

УДК 629.113

**НАЗАРОВ А.И.**, к.н.т., доц., ХНАДУ  
**СЕРГИЕНКО Н.Е.**, к.т.н., доц., НТУ «ХПИ»  
**НАЗАРОВ И.А.**, студент, НТУ «ХПИ»

## **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОНАГРУЖЕННОСТИ ПЕРЕДНИХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Запропоновано спосіб регулювання гальмівних сил між осями автомобіля, який приводить до вирівнювання енергонавантаження гальмівних механізмів передньої та задньої осей.

**Введение.** Появление тормозных систем, использующих дисковые тормоза на передних колесах, а барабанные — на задних, привело к резкому увеличению нагрузочных характеристик передних (дисковых) тормозных механизмов, которые, обладая меньшей массой, нагреваются более интенсивно, чем барабанные, что приводит к повышенному износу накладок и диска тормоза. Это различие эффективности обусловлено не только характерными известными и конструктивно заданными параметрами, но и функциональными особенностями работы разнотипных тормозных механизмов, объединенных в общую тормозную систему и управляемыми без учета этих особенностей.

**Постановка проблемы.** Поиск альтернативных решений, направленных на улучшение качества управления разнотипными тормозами и повышение эффективности барабанных тормозных механизмов, привел к внедрению в гидравлические контуры передних дисковых тормозных механизмов клапанов, обеспечивающих одновременное начало срабатывания передних и задних тормозов. Это вызвало увеличение усилия на тормозной педали, а также общее снижение быстродействия тормозной системы. Кроме того, все известные конструкции таких клапанов задержки обладают существенной нестабильностью характеристик. Современные тормозные системы с отдельным приводом и разнотипными тормозными механизмами, с различной длиной тормозных магистралей и гибких шлангов, использующие сложные конструкции главных тормозных цилиндров, представляют собой динамические системы, свойства которых в значительной мере оказывают влияние на качество управления процессом торможения.

Широкое распространение тормозных систем с дисковыми передними и барабанными задними тормозными механизмами, многовариантность схем разделения тормозного привода и способов его конструктивного осуществления, выдвигают ряд научных и технических задач, решение которых позволит определить возможные направления совершенствования существующих тормозных систем.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Существующие в нашей стране и за рубежом методики проектирования тормозных систем [1-4] способствуют получению более нагруженных передних и менее нагруженных задних тормозов. Это приводит к перегреву и потере эффективности передних тормозных механизмов при циклических торможениях и торможениях на горных склонах. Попытка усилить задние тормозные механизмы по известным методикам не дает значительного повышения энергоемкости тормозных механизмов, а также приводит к потере курсовой устойчивости и не выполнению требований тех же стандартов.

Необходимость обеспечения максимальной эффективности торможения при сохранении требуемой курсовой устойчивости и приводит к тому, что передние тормоза поглощают до 80 % всей кинетической энергии машины, рассеиваемой при торможении. Такое распределение поглощаемой энергии сохраняется и при служебных торможениях, составляющих  $\approx 98$  % от общего числа торможений, но происходящих при меньшем динамическом перераспределении нагрузок и с меньшей эффективностью [5].

Широкий диапазон исследований режимов работы тормозных систем легковых автомобилей позволяет с достаточной точностью оценить их нагруженность при наиболее характерных условиях движения. На рис.1 приведена зависимость давлений в тормозных системах легковых автомобилей [5] для наиболее характерных условий эксплуатации. Откуда следует, что наибольшее количество торможений осуществляется при давлении в приводе около 1,0 МПа в горных условиях, и при 1-1,5 МПа - в городах и на загородных дорогах.

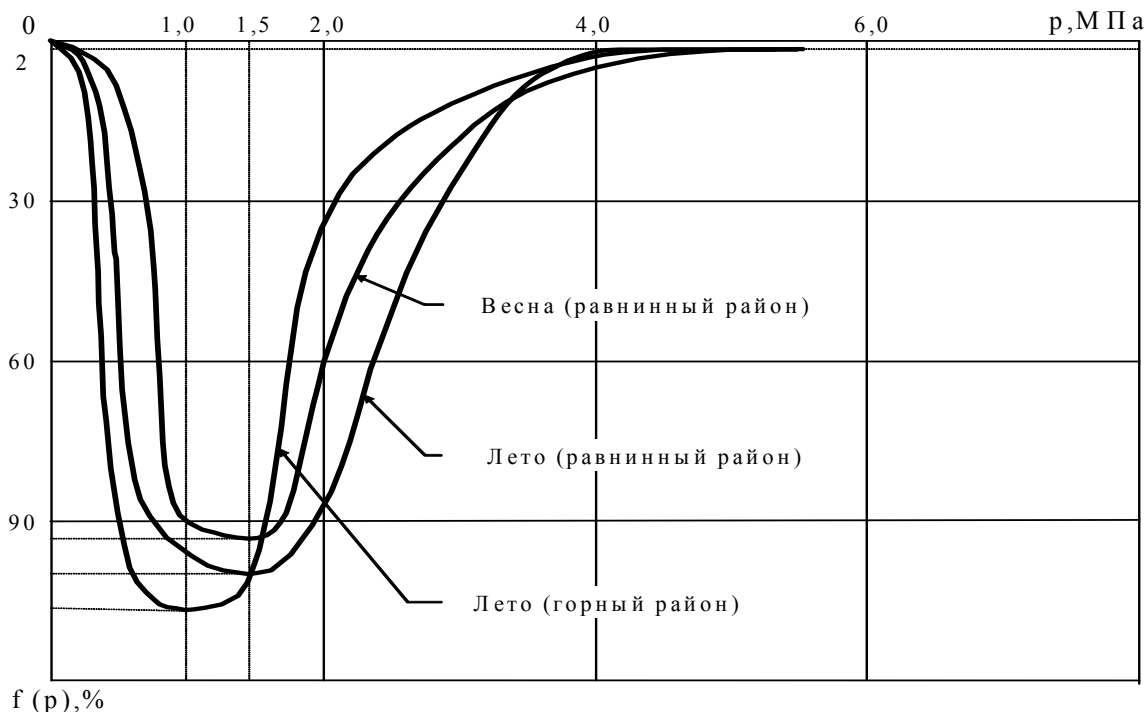


Рисунок 1 – Распределение плотности вероятности давлений в тормозном приводе легковых автомобилей

Сопоставляя результаты исследований [5-7] нагруженности тормозных механизмов легковых автомобилей в равнинном и горном районах в различные периоды года, нетрудно видеть, что максимальная нагруженность дисковых передних тормозов соответствует режиму служебных торможений, когда давление в приводе не превышает 1,5 МПа, а наиболее характерным и используемым режимом работы тормозных систем является режим служебных торможений. Торможения с давлением в приводе более 4,0 МПа встречаются крайне редко и составляют 1,5-2,0 % от их общего количества.

В реальных условиях эксплуатации изменение давления в приводе тормозов легковых автомобилей в зависимости от климатических и дорожных условий может

быть представлено с помощью обобщенных теоретических выкладок распределений [5].

Представленные в графическом виде кривые (см. рис. 1) распределений давления в тормозном приводе ограничивают область наиболее вероятных его значений, при которых происходит рассеивание кинетической энергии автомобиля передними и задними тормозами. Этот диапазон давлений соответствует отрезку ОА на характеристике регулирования тормозных сил между осями автомобиля (рис.2).

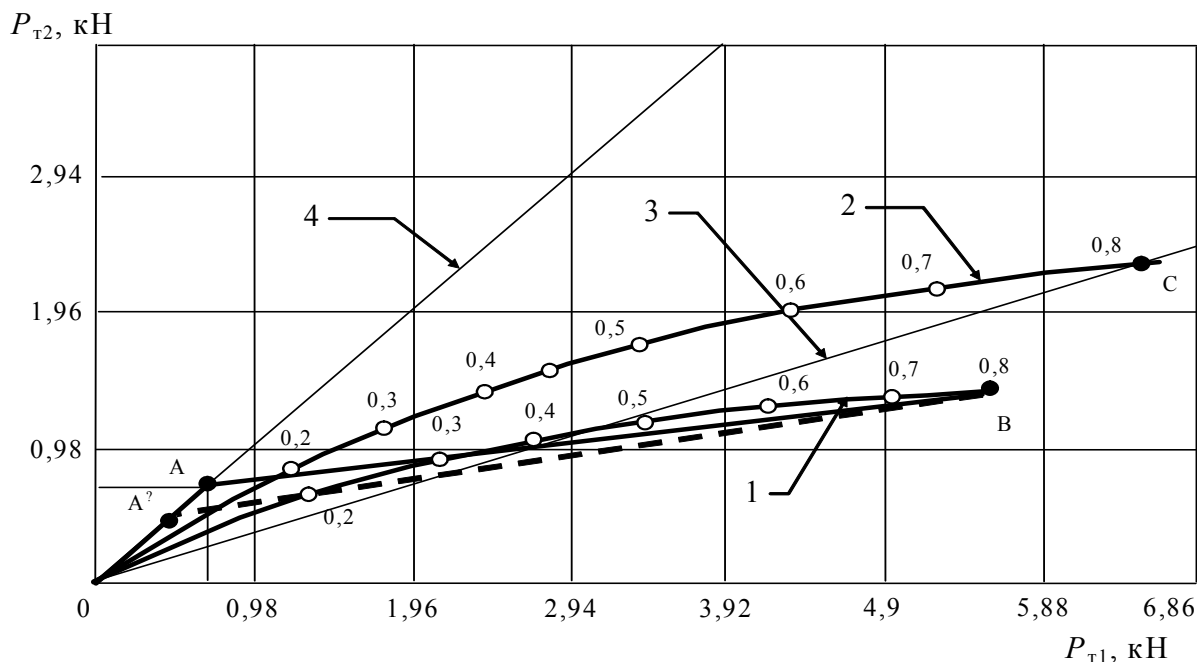


Рисунок 2 – Зависимости идеального распределения тормозных сил между осями автомобилей SENS и предлагаемый способ их регулирования:

- 1, 2 - кривые идеального распределения тормозных сил между осями автомобиля со снаряженной и полной массой;
- 3 - существующее постоянное распределение тормозных сил при  $\beta = 0,73$ ;
- 4 - постоянное распределение тормозных сил при  $\beta = 0,5$ ;
- 0AB - регулируемое распределение по предлагаемому способу.

**Целью данной работы** является снижение энергонагруженности передних и повышение энергонагруженности задних тормозов за счет введения равного распределения тормозных сил между осями автомобиля.

**Изложение основного материала исследования.** Энергонагруженность тормозных механизмов определяется долями рассеиваемой ими кинетической энергии автомобиля и зависит от величины тормозных моментов, развиваемых тормозами в процессе торможения, которые при прочих равных условиях определяются величиной давления в приводе [6, 7]. Поскольку эффективность торможения определяется коэффициентом использования сцепного веса на осях автомобиля, то и энергонагруженность тормозных механизмов будет зависеть от его реализации в конкретных дорожных условиях.

Для полного использования сцепного веса автомобиля при торможении необходимо создавать на колесах тормозные силы, равные предельным силам по сцеплению

$$\dot{\sigma}_{-1} = G \cdot \varphi \cdot \beta = \frac{G \cdot \varphi \cdot (a + \varphi \cdot h)}{L}, \quad (1)$$

$$\dot{\sigma}_{-2} = G \cdot \varphi \cdot (1 - \beta) = \frac{G \cdot \varphi \cdot (a - \varphi \cdot h)}{L}, \quad (2)$$

где  $G$  – вес автомобиля, Н;

$\varphi$  – коэффициент сцепления;

$\beta$  – коэффициент распределения тормозной силы;

$a$ ,  $b$ ,  $h$  – координаты центра масс автомобиля: соответственно расстояние от передней, задней оси и высота над поверхностью дороги, м;

$L$  – продольная база автомобиля, м.

Следовательно, если уменьшить коэффициент распределения тормозной силы на переднюю ось автомобиля, то уменьшится и реализация коэффициента сцепного веса на передней оси, но увеличится его реализация на задней оси в данных условиях торможения. В этом случае идеально подходит значение  $\beta = 0,5$  (равное распределение). Но при торможениях в диапазоне  $\varphi \leq 0,2$  для автомобиля с полной массой и  $\varphi \leq 0,3$  для автомобиля со снаряженной массой имеет место потеря курсовой устойчивости (см. рис. 2). Однако, при существующем постоянном распределении тормозных сил (прямая 3, см. рис. 2) потеря курсовой устойчивости также наблюдается при  $\varphi \geq 0,45$  для автомобиля со снаряженной массой, но при этом невозможно снизить энергонагруженность передних тормозов. Идеально решить такую задачу можно при установке АБС, что обходится дороже, нежели установка регуляторов тормозных сил.

