная траектория движения автомобиля. Оценка устойчивости по конечным значениям углов разворота автомобиля и его боковым отклонениям при этом невозможна. Кроме того, в реальной ситуации водитель в случае заноса автомобиля, как правило пытается исправить траекторию при помощи рулевого управления, однако делает он это не в момент начала заноса, а через определенный интервал времени, называемый временем реакции водителя. Для того, чтобы маневр водителя был успешным, необходимо, чтобы курсовой угол автомобиля к концу данного промежутка времени не превысил критического значения, после которого наступает неуправляемый занос. В связи с этим целесообразно оценивать устойчивость по величине курсового угла и бокового отклонения за время реакции водителя. Чтобы определить его величину необходимо рассмотреть его составляющие.

Прежде чем водитель сможет скорректировать траекторию движения он должен быть информирован об отклонении автомобиля от курса. Эта информация может быть получена тремя возможными способами:

- визуально;
- через действующее на тело водителя боковое ускорение;
- через окружную силу на рулевом колесе.

Итого общее время необходимое для информации, реакции водителя и срабатывания рулевого привода, находится в пределах 0,9...1,6 с. Для краткости в дальнейшем весь этот промежуток времени именуется временем реакции водителя. Поскольку приведенный диапазон значений его достаточно широк и требовал конкретизации, были выполнены экспериментальные исследования, в ходе которых установлено, что среднее значение его равно 1,24 с, а максимальное 1,5 с. В расчете на водителя с наихудшей реакцией, принято равным 1,5 с.

Параметры тормозной системы автомобиля, удовлетворяющего требованиям по эффективности торможения, определяются из следующих выражений:

- общая тормозная сила:

$$P_T = j_{норм}^{сн} \cdot m_{сн} \quad (4)$$

- тормозная сила на колесах задней оси:

$$P_{T2} = Z_2^{сн} \cdot (j_{норм}^{сн} / g) \cdot \varphi_{сц} \quad (5)$$

- тормозная сила на колесах передней оси:

$$P_{T1} = j_{норм}^{сн} \cdot m_{сн} - Z_2^{сн} \cdot (j_{норм}^{сн} / g) \cdot \varphi_{сц} \quad (6)$$

в том числе:

- большая тормозная сила:

$$P_{T1б} = (P_{T1} + \Delta P) / 2 \quad (7)$$

- меньшая тормозная сила:

$$P_{T1м} = (P_{T1} - \Delta P) / 2 \quad (8)$$

При торможении с высокой начальной скорости автомобиль попадает в неуправляемый занос даже при незначительной неравномерности тормозных сил на колесах передней оси, которую трудно выдержать в условиях эксплуатации. Поэтому при определении допускаемой неравномерности скорость начала торможения необходимо ограничить минимально-приемлемой величиной, в качестве которой можно принять наиболее вероятную скорость вовлечения автомобиля в ДТП. Согласно исследованиям /2/ ее значение равно 5бкм/ч. Критический угол для данной скорости, на основании теоретических исследований принят равным 15°.

Коэффициент сцепления колес с дорогой принимается равным максимальному значению, поскольку в этом случае разворачивающий момент от неравных тормозных сил наибольший.

Допускаемая неравномерность определяется для автомобиля со снаряженной массой, так как устойчивость его при торможении в данном весовом состоянии хуже, чем с полной массой.

Значения параметров, принятых при определении коэффициента осевой неравномерности передней оси сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Величина
1	2	3	4
Время реакции водителя	$t_{рв}$	с	1,5
Коэффициент сцепления колес с дорогой	$\varphi_{сц}$	-	0,8
а) торможение с блокировкой задних колес			
Критический угол разворота	$\psi_{кр}$	град	15
Скорость наиболее вероятного вовлечения в ДТП	$V_{дтп}$	км/ч	56
б) торможение без блокировки колес			
Максимальное линейное отклонение автомобиля	$l_{max} = B/2$	м	1,75
Коэффициент осевой неравномерности задней оси	$K_{н2}$	-	0,09

Анализ вариантов показал, что применительно к легковым автомобилям, соблюдение норматива $\gamma=0,64$ и осевой неравномерности тормозных сил на обоих осях $K_{н}=0,09$ не гарантирует устойчивости автомобиля при экстренном торможении, что указывает на имеющиеся недостатки в принятой системе нормирования показателей тормозных свойств. В основном эти недостатки являются следствием того, что не учитывается реальная реализация тормозных сил и их распределение по осям. Простое ужесточение нормативов, с целью приближения их к значениям соответствующим новым автомобилям в условиях эксплуатации неэффективно. Кроме того, ужесточение к примеру коэффициента $K_{н1}$ до величины 0,05,

что меньше, чем допускается для новых автомобилей ($K_{н1}=0,08$) в ряде случаев не гарантирует устойчивости автомобиля. Таким образом требуется новая методика нормирования показателей устойчивости автомобиля, учитывающая динамику процесса торможения в эксплуатационных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. -М., Машиностроение, 1978. - 215 с.
2. Вахменцев СВ. Изменение тормозных свойств автомобиля в эксплуатации и их нормирование по критерию безопасности. Автореф. дис.канд.техн.наук. - М., 1990.- 17 с.
3. Голубева Т. А. Влияние продольных смещений нормальных реакций опорной поверхности на показатели устойчивости автомобиля в режиме торможения Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Волгоград 2022, -24с.
4. Касымов О.К. Исследование параметров, характеризующих устойчивость легкового автомобиля при торможении. Труды ТАДИ, Ташкент, 1996.
5. Касимов О.К., Ташпулатов У.Х. Силы взаимодействия колес автомобиля с дорогой при торможении, «Проблемы механики» №2, (2016)
6. Касимов О., Ражапова С.С., Критерии сохранения управляемости автомобиля при экстренном торможении, Экономика и социум, (2020)
7. Касимов О. Методика математического моделирования процесса торможения легкового автомобиля, Экономика и социум, (2021)
8. Касимов, О.К., Ражапова С.С. "Перспективы внедрения новых технологий для развития транспортной системы республики Узбекистан." *Экономика и социум* 6 (2020): 710-715.
9. Касимов,О.К.,Ражапова С.С. "ИТС в автодорожной инфраструктуре республики Узбекистан." *Экономика и социум* 4 (2019): 393-397.

10. Касимов О.К., Тухтамишов С.С., Определение параметров электровакуумного насоса для тормозных усилителей автомобиля, Экономика и социум, (2022)
11. Правила N13 ЕЭК ООН. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств в отношении торможения. ООН E/ECE/324.
12. Сазонов И.С. и др. Системы активной безопасности. *Вестник Белорусско-Российского университета. № 2 (43) 2014.*
13. Топалиди В.А., Касимов О.К. Имитационная модель процесса торможения легкового автомобиля. Труды ТАДИ, Ташкент, 1996.
14. Флерко И. М., Бессараб А.В. Нормирование тормозных свойств автомобилей при эксплуатации в условиях республики Беларусь. *БНТУ Наука и техника, № 1, 2012*
15. Федеральный стандарт CIA FMVSS-121-1973. Американские требования безопасности к тормозным системам.
16. Yusupov, Umidbek, Omil Kasimov, and Akhmadjon Anvarjonov. "Research of the resource of tires of rotary buses in career conditions." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2432. No. 1. AIP Publishing LLC, 2022.