

УПРАВЛЕНИЕ ТОРМОЖЕНИЕМ ДВУХКОЛЕСНЫХ ОДНОКОЛЕЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АБС НА МОТОЦИКЛАХ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск.

Аннотация: В статье рассматриваются различные варианты конструкций тормозных систем с АБС для мотоцикла. В результате анализа предложенных конструкций выбирается оптимальная система, состоящая из электронного и гидравлического блоков управления и датчиков угловой скорости колес. В предложенной системе применен доэкстремальный алгоритм управления.

Abstract: The project introduces the various braking systems for motorcycle with ABS. As a result of analysis of the ABS system includes electronic and hydraulic control units and wheel velocity sensors. The original pre-extreme algorithm is used to ABS control.

Ключевые слова: мотоцикл, АБС, доэкстремальный алгоритм, тормозная система.

Keywords: motorcycle, ABS, pre-extreme algorithm, braking system.

Введение.

По условию безопасного движения необходимо, чтобы тормозная система мотоцикла обеспечивала ему кратчайший тормозной путь. Одним из основных этапов при расчете тормозного пути является определение величины среднего и максимального замедлений при торможении. Теоретически, при высоких значениях коэффициента сцепления между шиной и дорогой возможны весьма высокие значения замедления. Однако при больших тормозных усилиях возникает блокировка колес, которая ухудшает поперечную устойчивость мотоцикла и представляет опасность потери его устойчивости и управляемости.

Максимальное замедление при торможении достигается, когда коэффициент проскальзывания составляет порядка 14%. Для достижения этого необходимо точно задавать величину тормозного усилия. Теоретически это сделать нетрудно для заданного значения замедления. Практически, в условиях быстрого торможения, необходима точная дозировка тормозного усилия для достижения требуемого (в данный момент) оптимального значения замедления. Эффективным решением этой проблемы является установка на мотоцикл антиблокировочной системы тормозов (АБС). Однако, анализируя литературы и технические разработки мы видим, что применение систем АБС не получило широкого применения на двухколесной технике. Вместе с тем, статистика ДТП по европейским странам показывает, что доля происшествий с участием двухколесной техники выросла на 210% за последние 10 лет. Основными причинами аварий называют не-

правильное управление техникой в экстремальных ситуациях, которое приводит к падению или опрокидыванию водителя и мотоцикла.

Одной из причин не широкого применения АБС является то, что поскольку мотоцикл является одноколейным транспортным средством, к АБС должны предъявляться иные требования, по сравнению с АБС, установленной на автомобиль. Главное отличие заключается в том, что для автомобиля допускается блокировка передних колес, которая не приводит к потере его устойчивости. Для мотоцикла блокировка переднего колеса недопустима, т.к. она приводит к потере устойчивости движения и управляемости, и, как следствие падению мотоцикла. Также следует учитывать, что незначительные углы наклона шкворня в продольной и поперечной плоскости в легковом автомобиле позволяют рассматривать процесс торможения, пренебрегая смещением пятна контакта. В двухколесных транспортных средствах практически всегда имеет место движение колеса с боковым уводом, а при криволинейном манёвре – дополнительно с большим наклоном.

Все вышеперечисленные особенности движения одноколейной машины требуют разработки оригинальных алгоритмов управления АБС, учитывающих данные процессы, что приводит к усложнению блока управления АБС и обязательному введению дополнительных датчиков, приводящих к существенному увеличению стоимости АБС. В связи с этим, необходимо разработать унифицированный подход к проектированию антиблокировочных систем, учитывающий мощность двигателя, массу мотоцикла и другие параметры.

В разработанных автомобильных системах активной безопасности не учитываются процессы увода и наклона колеса при торможении, т.к. они не приводят к снижению устойчивости и управляемости автомобиля. Следовательно, необходимо:

- а) разработать принципиально новые принципы управления;
- б) использовать новую сенсорную базу.

Тормозная система мотоцикла с АБС.