На рис. 2 кривые 1 и 2 соответствуют идеальному распределению тормозных сил между осями при частичной и полной загрузках соответственно. Прямая 3 иллюстрирует существующее постоянное распределение тормозных сил. В этом случае одновременное блокирование передних и задних колес будет происходить в точке  $\varphi = 0,45$  при частичной загрузке и в точке  $\varphi = 0,8$  при полной. При  $\beta = 0,5$  прямая ОА пересекается с прямой АВ в точке А, где происходит увеличение тормозной силы на задних колесах. Это значит, что в реальных дорожных и нагрузочных условиях равное распределение тормозной силы ( $\beta = 0,5$ ) приведет в начальный момент торможения к снижению энергонагруженности тормозных механизмов передней оси (отрезок ОА), поскольку растет энергонагруженность тормозных механизмов задней оси. При дальнейшем росте приводного давления от точки А до точки В происходит менее динамичное увеличение нагрузки на тормозных механизмах передней оси в силу ее динамического догружения и тормозной силы на задних тормозах (регулируемая ветвь АВ). Для автомобиля со снаряженной массой в точке В ( $\varphi = 0,8$ ) колеса обеих осей на грани блокирования, тормозные силы на передних и задних колесах достигают своего предела.

При предлагаемом регулировании тормозных сил между осями опережающего блокирования задних колес не произойдет в диапазоне  $0,2 \leq \varphi \leq 0,8$  при торможении автомобиля с полной массой, поскольку в точке А произойдет уменьшение тормозной силы (приводного давления) на задних колесах (см. рис.2).

Однако для автомобиля со снаряженной массой точка А находится выше идеальной кривой 2 в диапазоне  $\varphi \leq 0,35$ , что не соответствует [8]. В таком случае при торможении с  $\varphi \leq 0,35$  возможен боковой занос задних колес, устранить который

можно лишь воздействием на рулевое управление. Для устранения такого недостатка следует регуляторную ветвь АВ расположить так, чтобы она прошла через точку с  $\varphi = 0,2$  (штриховая прямая А'В, см. рис.2).

Это значит, что в реальном диапазоне дорожных и нагрузочных условий указанное распределение тормозной силы между осями автомобиля приведет к наибольшему снижению энергонагруженности передних тормозов именно в начальный момент торможения с наиболее характерным давлением в приводе  $p = 1$  МПа, что соответствует значению тормозной силы на оси автомобиля SENS, равной 0,7 кН (см. рис.2). Но в таком случае снижение энергонагруженности передних тормозных механизмов менее эффективно, чем в первом варианте,  $\approx$  на 30%.

### Выводы

1. Предлагаемый способ регулирования тормозных сил на осях автомобиля приводит к снижению энергонагруженности передних тормозных механизмов в процессе, как служебных, так и экстренных торможений, что создает условия для повышения эффективности не только циклических, но и одиночных торможений.
2. При соблюдении Единообразных предписаний, касающихся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения [8] в случае использования регулирования тормозных сил по предлагаемому способу, эффективность снижения энергонагруженности передних тормозов автомобиля уменьшается.
3. В результате проведения предлагаемой работы ожидается получение принципиально новой методики проектирования тормозной системы автомобилей, реализация принципиально новых технических решений, а также разработка предложений по внесению изменений к требованиям международных стандартов, повышающих технический уровень автотранспортных средств.

**Список литературы:** 1. Гуревич Л.В. Тормозное управление автомобиля / Л.В. Гуревич, Р.А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с. 2. Демьянюк В.А. Регулирование тормозных сил автомобилей / Демьянюк В.А. – Львов: Высшая школа, 1978. – 79 с. 3. Александров М.П. Тормозные устройства: Справочник / Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н.; под. ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с. 4. Туренко А.Н. Функциональный расчет тормозной системы автомобиля с барабанными тормозами / Туренко А.Н., Богомолов В.А., Клименко В.И. – К.: УМК ВО, 1990. – 137 с. 5. Волков В.П. Режимы работы тормозов легковых автомобилей и совершенствование способов их моделирования при ресурсных лабораторных испытаниях: автореф. дис. соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 «Автомобили и тракторы» / В.П. Волков. – Харьков, 1982. – 169 с. 6. Балабин И.В. Режимы использования тормозов автомобиля и их термонагруженность при испытаниях на полигоне, в городе и на горных дорогах / И.В. Балабин, А.Д. Давыдов, В.И. Сальников // Автомобильная промышленность. – 1973. – №11. – С.21-22. 7. Оценка динамики развития нагруженности пар трения сцепления и тормозов отечественных и зарубежных автомобилей / ВНИИАТИ. – ОЦО 102ТЭ; №Б585607. – Ярославль, 1977. – 84 с. (Отчет по НИР (промежуточн.)). 8. Предписание для механических транспортных средств // Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения: Правила ЕЭК ООН №13 / Международ. комисс. при ООН: пер. с англ. – Изд-во ООН, 1973. – С.59-61.