

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ<sup>1</sup>

*А.В. СОКОЛОВСКИЙ, С.А. РЫНКЕВИЧ*

В статье рассмотрены вопросы разработки антиблокировочной системы грузового автомобиля с выбором рациональных параметров, а также вопросы синтеза и реализации алгоритма ее функционирования.

Ключевые слова: антиблокировочная система, грузовой автомобиль, адаптивное управление, тормозной механизм.

### 1. Введение

Развитие электроники и микропроцессорной техники на грузовых автомобилях и автобусах привело к появлению и широкому распространению бортовых микропроцессорных систем. Выпускается ряд автомобильных микропроцессоров для встроенного применения. В сочетании с современными средствами межпроцессорных коммуникаций, новейшими специализированными датчиками и исполнительными устройствами микропроцессоры образуют структуру локальных автоматических систем, в сфере которой проектировщикам автомобилей предоставляются уникальные возможности комплексной автоматизации автотранспортного средства (АТС) в целом и его механизмов. При этом в компьютерной технике и информационных технологиях широко используются новейшие методы получения, обработки и преобразования информации. В настоящее время находит применение такого научного направления, как новые информационные технологии и искусственный интеллект, позволяющее имитировать алгоритмы, подобные логике человеческого мышления [1].

В результате обзора научно-технической информации был сделан комплексный анализ зарубежных конструкций в области разработки тормозных систем, что позволило выявить основные тенденции и мировые традиции в сфере их создания.

К системам управления тормозами предъявляются требования по обеспечению минимального тормозного пути автомобиля и сохранению у него устойчивости и управляемости (в том числе при движении по скользким дорогам) при экстренном торможении. Выполнение этих требований обеспечивается путем оснащения АТС комплексными электронными антиблокировочными системами (АБС), а также применением различных автоматизированных систем аварийного торможения.

### 2. Структура разработанной АБС

Разработанная АБС состоит из аппаратной и программной частей.

Аппаратная часть АБС содержит комплекс датчиков для сбора информации о характеристиках и режимах процесса торможения, а также модуляторы и электронный блок управления.

Программная часть АБС включает в себя алгоритмы и программы, реализующие алгоритмы адаптивного управления тормозной системой.

#### 2.1. Установка элементов АБС на автомобиле

Разработанная АБС реализована применительно к шасси грузового автомобиля полной массой 30 т производства МАЗ.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена на кафедре «Автомобили»

Авторами предложено пневмопривод шасси оборудовать 4-х канальной антиблокировочной системой (АБС) типа 4S/4М (4 датчика / 4 модулятора). Разработанная система состоит из датчиков (угловой скорости вращения колес, поворота управляемых колес и ускорения автомобиля), модуляторов тормозного давления, электронного блока управления, реле, блока предохранителей, соединительных кабелей, диагностической лампы и клавиши диагностики.

Авторами разработана схема электронной АБС, оснащенной комплектом датчиков, а ядром системы служит микропроцессорный электронный блок управления тормозами.

Датчики частоты вращения колеса индуктивного типа устанавливаются в колесах передней оси и заднего моста. В работе разработана конструкция датчиков. Зубчатый ротор напрессовывается на ступицу, а датчик устанавливается в поворотном кулаке передней оси или на кронштейне заднего моста (рис. 1-2).

