

УДК 629.113

*М. Л. Петренко, А. С. Мельников, А. В. Юшкевич, С. В. Лихтар, Е. А. Моисеев,
А. А. Мельников*

ЭЛЕКТРОННО-МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

UDC 629.113

*M. L. Petrenko, A. S. Melnikov, A. V. Yushkevich, S. V. Likhtar, E. A. Moiseyev,
A. A. Melnikov*

ELECTRONIC AND MECHANICAL ACTIVE SAFETY SYSTEM

Аннотация

Рассмотрена система активной безопасности двухколесного транспортного средства, действующая на основе силового анализа величины тормозных моментов, фактически реализуемых на колесах мотоцикла, и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Описаны принципиальная схема системы активной безопасности, устанавливаемой на двухколесные транспортные средства, принцип действия и алгоритм управления на базе отслеживания фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Ключевые слова:

система активной безопасности, блокировка, антиблокировочная система, блок обработки информации, боковые силы, электромеханическая САБ, силовой исполнительный элемент, алгоритм управления, тормозной момент, двухколесное транспортное средство.

Abstract

The paper deals with the active safety system of a two-wheeled vehicle acting on the basis of the force analysis of brake torque values actually occurring on motorcycle wheels and the lateral force values between a wheel and the supporting surface in the contact area. It describes the concept of active safety systems installed on two-wheeled vehicles, the principle of operation and the control algorithm based on monitoring actually occurring braking torques and lateral force values between a wheel and the supporting surface in the contact area.

Key words:

active safety system, locking, anti-lock braking system, information processing unit, lateral forces, electromechanical active safety system, power actuator, control algorithm, brake torque, two-wheeled vehicle.

Повышение спроса на различные виды двухколесных транспортных средств приводит к росту их количества на дорогах общего пользования. Выпуском двухколесных транспортных средств занимаются многие производители, например, такие производители мототехники, как «Хонда», БМВ, ОАО «Мотовело» (Минский мотоциклетно-велосипедный завод, ММВЗ), «Сузуки» и др.

Перечень выпускаемой продукции двухколесных транспортных средств очень широкий: мотоциклы, мопеды, мотороллеры, скутеры, электроскутеры, электромопеды, электровелосипеды.

Правила ