

## Заключение

При разработке высокопрочных материалов основные усилия направлены на установление связи между прочностными характеристиками основными физическими свойствами кристаллов. Этот подход вытекает из известного факта зависимости прочности кристалла, а также адсорбции и коррозии от характера величины межатомных сил связи и такие важные для практики свойства, как прочность, твердость и износостойкость. Проведенными исследованиями установлена возможность получения интерметаллидных фаз  $Fe_x-Al_y$  при вакуумно-плазменном нанесении  $Al$  покрытий на основу  $Fe$  и последующим нагревом бомбардировкой ионами материала покрытия. Ионно-стимулированный синтез интерметаллидов по характеру протекания напоминает СВС-процесс.

Полученные слои имеют удовлетворительные триботехнические характеристики, значительно улучшающие поверхностные свойства (твердость, адгезионную прочность и др.) основного металла образца.

## Литература

1. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В.А. Лойко и [др.]. – Минск: УО БГАТУ, 2007. – 190 с.

УДК 629.4.077

### СТАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ STATIC CHARACTERISTIC OF ELECTRONIC BRAKING SYSTEM

*Леонтьев Д.Н.*, доцент, кандидат технических наук;

*Красюк А.Н.*, ассистент, кандидат технических наук;

*Дон Е.Ю.*, соискатель

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

*Leontiev D.*, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences;

*Krasyuk A.*, Assistant, Candidate of Technical Sciences;

*Don E.*, applicant

(Kharkov National Automobile and Highway University)

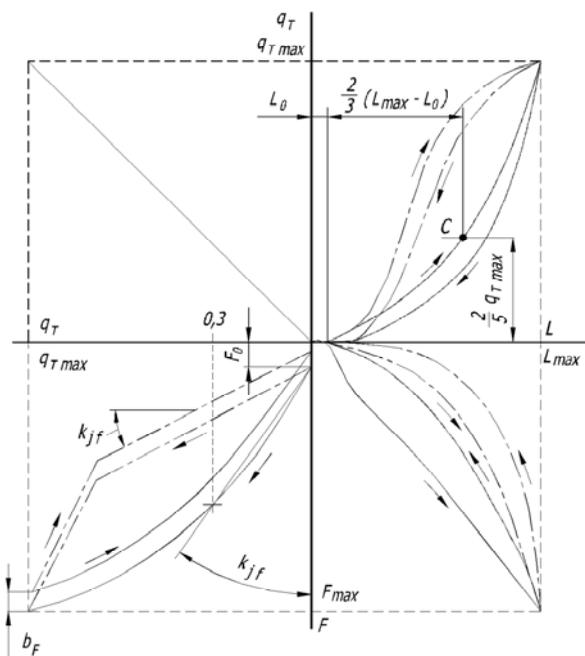
**Аннотация.** Предложена концепция определения в отношении выбора статической характеристики электронно-пневматической тормозной системы транспортного средства. Определен характер изменения давления в тормозном приводе при штатном и экстренном торможении.

**Abstract.** Offered concept of determining the choice of the static characteristics of the electronic brake system of the vehicle. Described the character of change of pressure in the brake actuator during normal and emergency braking.

### Введение

Электронно-пневматическая тормозная система (ЭПТС) широко применяется на автопоездах зарубежного производства [1] и обеспечивает максимальный уровень их активной безопасности, за счет выполнения большого числа функций таких как: функция распределения тормозных сил между осями транспортного средства, функция антиблокировочной системы, функция системы курсовой устойчивости, функция системы динамической стабилизации и др.

Известно [2], что существенное влияние на безопасность движения транспортного средства в режиме его торможения оказывает качество управления процессом торможения, определяемое так называемой характеристикой тормозного управления (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Предпочтительная статическая характеристика тормозного управления [2]

На современных транспортных средствах управление рабочими процессами в ЭПТС осуществляется электронным блоком управления, что позволяет влиять на выходные характеристики тормозных систем в более широком диапазоне и дает возможность реализовать рациональную статическую характеристику тормозного управления, а значит повысить качество работы ЭПТС.

Качество работы рабочей тормозной системы в работе [2] предложено оценивать таким критерием, как полезный ход педали тормоза, т.е. ходом педали при котором водитель может регулировать процесс торможения транспортного средства. Данный критерий позволяет рассмотреть тормозную диаграмму транспортного средства в так называемом «статическом виде» в координатах ход педали ( $L$ ) – коэффициент торможения ( $z$ ) (удельная тормозная сила  $q_T$ ).

Поскольку до момента блокирования колеса наблюдается пропорциональность между коэффициентом торможения транспортного средства ( $z$ ) и давлением в тормозной камере ( $P$ ) идеализированную статическую характеристику электропневматического тормозного привода (ЭПП) можно представить в следующих координатах ход педали ( $L$ , мм) – давление в тормозной камере ( $P$ ) (рисунок 2).

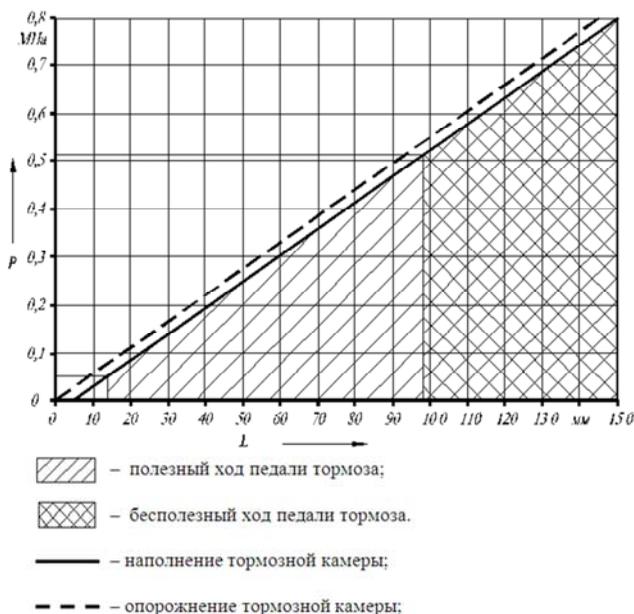
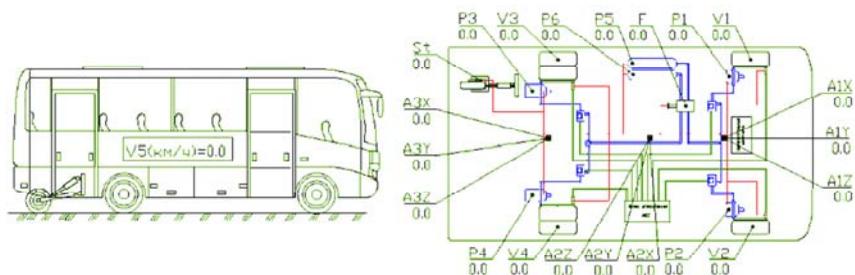


Рисунок 2 – Идеализированная статическая характеристика ЭПП.

Проанализировав представленную статическую характеристику с позиции критерия – полезный ход педали тормоза, можно отметить несколько недостатков представленной статической характеристики. Первый недостаток заключается в том, что при малом ходе педали тормоза давление в тормозной камере используется для выбора зазоров и деформаций в тормозном механизме, а не для регулирования тормозной силы. В качестве второго недостатка является то, что при ходе педали тормоза более чем 60 % (на сухом асфальтовом покрытии) и более чем на 30 % (на укатанном заснеженном покрытии) давление, созданное в тормозной камере, приводит к блокированию автомобильного колеса. Так, например, для автобуса МАЗ-256200 (рисунок 3) согласно экспериментальным исследованиям, проведенным на кафедре автомобилей ХНАДУ [3] верхняя граница полезного хода установлена на уровне 98 мм хода педали тормоза, который обеспечивает давление в тормозных камерах равным 0,51 МПа. Для определения верхней границы хода педали был проведен ряд экспериментов с использованием ходовой лабораторий кафедры автомобилей ХНАДУ, созданной на базе автобуса МАЗ-256200 белорусского производства. Суть экспериментальных исследований заключалась в определении давления, при котором обеспечивается качение колес автобуса без блокирования с максимальной эффективностью в режиме торможения [4]. Результаты экспериментальных исследований, для удобства анализа сведены в таблицу 1.

Как видно из таблицы 1 у полностью груженого автобуса МАЗ-256200, в режиме торможения на сухом асфальтовом покрытии, качение колес без блокирования с наивысшей эффективностью обеспечивается при давлениях сжатого воздуха в передних/задних тормозных камерах 0,5/0,42 МПа несмотря на то, что в ресиверах имеется неиспользованный запас сжатого воздуха около 30 % (см.  $P_{пер}$  и  $P_{зад}$  на рисунке 4).