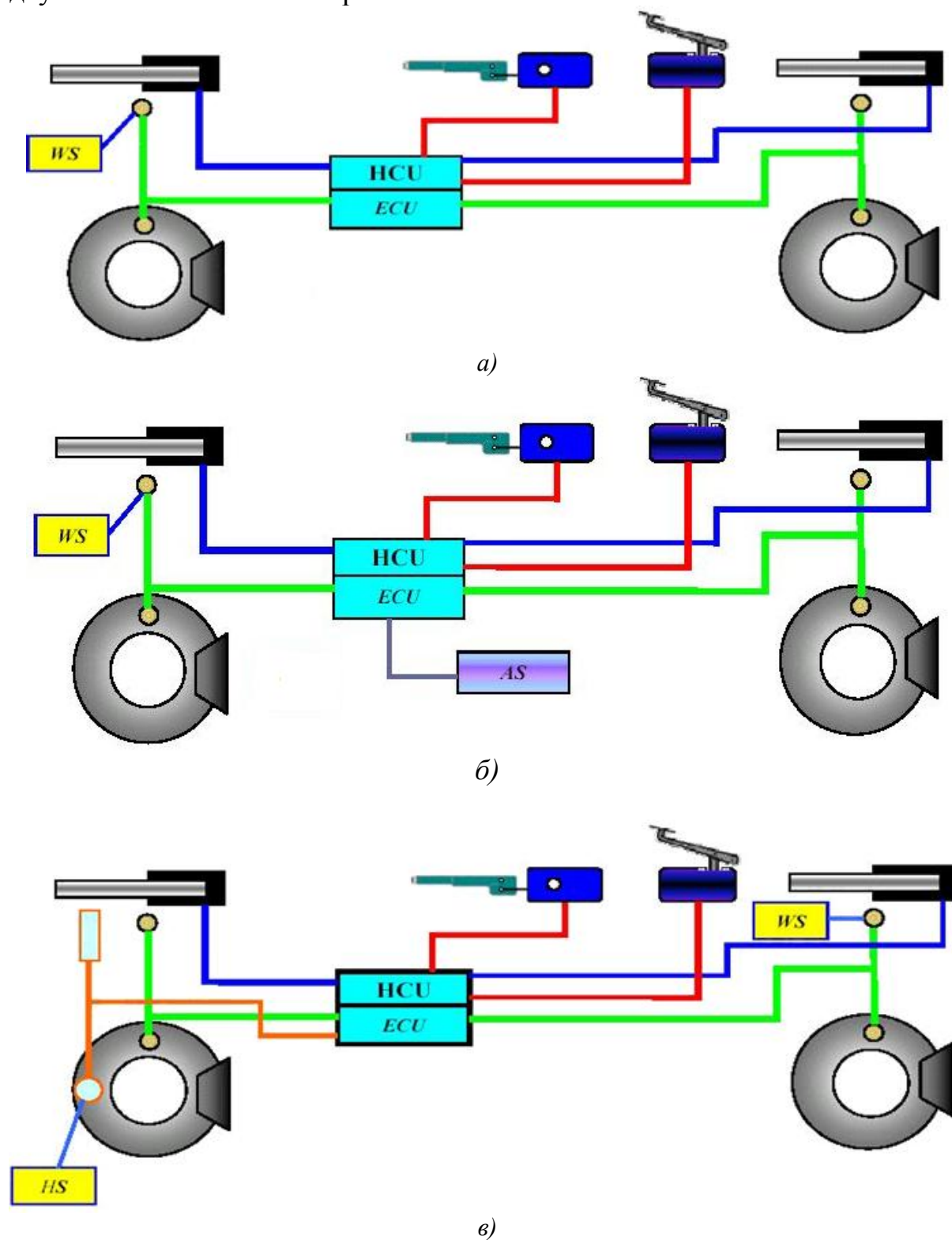
Для разработки эффективной АБС для мотоцикла необходимо учитывать следующие факторы:

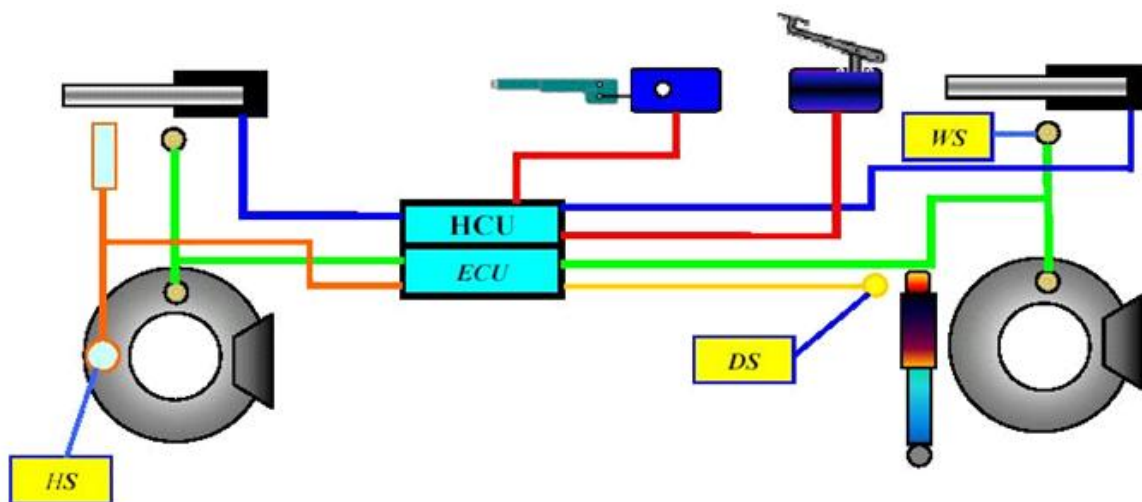
- обеспечиваемая тормозная эффективность;
- запас по устойчивости машины, обеспечиваемый АБС;
- влияние установки АБС на стоимость машины;
- взаимодействие сенсорной и исполнительной частей АБС с другими узлами мотоцикла;
- требования к конструкции ЭБУ, предъявляемые алгоритмом работы [3].

