УДК 681.523.5

Д. Н. ЛЕОНТЬЕВ, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ, Харьков;
Е. А. СЕРИКОВА, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ;
А. В. БЫКАДОРОВ, аспирант, ХНАДУ;
Е. Ю. ДОН, аспирант, ХНАДУ

АНАЛИЗ И ВЫБОР ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИМИ МОДУЛЯТОРАМИ РАБОЧЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

По результатам анализа существующих принципов управления антиблокировочными системами тормозов и экспериментальным данным процесса торможения автомобильного колеса предложен подход к управлению процессом торможения автомобилей на базе электронно-пневматической тормозной системы.

Ключевые слова: принцип управления, электропневматический модулятор, процесс торможения.

Введение. Эффективность процесса торможения транспортного средства является основой его активной безопасности. Что ставит перед автомобильной отраслью вопрос о производстве транспортных средств оборудованных тормозными системами, способными достигать эффективности торможения близкой к максимальной. На настоящий момент этот вопрос решается путем включения в тормозное управление автоматических систем, таких как антиблокировочная система тормозов, регулятор тормозных сил с электронным управлением, система курсовой устойчивости и т.п.

Современное тормозное управление может состоять из аппаратов различной конструкции и различных блоков управления, которые имеют сходные принципы управления, заключающиеся в изменении давления рабочего тела, по достижению определенных граничных условий. В зависимости от накопленного опыта производители сходных по функциональности систем автоматического регулирования тормозного усилия успешно реализовывают различные принципы управления, от которых в значительной степени и зависит эффективность торможения транспортного средства. Однако современные системы не полностью реализуют свой потенциал в области управляющей составляющей.

Под принципом управления системой автоматического регулирования тормозного усилия следует понимать характер изменение приводного давления в тормозных камерах в зависимости от схемы размещения модуляторов давления на транспортном средстве и организованной логики управления.

Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является выбор наиболее перспективного принципа управления модулятором давления электро-пневматической тормозной системы на основе анализа существующих принципов управления модуляторами антиблокировочной системы и экспериментальных данных процесса торможения автомобильного колеса для достижения эффективности торможения близкой к максимальной.

© Д. Н. Леонтьев, Е. А. Серикова, А. В. Быкадоров, Е. Ю. Дон, 2012

Материалы исследования. Для транспортных средств оборудованных пневматическим тормозным приводом вопрос использования электронного управления является перспективным направление, которое активно развивается в автомобильной отрасли. Это развитие обусловлено дешевизной рабочего тела (сжатого воздуха), а также простотой монтажа компонентов этой тормозной системы. Но в виду отсутствия нормативных документов в отношении электронного управления пневматическим тормозным приводом, производители компонентов тормозных систем вынуждены дублировать электрический контур управления, пневматическим контуром. При такой компоновке приоритет отдается электрическому контуру управления.

Современные электронно-пневматические тормозные системы (ЭПТС) транспортных средств имеют различную конструкцию, но всех их объединяет один общий признак, это педаль с электрическим датчиком который определяет заданное водителем перемещение. Схема ЭПТС без дублирующего пневматического контура управления представлена на рис. 1.

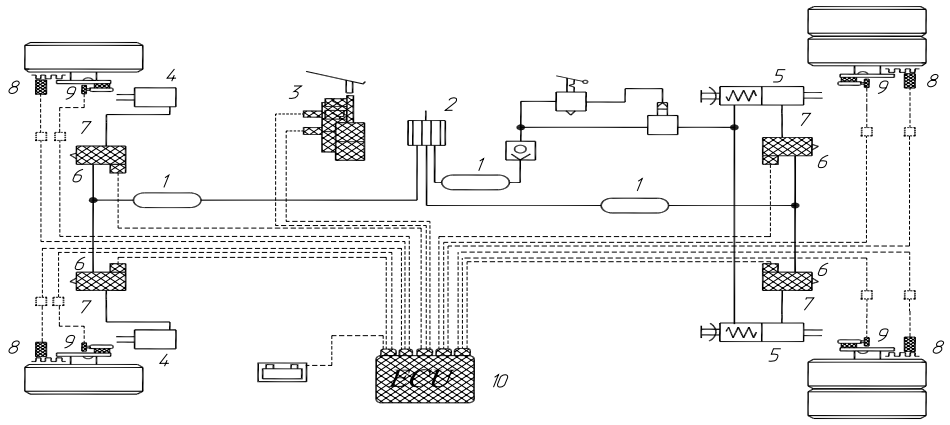


Рисунок 1 - Структурная схема «перспективной» ЭПТС: 1- ресивер; 2 – компрессор; 3 – электронный педальный модуль; 4 – передние тормозные камеры; 5 – задние тормозные камеры; 6 – электропневматический модулятор давления; 7 – перепускной клапан; 8 – колесные датчики; 9 – датчик износа тормозной накладки; 10 – электронный блок управления

Как показывают исследования различных авторов [1, 2] при одной и той же схеме расположения модуляторов давления, могут быть реализованы различные принципы управления этими модуляторами. Классификация схем размещения модуляторов давления на транспортных средствах известна давно [3], а схемы принципов управления [4, 1, 5] активно разрабатываются в настоящее время, поскольку автоматические системы регулирования тормозного усилия стали чаще применятся на современных транспортных средствах.

Для того чтобы выбрать рациональный принцип управления необходимо знать характеристики пневматического модулятора давления, а также влияние темпа наполнения тормозной камеры на процесс качения автомобильного колеса в различных дорожных условиях.

Анализ характера работы пневматических модуляторов давления, независимо от их конструкций, показал, что они способны осуществлять наполнение тормозной камеры за время менее 0,3 с. Такое интенсивное наполнение тормозной камеры

приводит к практически мгновенному затормаживанию колеса, что неизбежно вызывает его блокирование [5].

Как показывают исследования, проведенные в ХНАДУ [5] при работе автоматической системы регулирования тормозного усилия в режиме «растормаживание – затормаживание» колеса затрачивается время, из-за которого теряется эффективность торможения, что отображено на осциллограмме рис. 2.

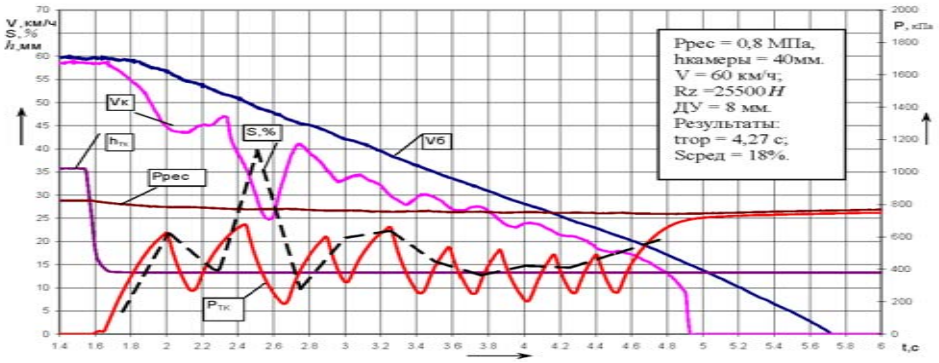


Рисунок 2 - Темп наполнения тормозной камеры при работе релейной АБС V_k – скорость колеса, км/ч; $V_б$ –скорость барабана, км/ч; $P_{рес}$ – давление воздуха в ресивере, кПа; $P_{тк}$ – давление воздуха в тормозной камере, кПа; S – проскальзывание колеса, %; $h_{тк}$ – ход штока тормозной камеры, мм.

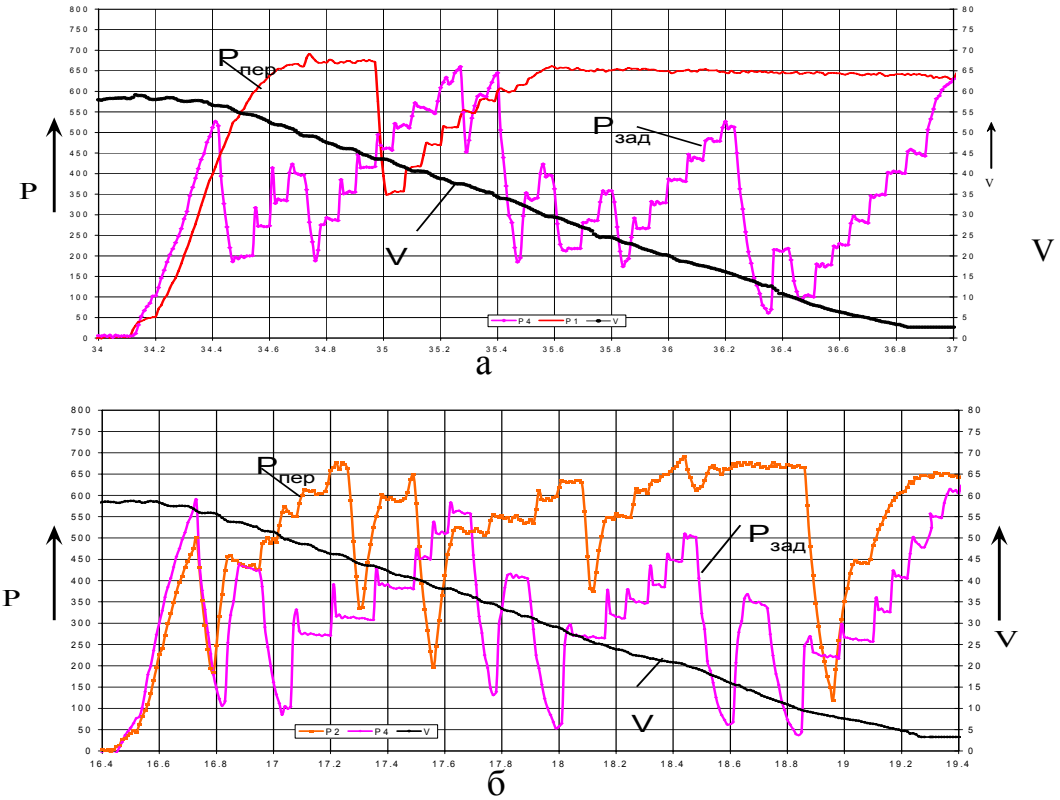
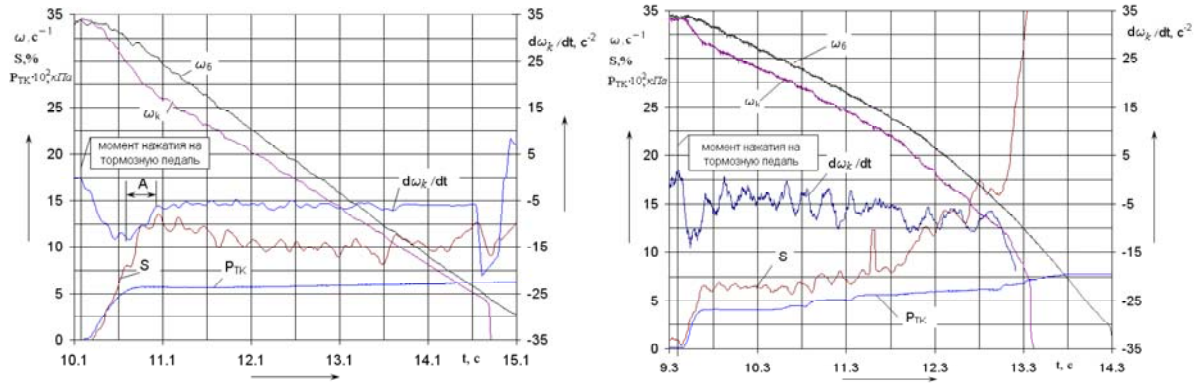


Рисунок 3 – Экспериментальные осциллограммы изменения давления в тормозных камерах при работе блоков управления: а – “Knorr-Bremse”; б – “ЭКРАН”. V – скорость автомобиля, км/ч; $P_{пер}$ – давление воздуха в переднем тормозном контуре, кПа; $P_{зад}$ – давление воздуха в заднем тормозном контуре, кПа.

Поэтому очевидно, что для повышения эффективности торможения необходимо снижать количество циклов растормаживания автомобильного колеса.

Анализируя принцип работы серийных систем автоматического регулирования, работающих в режиме растормаживания – затормаживания колес, установлено (рис. 3), что они принудительно растягивают процесс наполнения тормозной камеры, что хорошо видно на типичных осциллограммах, полученных в дорожных условиях с блоками управления фирм “Knorr-Bremse” и “ЭКРАН”.