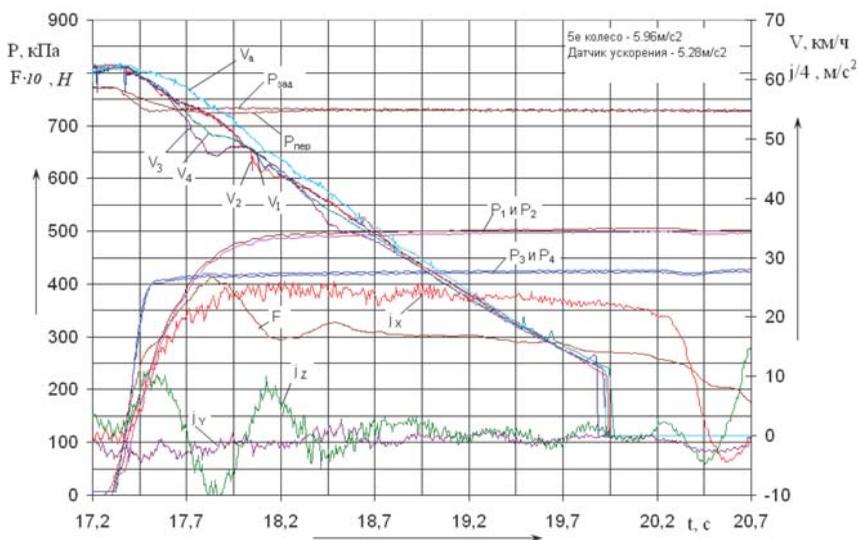
**Рисунок 3** – Схема установки датчиков на базе автобуса МАЗ-256200, который используется в качестве ходовой лаборатории кафедры автомобилей ХНАДУ [3]

Таблица 1 – Результаты дорожных экспериментальных исследований в условиях торможения «сухое асфальтовое покрытие» и «укатанный снег» [3, 5]

Загрузка автобуса	Снаряжённый			Гружённый		
	Передняя ось	Задняя ось	Передняя и задняя оси	Передняя ось	Задняя ось	Передняя и задняя ось
Условия сцепления / Начальная скорость торможения	сухое асфальтовое покрытие / 60 км/ч					
Коэффициент торможения	0,46	0,347	0,708	0,309	0,293	0,622
Давление в контуре переднем / заднем, кПа	576 / –	– / 444	511 / 312	532 / –	– / 495	500 / 420
Время торможения от момента нажатия на педаль до полной остановки автобуса, с	4,21	5,14	2,67	5,58	6,1	2,98
Условия сцепления / Начальная скорость торможения	укатанный снег / 60 км/ч					
Коэффициент торможения	0,138	0,159	0,286	0,144	0,172	0,314
Давление в контуре переднем / заднем, кПа	190 / –	– / 240	180 / 244	245 / –	– / 323	237 / 284
Время торможения от момента нажатия на педаль до полной остановки автобуса, с	13,56	11,46	7,07	12,14	9,83	6,04

Понятно, что начало зоны бесполезного хода педали тормоза будет индивидуальна для каждого транспортного средства, но в целом для большинства транспортных средств она составляет 30–40 %, так как она закладывается при проектировании тормозного управления и гарантирует запас сжатого воздуха при работе систем автоматического регулирования, таких как антиблокировочная, противобуксовочная и др. [6, 7, 8].

Из таблицы 1 так же очевидно, что в случае торможения порожнего транспортного средства при плохих погодных-климатических условиях (лёд, снег) у водителя практически нет возможности управлять процессом торможения, поскольку зона бесполезного хода педали расширяется и провоцирует более частое блокирование колес транспортного средства.

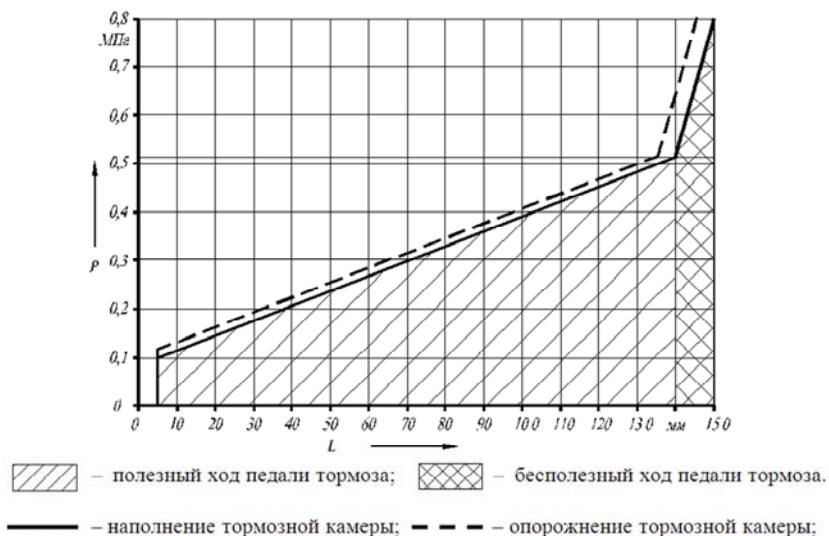


**Рисунок 4** – Зависимости, характеризующие торможение грузового автобуса MAZ 256200 в условиях сухое асфальтовое покрытие при качении его колес с эффективностью близкой к максимальной [3, 4]

Из вышесказанного можно сделать вывод, что пренебрежение характером изменения давления в тормозном приводе, снижает качество управления торможением и провоцирует большую вероятность возникновения аварийных ситуаций при торможении транспортного средства.

Для обеспечения высокого качества управления процессом торможения, на наш взгляд, необходимо при проектировании ЭПТС более рационально подходить к выбору статической характеристики ЭПП, которая должна иметь вид, представленный на рисунке 5.

Предпочтительная статическая характеристика ЭПП (рисунок 5) имеет три характерных участка: первый – это резкое повышение давления при начальном ходе педали тормоза с целью минимизации затрат хода педали тормоза для выбора зазоров и деформаций в тормозном механизме; второй участок – обеспечение максимально большой зоны полезного хода педали тормоза, при котором возможно регулирование тормозных сил без использования дополнительных автоматических систем; третий участок – обеспечение максимального давления в приводе для обеспечения эффективной работы автоматических систем регулирования тормозного усилия, таких как антиблокировочная или противобуксовочная в ЭПТС.



**Рисунок 5** – Предпочтительная статическая характеристика ЭПТТ.

При выборе характеристики ЭПТТ предлагается использовать линейную пропорциональность между ходом педали и давлением в тормозных камерах, в отличие от нелинейной предлагаемой авторами [2] (см. рисунок 1), по двум причинам: первая – это быстрота выработки у человека стереотипа к простым (линейным) зависимостям, следовательно, человек быстро привыкнет к такой тормозной системе; вторая – простота реализации такой зависимости, поскольку не требует сложных конструкций исполнительных устройств или алгоритмов управления ЭПТТ.

### Выводы

1. Для обеспечения высокого качества управления процессом торможения, необходимо при проектировании ЭПТС более рационально подходить к выбору статической характеристики ЭПТТ, пренебрежение этим выбором может привести к уменьшению полезного хода педали от 40 до 70 % в зависимости от погодных-климатических условий, в которых эксплуатируется транспортное средство.

2. Использование предложенной статической характеристики ЭПТТ позволит увеличить зону полезного хода педали до 75–80 % от полного хода педали, что обеспечит комфортабельность процесса торможения и снизит вероятность срабатывания систем автоматического регулирования тормозного усилия, а также позволит осуществлять более качествен-

ный процесс торможения транспортного средства в плохих погодноклиматических условиях.

### Литература

1. Клименко, В.И., Пути совершенствования электронно-пневматической тормозной системы / В.И. Клименко, Л.А. Рижих, А.Н. Красюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – № 7(125), Луганськ, 2008. – С. 127–131.

2. Мастрода, О.В. О некоторых проблемах разработки тормозных систем / О.В. Мастрода, Б.В. Соленец // Автомобильная промышленность. – 2009. – № 5. – С. 12–14.

3. Основы создания и исследования электронно-пневматического тормозного управления транспортных средств: монография / Д.Н. Леонтьев [и др.]. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 288 с.

4. Леонтьев, Д.Н. Способ определения замедления многоосного автомобиля на основе реализуемых сцеплений его колес и расположения координаты центра масс / Д.Н. Леонтьев, А.Н. Туренко, В.А. Богомолов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2016. – Выпуск № 75. – С. 13–17.

5. Леонтьев, Д.Н. Определение продольной реализуемой силы сцепления автомобильного колеса с опорной поверхностью по крутильной деформации шины и ее жесткости / Д.Н. Леонтьев, Л.А. Рижих, А.В. Быкадоров // Журнал Автомобильная промышленность. – 2014. – Вып. № 10. – С. 20–24.

6. Леонтьев, Д.Н. Влияние алгоритмов работы автоматических систем на эффективность торможения транспортного средства / Д.Н. Леонтьев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2013. – Вып. № 61-62. – С. 158–161.

7. Исследование качения автомобильного колеса с максимальной эффективностью в тормозном режиме: сборник научных трудов / Д.Н. Леонтьев [и др.] // Автомобильный транспорт. – 2011. – Вып. № 29. – С. 23–28.

8. Системы автоматического регулирования и практическая реализация алгоритма управления их исполнительными механизмами / Д.Н. Леонтьев [и др.] // Вестник национального технического университета «ХПИ»: сборник научных трудов. Тематический выпуск: Транспортное машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2009. – № 47. – С. 9–18.