Принципиальная особенность тормозной системы двухколесных мобильных машин заключается в раздельном управлении передним и задним контурами. Обычно, переднее колесо тормозится ручным тормозом, заднее

– ножным. Это позволяет принципиально реализовать системы автоматического управления торможением для двухколесной техники двумя путями – в виде одноканальных и двухканальных АБС [4].

На рис.1, представлены принципиальные схемы одноканальных и двухканальных антиблокировочных систем.





г)

Рис. 1. Схемы одноканальных и двухканальных АБС мотоциклов

- а) Одноканальная АБС с датчиком частоты вращения на переднем колесе;
 б) Одноканальная АБС с датчиком частоты вращения на переднем колесе и акселерометрическим датчиком;
 в) Двухканальная АБС с датчиками частоты вращения на обоих колесах;
 г) Двухканальная АБС с датчиком частоты вращения и регулируемой задней подвеской;

ECU-электронный блок управления, HCU-гидравлический блок управления, WS-датчик угловой скорости, AS-акселерометр, HS-гироскопический датчик, DS-датчик положения задней подвески

Сенсорная часть наиболее простой схемы одноканальной АБС, рис. 1а), имеет датчик частоты вращения колеса, аналогичный датчику, используемому в автомобильных антиблокировочных системах [2]. В качестве алгоритма работы данной схемы можно использовать регулирование по замедлению колеса. По сигналу с датчика частоты вращения колеса электронный блок управления фиксирует его замедление.

При резком возрастании замедления (что свидетельствует о приближении блокирования) подается сигнал на уменьшение тормозного давления. После того как колесо начинает разгоняться вновь, подается сигнал на повышение давления. Данные процессы повторяются циклически до остановки машины или прекращения воздействия мотоциклиста на тормозную систему.

Более точно учитывать величину проскальзывания шины позволяет следующий вариант АБС (рис. 1б). Одноканальная система с акселерометрическим датчиком позволяет определять, как угловую скорость колеса, так и линейную скорость мотоцикла. Сравнивая их значение, электронный блок управления вычисляет проскальзывание колеса и осуществляет его дополнительное регулирование.

Это обстоятельство является особенно актуальным для дорог с низким коэффициентом сцепления, где замедление не отражает в достаточной

мере момент приближения блокирования колеса по сравнению с проскальзыванием. Наряду с этим, в данной системе предлагается использовать датчик угловой скорости колеса как дополнительный информационный канал. Для определения момента движения транспортного средства под наклоном, используется акселерометрический датчик поперечных ускорений.

Следует отметить, что одноканальные системы используются, в основном, на моделях мотоциклов, не обладающих большой удельной мощностью и массой, т.е. они не пригодны для современной мотоциклетной техники характеризующейся управлением торможением обоих колес.

Для такого управления торможением требуется обязательная установка гидроприводов для переднего и заднего тормозных механизмов. При этом безопасность движения ТС существенно повышается.

Использование автомобильной АБС на одноколейной машине, с двумя датчиками угловой скорости, представлена на рис. 1в. Использование данной схемы позволяет повысить безопасность транспортного средства в случае идеального торможения, т.е. торможения при прямолинейном движении, без наклона ТС.

Наиболее приемлемыми с точки зрения функционально-стоимостного анализа являются:

- а) схема с датчиками частоты вращения колеса;
- б) схема с акселерометрическим датчиком.

Следует отметить, что все рассмотренные схемы АБС не имеют оригинальных решений в исполнительской части. Используемые датчики применяются в автомобильных системах активной безопасности. Следовательно, для их использования в мотоциклетных АБС требуется специальная настройка чувствительности с учетом параметров машины и применение новых алгоритмов управления.

В качестве одного из наиболее оптимальных вариантов АБС для мотоцикла является система, представленная на рис.1г, в которой дополнительно к датчикам угловой скорости устанавливаются гироскопический датчик и датчик положения задней подвески. Гироскопический датчик размещается в ступице переднего колеса и используется для определения увода шины.