Анализ стендовых испытаний, которые были проведены на кафедре автомобилей ХНАДУ (рис. 4) показал, что для достижения эффективности торможения близкой к максимальной, без блокирования колес транспортного средства, необходим рациональный принцип управления, который бы обеспечил высокую эффективность при минимальных затратах рабочего тела (сжатого воздуха). Такой принцип управления должен обеспечивать интенсивное наполнение тормозной камеры в начале процесса торможения и плавное нарастание давления после достижения величины давления в тормозной камере 0,1 - 0,2 МПа. Такая величина давления обусловлена характером работы автоматических систем в «плохих» дорожных условиях (торможение на дороги с низкими сцепными свойствами).



а б

Рисунок 4 – Осциллограммы затормаживания колеса автомобиля ЗиЛ 4335: а – при постоянном давлении 0,55 МПа., в тормозной камере «тип 20»; б – при интенсивном нарастании до 0,3 МПа., в начале процесса торможения и последующем плавном нарастании до 0,7 МПа., в тормозной камере «тип 20». ω_k – угловая скорость колеса, рад/с $\omega_б$ – угловая скорость барабана, рад/с; $d\omega_k/dt$ – угловое ускорение колеса, рад/с^2; А – велечина запаздывания нарастания проскальзывания колеса, с.

Как видно из осциллограмм на рис. 4 характер наполнения тормозной камеры существенно влияет на динамические показатели качения колеса в тормозном режиме, которые определяют параметры управления системой автоматического регулирования тормозного усилия. Так растягивание процесса наполнения тормозной камеры (рис. 4б) не снижает эффективности торможения по сравнению с торможением при постоянном давлении (рис. 4а).

Такой принцип управления может быть реализован при использовании пропорционального электропневматического модулятора давления с пневматическим следящим действием и практически невозможно реализовать при использовании серийных релейных модуляторов давления. Конструкций таких пропорциональных модуляторов не много. Одна из таких конструкций предложена, запатентована и

практически реализована на кафедре автомобилей ХНАДУ. Динамические характеристики разработанного модулятора [6] представлены на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что модулятор давления обладает высоким быстродействием до 0,5 с. в зависимости от частоты работы шагового электродвигателя, что является положительным моментом при реализации принципа управления описанного выше в условиях торможения на дорогах с плохими сцепными свойствами. Уменьшая или повышая частоту срабатывания шагового электродвигателя соответственно можно растягивать или ускорят процесс наполнения тормозной камеры при торможении транспортного средства. Такой принцип управления системой автоматического регулирования тормозного усилия может быть реализован при выполнении различных функций, заложенных в электронно-пневматическую тормозную систему [5].