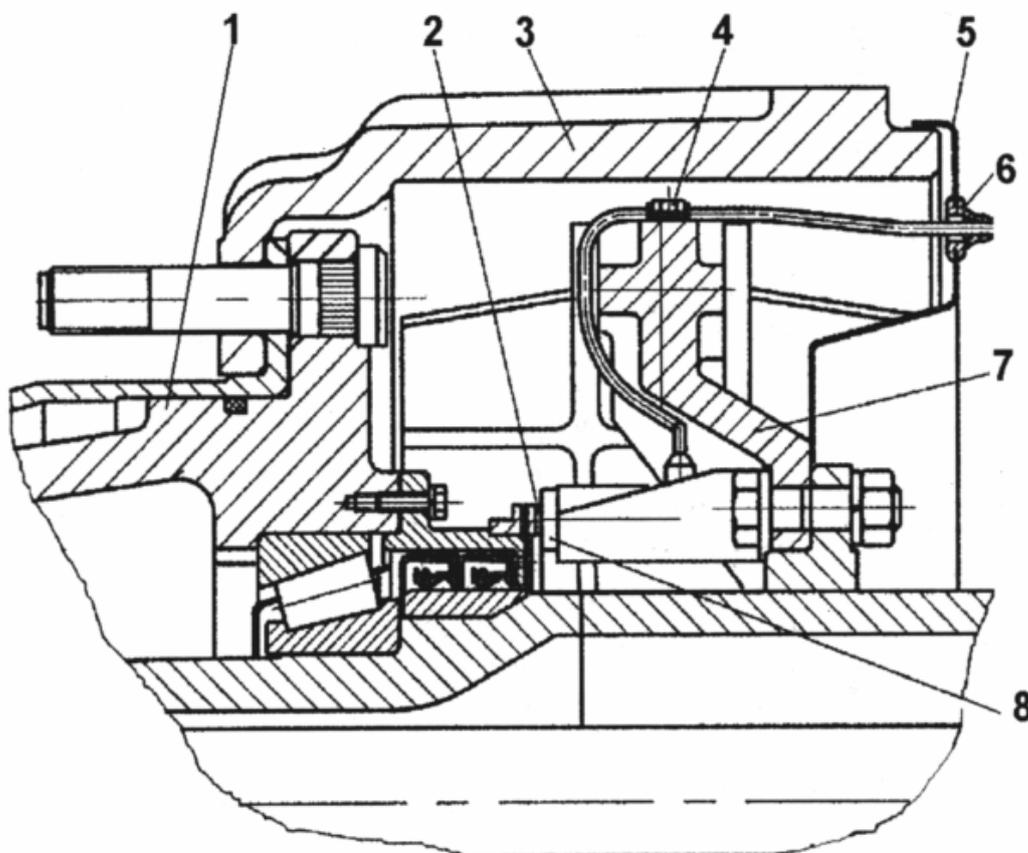


Рис.1. Установка датчика АБС в колесе ведущего моста: 1 – ступица; 2 – барабан тормозной; 3 – ротор датчика; 4 – скоба; 5 – щиток тормозного механизма; 6 – втулка провода; 7 – суппорт

При вращении колеса в обмотке датчика находится переменная ЭДС, создающая переменное напряжение, частота которого пропорциональна частоте вращения колеса. Полученный сигнал по кабелям передается в блок управления. Для нормальной работы датчика зазор между ротором и датчиком не должен превышать 1,3 мм.

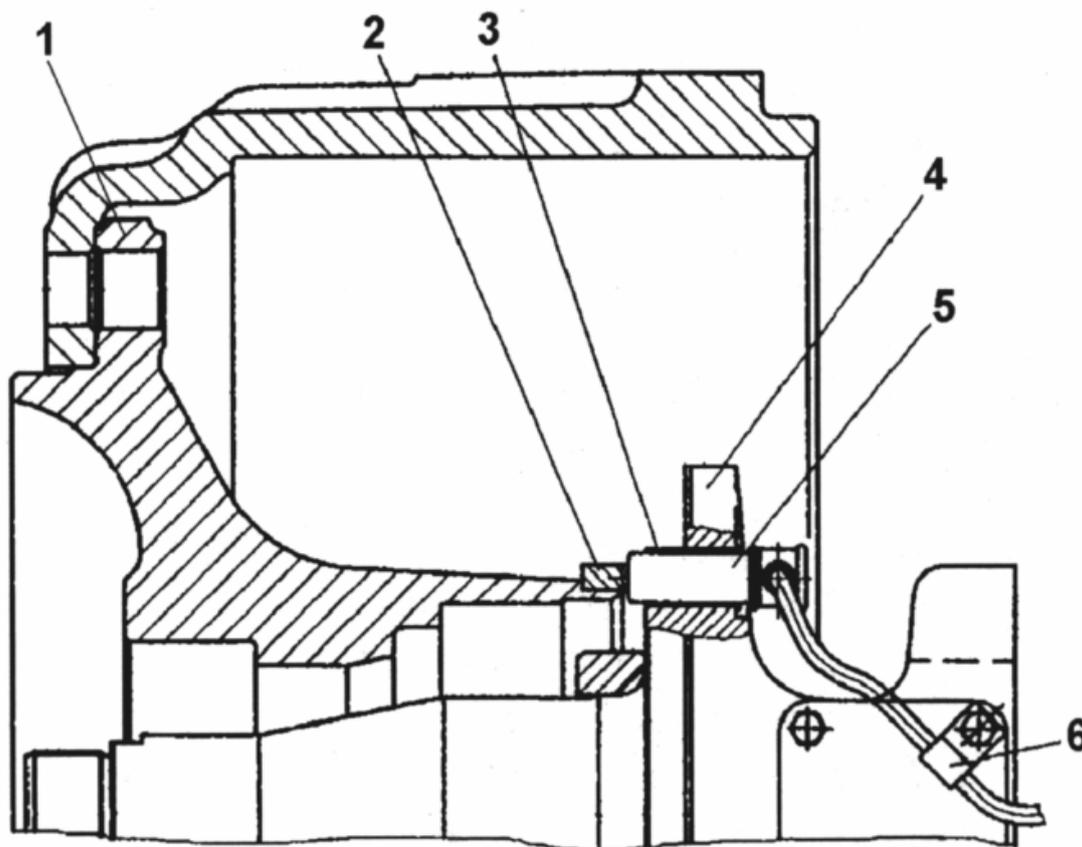


Рис. 2. Установка датчика АБС в колесе передней оси: 1 - ступица; 2 – ротор датчика; 3 – втулка датчика; 4 – кулак поворотный; 5 – датчик; 6 – скоба

Электропневматические модуляторы тормозного давления устанавливаются в тормозных магистралях передних и задних колес на каркасе основания шасси перед тормозными камерами. Разработана конструкторская документация модуляторов АБС.

Электронный блок АБС устанавливается в кабине водителя и соединяется с исполнительными устройствами и датчиками с помощью соответствующих кабелей. Кабели прокладываются и крепятся таким образом, чтобы они были защищены от повреждений. Кабели колесных датчиков и модуляторов должны иметь достаточную слабину для компенсации хода подвески и работы рулевого управления. При этом должна быть исключена возможность повреждения кабеля поворотным кулаком и деталями подвески.

Блок предохранителей, установленный под откидной панелью, служит для защиты электроуправляемых элементов АБС.

Предусмотрены диагностические лампы с символами «ABS», сигнализирующие об исправности (неисправности АБС), и клавиша диагностики АБС, расположены на панели выключателей в кабине водителя.

Были разработаны также некоторые элементы интерфейса АБС.

## 2.2. Разработка АБС и алгоритма ее функционирования

Антиблокировочная система (АБС) управления тормозными моментами представляет собой систему автоматического регулирования с обратной связью. Она получает информацию о характере движения колес, на основании которой определяется начало процесса блокирования и включается система импульсного регулирования давления, которая уменьшает тормозной момент и обеспечивает исключение блокировки колес.

АБС включает систему датчиков для сбора информации о характеристиках процесса торможения, модуляторы и электронный блок управления.

Микропроцессор ЭБУ реализует в режиме реального времени *адаптивный алгоритм управления*. Основная идея алгоритма основана на том, что при превышении скольжения, соответствующего максимальному коэффициенту сцепления, скорость вращения колеса резко уменьшается, поэтому в этот момент необходимо кратковременно снизить давление в тормозном приводе. Для реализации такого алгоритма используется информация об угловых скоростях  $\dot{\omega}_k$ , замедлениях  $\varepsilon_k = d\dot{\omega}_k/dt$  всех колес, об углах поворота  $\alpha_k$  управляемых колес и о скорости автомобиля  $v_a$ . Система датчиков обеспечивает измерение  $\dot{\omega}_k$ ,  $\alpha_k$  и продольной составляющей ускорения автомобиля  $a_x$ , направленной вдоль оси  $x$ . Значение  $\varepsilon_k$  получают путем численного дифференцирования результатов измерений  $\dot{\omega}_k$ , а значение  $v_a$  — численным интегрированием результатов измерений  $\dot{\omega}_k$ . Вычисления выполняет микропроцессор ЭБУ.

Рассмотрим процессы управления АБС, представленные на рисунке 3. В исходном состоянии, в которое алгоритм переводится при включении питания и находится там бесконечно долго, пока колесо катится без превышения порога замедления  $\varepsilon_{k0}$  — клапана модулятора пассивны и выключены. При нажатии водителя на педаль тормоза происходит увеличение давления в тормозных камерах, замедление колеса резко возрастает превышая порог  $\varepsilon_{k0}$ . Дальнейшее повышения давления в тормозной камере бессмысленно и приведет лишь к торможению колеса, а не автомобиля. Поэтому включается клапан отсечки и давление фиксируется на достигнутом уровне. Параллельно происходит вычисление  $\lambda_T$ :

$$\lambda_T = (\mathcal{G}_a - \omega_k \cdot r_{k0}) / \mathcal{G}_a.$$

Если проскальзывание колеса достигает порога  $\lambda_{T1}$  — колесо находится в зоне максимального сцепления и дальнейшее увеличение проскальзывания колеса нежелательно. Включается клапан выпуска, давление падает начинается разгон колеса. Ускорение колеса входит в допустимую зону. Клапан выпуска выключается, если проскальзывание не достигла порога  $\lambda_{T2}$ , в противном случае клапан выпуска остается включенным до сих пор, пока ускорении колеса не превысит положительный порог  $\varepsilon_{k1}$ . После этого тормозной момент необходимо увеличить с тем, чтобы прекратить разгон колеса и поддерживать величину скольжения на оптимальном уровне. Что и делается сначала импульсом выключения клапана отсечки фиксированной длительности (для выборки гистерезиса тормозного механизма), а затем периодическими импульсами подкачки давления, длительность и период которых рассчитывается определенным образом. Начинается замедление колеса. Смысл процесса состоит в том, чтобы создать в камере некое «оптимальное» давление, такое, чтобы с одной стороны, оттянуть время превышения порога по ускорению (это связано с расходом воздуха в тормозной системе), с другой — такое, чтобы максимизировать тормозную силу. Ускорение  $\varepsilon_k$  снова превышает порог и весь процесс повторяется. Число таких циклов сброса/подкачки давления обычно составляет 2..5 раз в секунду.

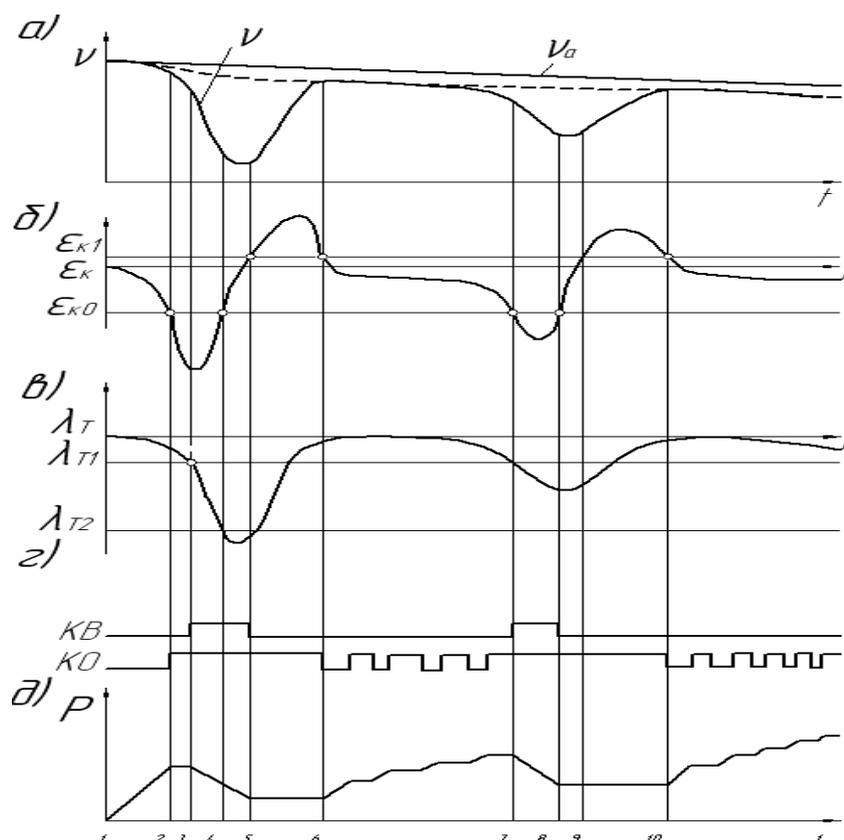


Рис.3. Процессы управления ABS: а – скорость колеса; б – угловое ускорение; в – скольжение колеса; г – работа клапанов отсечки (К0) и выпуска (КВ)

Регулирование тормозного момента в антиблокировочной системе обеспечивается модулятором давления, представляющим собой электромагнитный клапан, который поддерживает необходимый уровень давления в рабочих тормозных цилиндрах при экстренном торможении независимо от давления, задаваемого главным тормозным цилиндром.

Разработанное авторами в среде MATLAB программное обеспечение реализует алгоритм ABS и характеристики, приведенные на рисунке 3. Программное обеспечение внедрено в учебный процесс кафедры «Автомобили».

Авторами была разработана также конструкция тормозного механизма, входящего в состав ABS.

Конструкторская документация и алгоритмы функционирования ABS переданы конструкторам Минского завода колесных тягачей. Разработанная авторами ABS используется при практическом создании перспективных технических решений ABS грузовых автомобилей.

#### Литература

1. Тарасик В.П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / В.П. Тарасик, С.А. Рынкевич. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 510 с.

#### Соколовский Антон Викторович

Студент группы АТ-031  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 240-30-72

#### Рынкевич Сергей Анатольевич

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили»  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(29) 740-15-20  
E-mail: [rynkev@tut.by](mailto:rynkev@tut.by)