

УДК 629.113

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХКОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А.С. МЕЛЬНИКОВ, И.С. САЗОНОВ, В.А. КИМ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Большие финансовые потери, а также гибель людей в дорожно-транспортных происшествиях заставляют все страны мира проводить активную работу по созданию систем транспортных средств способных повысить безопасность движения.

Первой системой, обеспечивающей устойчивость автомобиля при торможении, явилась – антиблокировочная система (АБС). Дальнейшая работа по обеспечению безопасности движения потребовала решения проблем связанных с безопасностью автомобиля при его заносе на поворотах и привела к созданию нового поколения систем обеспечения безопасности движения автомобиля – электронных систем стабилизации движения (ESP).

По данным фирмы «Daimler Chrysler» количество аварий из-за потери водителем контроля над автомобилем снизилось с момента внедрения ESP на 42 % [1, 2, 3, 4].

Работы по созданию автоматических систем управления движением на протяжении длительного времени выполняются в Белорусско - Российском университете.

Формирование научной школы, изучающей динамику колесных машин, автоматизацию управления движением автомобилей и автопоездов, создание компонент систем активной безопасности мобильных машин (САБ) на энергетическом силовом анализе механических систем под руководством профессоров И.С. Сазонова и В.А. Кима позволило существенно повысить качественный уровень работ в области управления движением транспортных средств и, в частности, в области управления торможением транспортных средств.

Сформулирована новая концепция принципа функционирования САБ транспортного средства. Концепция заключается в использовании более высокоинформативных источников первичной информации, чем кинематические параметры. Такими источниками информации являются силовые факторы в контакте колес с опорной поверхностью и силы в узлах связи между звеньями колесной машины. Созданы уникальные образцы новых систем управления, ориентированные на использование электронных компонент отечественного производства.

Современные САБ используют три наиболее известных принципа управления:

1) регулирование по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса;

2) регулирование по максимальному использованию тангенциальной реакции колеса с опорной поверхностью;

3) регулирование по производной от коэффициента сцепления по коэффициенту относительного скольжения контакта колеса (градиентный метод).

При этом источником первичной информации является кинематический параметр вращения колеса, а исполнительным механизмом является модулятор, включенный в тормозной привод.

В основе работы САБ лежит принцип оптимального соотношения между коэффициентом сцепления колеса с дорогой и коэффициентом относительного скольжения его пятна контакта относительно опорной поверхности. Сцепление колес зависит и от состояния дороги, и от характеристик шин. Важно отметить, что реакции связи колеса уменьшаются сразу же после начала скольжения. Именно поэтому транспортное средство теряет курсовую устойчивость и управляемость.

При способе регулирования по принципу отслеживания максимума коэффициента сцепления производится сравнение приведенного углового замедления колеса и замедления остова автомобиля, а также определение самого коэффициента сцепления. В последующем эти значения поддерживаются в заданных пределах.

Для реализации способа регулирования по принципу отслеживания максимума коэффициента сцепления все современные САБ содержат три основных узла: датчики угловой скорости колес, электронный блок обработки данных и формирования сигналов управления, исполнительный механизм - модулятор давления рабочего тела в тормозном приводе.

Особо важным элементом современной системы САБ является источник первичной информации, представляющий собой датчики измерения угловых скоростей (ускорения) вращения колес.

Таким образом, можно видеть, что наиболее распространенным методом формирования сигналов управления является способ сравнения углового замедления колеса и поступательного замедления двухколесного транспортного средства.

Формирование сигнала управления при данном способе производится в случае нарушения равенства ускорений. При равенстве ускорений формирование сигнала управления не осуществляется [1, 2, 3, 4].

Алгоритм работы антиблокировочной системы с использованием кинематических параметров показан на рис. 1.

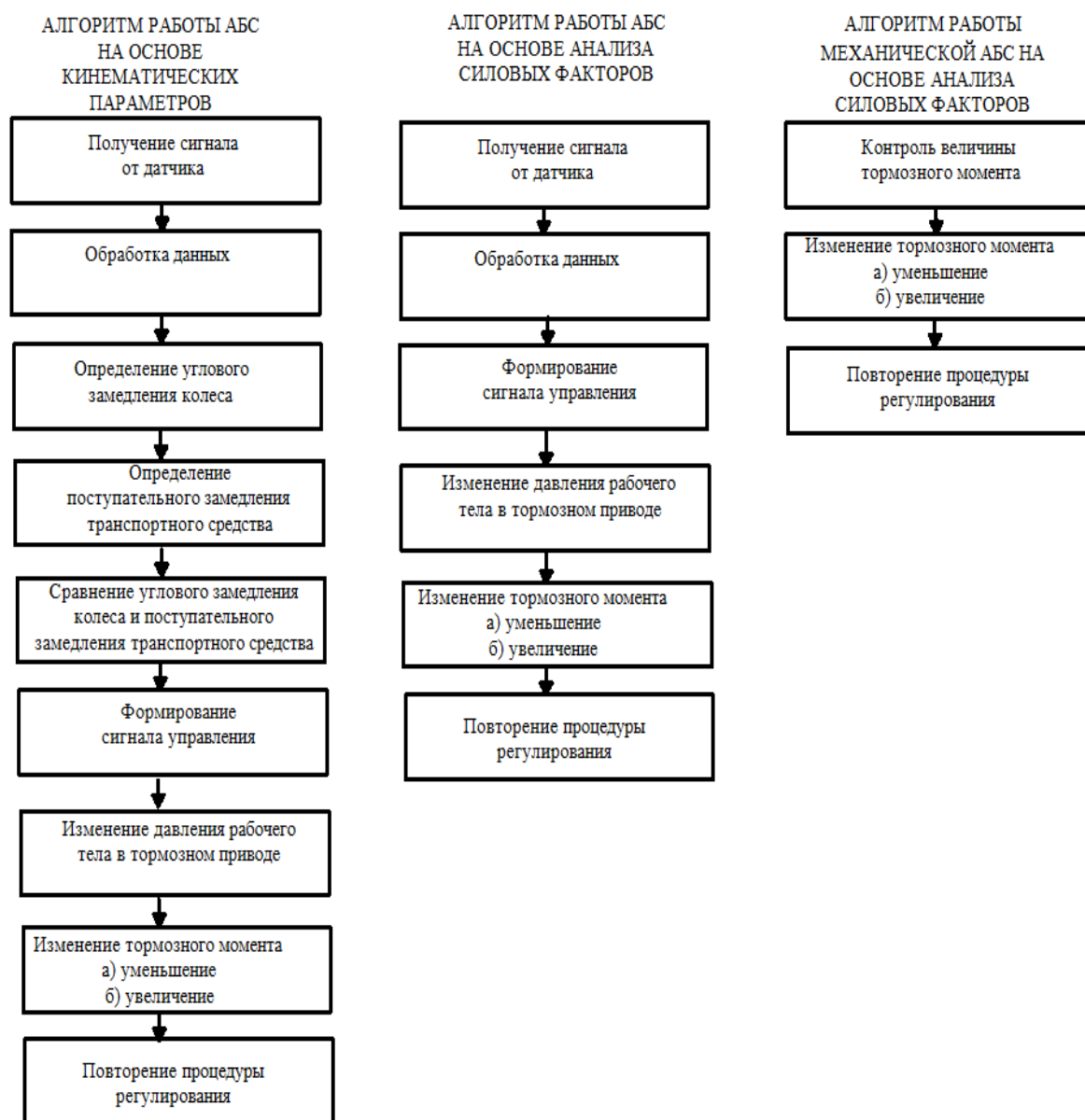


Рис. 1. Алгоритмы работы антиблокировочных систем

Главная сложность реализации подобных алгоритмов связана с определением линейной скорости  $V_a$  движения транспортного средства, которая рассчитывается путем осреднения угловых скоростей колес. И в настоящее время эта проблема все еще остается нерешенной. Усовершенствования используемых АБС связаны именно с определением скорости поступательного движения остова мотоцикла.

При широком диапазоне изменения коэффициента сцепления обеспечить устойчивость мотоцикла, из-за неточности определения скорости остова мотоцикла, практически не представляется возможным.

Недостаток рассмотренных методов управления САБ обусловлен еще и тем, что ни проскальзывание, ни замедление колеса не несут достаточной

информационной нагрузки, необходимой для определения силовых взаимосвязей в контакте колеса с дорогой.

Другим недостатком является сложность конструкции, связанная с изготовлением перфоратора и используемой проводкой, невозможность получения линейной характеристики датчика.

Наиболее информационно насыщенными источниками первичной информации САБ являются силы и моменты, фактически реализуемые колесами двухколесного мотоцикла.

Проведенные исследования изменений реализуемых моментов при экстренном и служебном торможении показали, что принцип формирования сигналов управления торможением может строиться на основе отрицательного знака производной тормозного момента, или по максимуму тормозного момента.

Проведенные стендовые и натурные испытания разработанных систем показали эффективность принципа силовой идентификации используемого в системах управления движения.

На рис. 2 дано схематичное представление изменения знаков производных тормозных моментов при экстренном торможении.

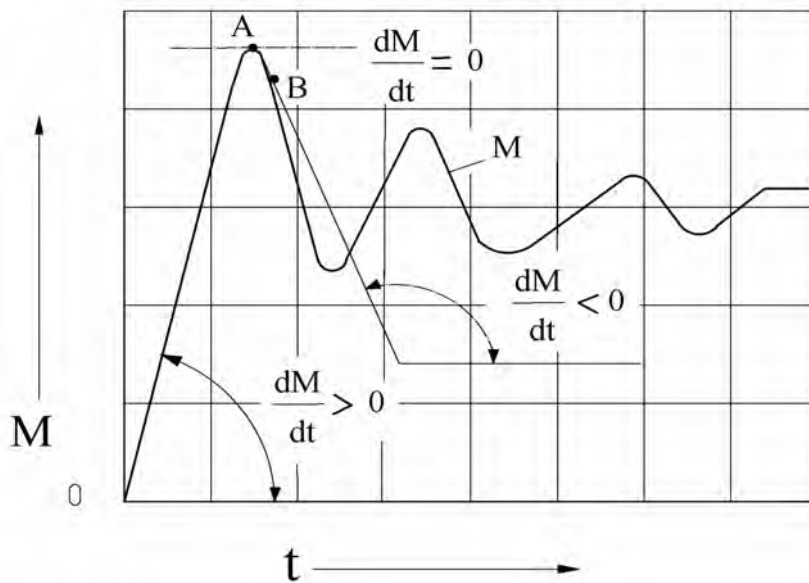


Рис. 2. Схематизированное представление изменения тормозного момента фактически реализуемого колесом

Алгоритм работы антиблокировочной системы на основе анализа силовых факторов показан на рис. 1.

Таким образом, новым этапом в развитии систем активной безопасности транспортных средств является использование силового анализа при формировании управляющего воздействия.

В отличие от алгоритма работы антиблокировочной системы, основанной на использовании кинематических параметров, использование алгоритма на основе анализа сил не требует выполнения трудоемких промежуточных вычислений по обработке недостаточно информативных

кинематических параметров: определение углового ускорения колеса; определение поступательного ускорения транспортного средства; сравнения и формирования на их основе управляющего сигнала для регулирования тормозного момента, величины имеющей другую физическую природу.

Это означает, что регулирование процесса торможения по данному алгоритму носит более объективный характер, так как, в данном случае, происходит прямое определение значения силовых факторов, которые как раз и предстоит регулировать. В отличие от алгоритма с использованием кинематических параметров, когда моделирование тормозного момента выполняется на основе опосредствования кинематических параметров.

Следующим шагом на пути создания эффективных систем регулирования процесса торможения является создание механических антиблокировочных систем. При этом необходимо отметить, что в основу функционирования механических антиблокировочных систем закладывались принципы управления системой на основе силового анализа.

На рис. 1 представлен алгоритм работы механической антиблокировочной системы на основе силового анализа.

Одной из главных особенностей разработанной системы является исключение этапа обработки данных от датчиков кинематических либо силовых параметров. Конструкционный элемент системы производит контроль и непосредственно изменение значения тормозного момента.

Конструкционным элементом, осуществляющим контроль и изменение тормозного момента, является упругий элемент. Для рассматриваемой системы таким элементом является цилиндрическая пружина сжатия, параметры которой определяются с учетом обеспечения необходимой чувствительности антиблокировочной системы.