Датчики подобной конструкции широко применяются в военной технике и системах динамической стабилизации автомобиля, и проявили себя как надежные и относительно недорогие системы. Информация, получаемая от данного датчика позволяет с высокой точностью определить момент увода шины, а информация, которая поступает от акселерометрического датчика, позволяет учитывать явление наклона колеса.

Таким образом, использование двух данных датчиков позволяет учитывать основной фактор, влияющий на устойчивость транспортного средства.

Кроме вышеописанных датчиков, в данной системе присутствуют датчики угловой скорости и датчик положения задней подвески. Функция датчиков угловой скорости – определение начала замедления колеса. По конструкции датчики идентичны, используемым в автомобильных системах. Датчик положения задней подвески используется для предотвращения преждевременной блокировки заднего колеса и перетормаживания переднего вследствие резкого смещения центра масс при торможении. На основании информации, полученной от данного датчика, осуществляется корректировка управляющего сигнала с учетом изменения положения заднего колеса в вертикальной плоскости.

Алгоритм работы АБС.

Как упоминалось выше, для предложенной системы АБС необходим новый алгоритм управления, наиболее оптимальным является применения градиентного или доэкстремального алгоритма работы [1]. Он базируется на отслеживании оптимальной по сцеплению области работы колеса одновременно как по направлению изменения μ , и S . Параметром регулирования при этом является производная $d\mu/ds$. Техническая реализация данного подхода регулирования стала возможна после внедрения в автомобилестроении новых микроэлектронных и мехатронных технологий для сенсорной и исполнительной части АБС.

Основное преимущество градиентного регулирования состоит в том, что оно позволяет обеспечить устойчивую работу колеса в доэкстремальной области μ - s -кривой. Выбор граничных условий в этой области для определения порогов срабатывания АБС может обеспечить максимально возможную эффективность торможения, управляемость и устойчивость движения, а также минимальные энергетические потери в колесе.

Одним из граничных условий является равенство

$$d\mu/ds = 0,$$

что соответствует максимуму μ - s -кривой. Необходимо, чтобы порог срабатывания АБС на очередное затормаживание после цикла сброса давления не выходил за эти границы. За точкой, соответствующей μ_{\max} , регулирование должно происходить исходя из показателей безопасности движения и износа шин, т.к мощность торможения в данной ситуации начинает все больше перераспределяться с тормозного механизма на контакт колеса с дорогой.

Моделирование работы АБС.

Объект моделирования: мотоцикл ММВЗ 3.115, производство ОАО «МОТОВЕЛО».

Исходные данные: полная масса 203 кг; база $L = 1,25$ м; высота центра тяжести $h_g = 0,7$ м; расстояние от точки контакта переднего колеса до

центра масс $a = 0,64$ м; динамический радиус колеса $r_d = 0,295$ м; момент инерции колес $0,84$ кг*м².

Моделирование работы тормозной системы с АБС проводилось с помощью пакета AMESim, который представляет собой программу, позволяющую моделировать различные процессы движения транспортных средств.

В результате моделирования были получены различные характеристики, описывающие работу тех или иных узлов транспортного средства. Основным показателем эффективности работы тормозной системы, является тормозной путь, результаты, полученные после моделирования, представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Сравнительные результаты моделирования работы тормозных систем

Скорость торможения 80 км/ч		Скорость торможения 120 км/ч	
Тормозная система с АБС	Тормозная система без АБС	Тормозная система с АБС	Тормозная система без АБС
Торм.путь 22,3 м	Торм.путь 30 м	Торм.путь 23,5 м	Торм.путь 34,6 м

Анализируя данные, полученные в ходе эксперимента, можно сделать следующий основной вывод: использование антиблокировочной тормозной системы на двухколесных транспортных средствах, работающей на основе до-экстремального алгоритма управления, позволяет обеспечить устойчивость транспортного средства при торможении и уменьшение тормозного пути. Следовательно, Применение АБС в значительной степени повышает уровень активной безопасности двухколесных транспортных средств.

Список литературы.

1. Активная безопасность автомобиля. В.Г. Бутылин, М.С. Высоцкий, В.Г. Иванов, И.И. Лепешко. Минск, «Белавтотракторостроение», 2002. – С. 45-50.
2. Антиблокировочные и противобуксовочные системы легковых автомобилей: Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИавтопром, 1989. – 41 с.
3. Burckhardt M Fahrwerktechnik: Radschlupf-Regelsysteme. Wurzburg: Vogel, 1993. – 432 p.
4. Ivanov Valentin, Mikhaltsevich Mikalai. ACTIVE SAFETY AND BRAKING CONTROL FOR TWO-WHEEL VEHICLES. Proc. Of 9th European Automotive Congress. Conference 2 «Safety-Current trends and future challenges». – Paris, – 2003. – P. 51.