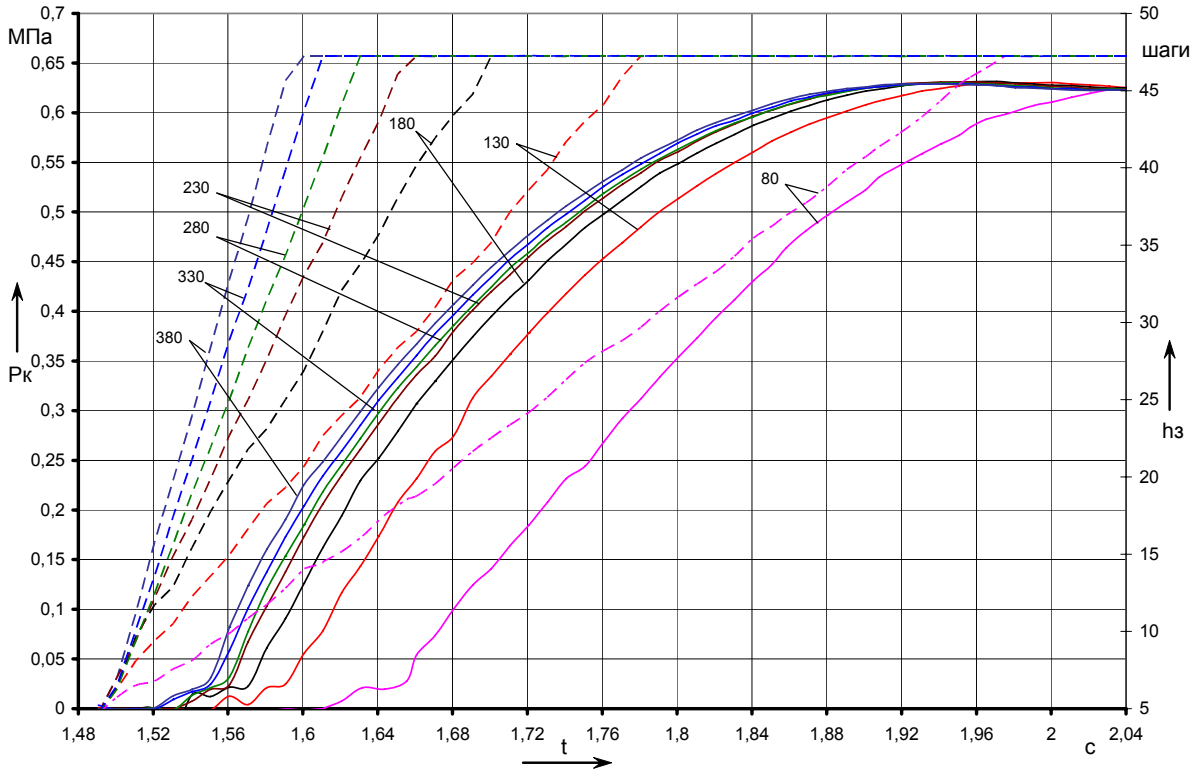


Рисунок 5 – Динамическая характеристика
пропорционального электропневматического модулятора
давления, разработанного на кафедре автомобилей ХНАДУ

Выводы

1. Выбор принципа управления системой автоматического регулирования тормозного усилия является неоднозначной задачей при проектировании автоматизированного тормозного управления поскольку требует накопления значительного количества экспериментальных данных исследовательского характера.
2. Принцип управления предложенный в данной статье позволяет снизить нагрузки действующие на тормозные механизмы при использовании автоматических систем регулирования тормозного усилия в тормозном управлении транспортных средств.

3. Рационально выбранные модуляторы давления автоматизированного тормозного управления позволяют снизить затраты на создание систем управления и разработку алгоритмов их работы.

Список литературы: 1. *Ревин А.А* Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения: Монография / Александр Александрович Ревин// ВолгГТУ. – Волгоград, 2002. – 372 с. **2.** *Пчелин И.К.* / Динамика процесса торможения автомобиля: дис. на соискание науч. степени доктора техн. наук: спец. 05.05.03 / Игорь Константинович Пчелин. – М., 1984. - 436 с. **3.** Гуревич Л.В. Тормозное управление автомобиля / Л.В. Гуревич, Р.А. Меламуд // - М.: Транспорт 1978. – 152 с. Ил. табл. **4.** Автомобильный справочник Bosch издание 2-е переработанное и дополненное – М.: «За рулем», 2004 992 с. **5.** Основы создания и исследования электронно-пневматического тормозного управления транспортных средств: Монография / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, Л.А. Рыжих и др. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 288 с. **6.** Пат. 36321 Украина, МПК B60T 8/36. Пропорціональний модулятор електронно-пневматичної гальмівної системи/ заявники Туренко А.М., Ломака С.Й., Клименко В.І., Рижих Л.О., Тишковець С.В., Чебан А.А, Леонтьєв Д.М., Красюк О.М.; патентовласник ХНАДУ. - №200805078; заявл. 21.04.2008; оприл. 27.10.2008. – 7 с.

Поступила в редколлегию 15.11.2012

УДК 629.1.032.531.3

Анализ и выбор принципов управления электропневмитическими модуляторами рабочей тормозной системы автомобилей / Д. Н. Леонтьев, Е. А.Серикова, А. В. Быкадоров, Е. Ю. Дон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 60 (966). – С. 67–72. – Бібліогр.: 6 назв.

По результатам анализа существующих принципов управления антиблокировочными системами тормозов и экспериментальным данным процесса торможения автомобильного колеса предложен подход к управлению процессом торможения автомобилей на базе электронно-пневматической тормозной системы.

Ключові слова: принцип управления, электропневматический модулятор, процесс торможения.

According to the analysis of the existing principles of governance and anti-lock braking systems to the experimental data of the braking process automobile wheel, an approach to process control braking vehicles based on electronic air brake system.

Key words: management principle, electro modulator, the braking process.