Главными преимуществами разработанной системы являются:

- регулирование процесса торможения на основе силового анализа, то есть с использованием информационных величин имеющих общую физическую основу с регулируемыми величинами;
- исключение промежуточных вычислений с использованием кинематических параметров;
- исключение из системы управления блока управления и модулятора давления рабочего тела в тормозном приводе;
- использование механического привода;
- автономная работа системы без внешних дополнительных источников энергии, как, например, гидравлических насосов характерных для электронно-гидравлических антиблокировочных систем;
- адаптивность к тормозам с механическим нажимным устройством;
- совмещение в одном элементе функций информационного датчика и устройства изменяющего величину тормозного момента;
- возможность увеличения значения тормозного момента без использования дополнительных устройств, что дает возможность

использовать разработанную систему как автоматический усилитель тормозного момента;

– возможность использования, вследствие эффекта усиления, любого механического нажимного устройства, применение которого ограничивалось невысокими значениями усилий прижатия тормозных колодок к диску либо барабану;

– меньшая стоимость по сравнению с электронно-гидравлическими антиблокировочными системами.

На рис. 3 и 4 представлена механическая антиблокировочная система, работа которой осуществляется на основе силового анализа.

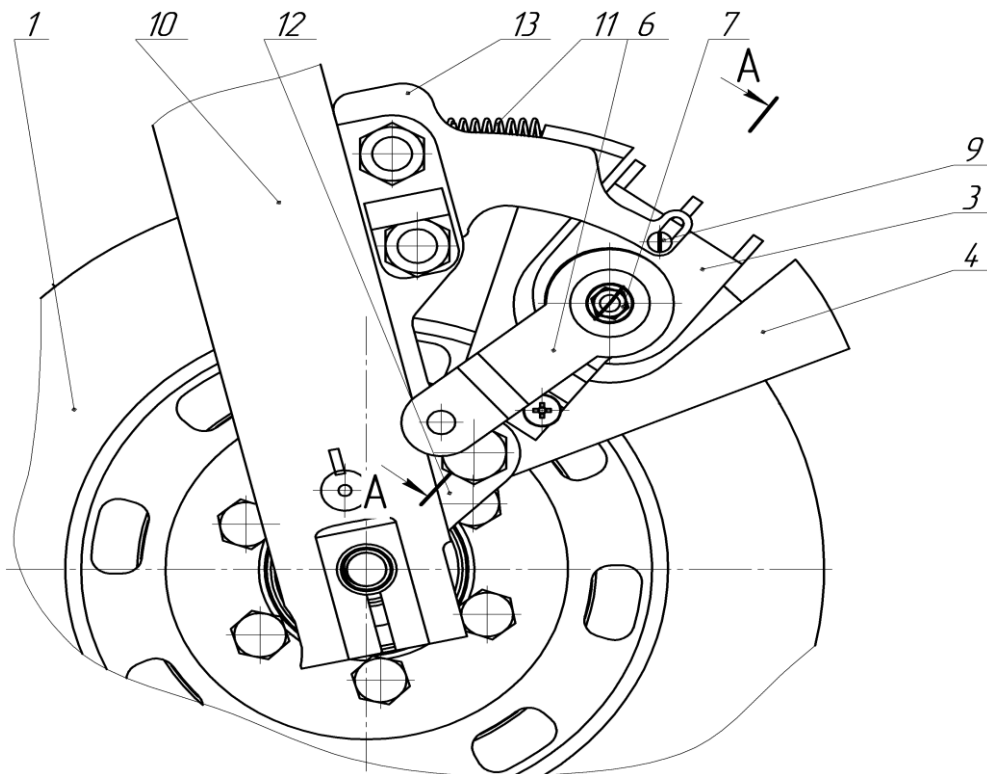


Рис. 3. Главный вид механической антиблокировочной системы

Воздействие, приложенное к рычагу 6, вызывает поворот винта 8, сопряженного с помощью резьбовой поверхности с тормозной скобой 3. Это создает осевое перемещение винта 8, а также перемещение тормозной скобы 3, вследствие чего возникают усилия, прижимающие тормозные колодки 2 к тормозному диску 1. Прижимаясь к тормозному диску 1 тормозные колодки 2 создают тормозной момент, вызывающий поворот корпуса 4, шарнирно установленного на кронштейне 12 с помощью оси 5 в сторону вращения тормозного диска 1.

При повороте корпуса 4, вместе с ним перемещается тормозная скоба 3, которая с помощью штифта 9, установленного на скобе 3, упирается в кронштейн 12, при этом происходит дополнительный поворот скобы 3 относительно корпуса 4.

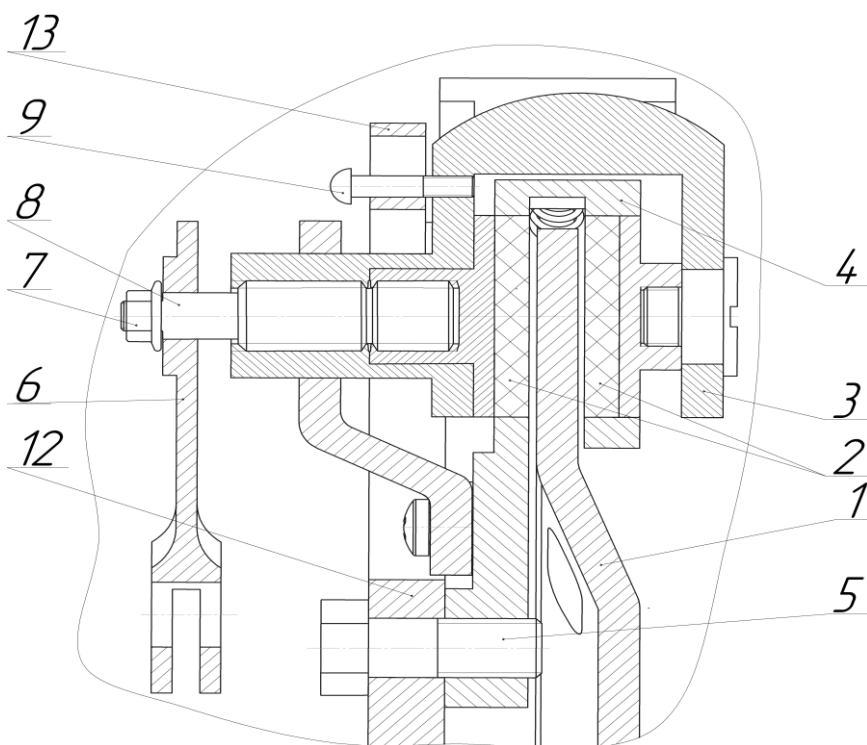


Рис. 4. Разрез механической антиблокировочной системы

Поворот скобы 3 создает автоматический эффект увеличения усилий, прижимающих колодки к диску, то есть вызывает дополнительное осевое перемещение винта 8, вследствие чего возникает дополнительное усилие, прижимающее колодки 2 к диску 1.

При блокировке колеса сила трения в контакте шины с дорогой уменьшается, позволяя корпусу 4 сократить угол закрутки и под действием возвратной пружины 11, то есть повернуться в сторону противоположную первоначальному повороту корпуса 4. Тормозная скоба 3, поворачиваясь вместе с корпусом 4 в обратную сторону, упирается в пластину 13, установленную в кронштейне 12, вследствие чего происходит поворот скобы 3 относительно корпуса 4 в обратную сторону.

Так как скоба 3 сопряжена с ходовым винтом 8 с помощью резьбы, поворот скобы 3 относительно корпуса 4 в обратную сторону вызывает осевое перемещение винта 8 также в обратную сторону, уменьшая тем самым усилие прижатия тормозных колодок 2 к диску 1 и колесо разблокируется. Возрастание тормозного момента в следующий момент времени вновь вызывает поворот корпуса 4 в направлении вращения тормозного диска 1, процесс повторяется.

Результаты последних исследований показали, что метод силовой идентификации представляет новое научное направление, позволяющее продолжить развитие фундаментальных исследований в области теории и практики проектирования автоматических систем управления движением колесных машин.

Созданные опытные САБ функционирующие на основе анализа сил показали возможность реализации новой концепции управления системой

активной безопасности, а также возможность реализации для различных типов транспортных средств, в том числе и для двухколесных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сазонов, И. С.** Динамика колесных машин /И. С. Сазонов [и др]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2006. – 461с.

2. **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа / В. А. Ким. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.

3. **Пат. 2299140 РФ, МКИ<sup>6</sup> В 60 Т С1.** Способ регулирования торможением автопоезда / И. С. Сазонов [и др.] ; заявитель и патентообладатель Беларус.-Рос. ун-т. – № 2005132206/11 ; заявл. 18.10.05 ; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. – 5 с. : ил.

4. **Пат. 9589 ВУ, МПК В 60Т 8/00 С1.** Способ регулирования торможением автопоезда / И. С. Сазонов [и др.] ; заявитель и патентообладатель Беларус.-Рос. ун-т. – № 20041020; заявл. 11.08.04 ; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. – 5 с. : ил.

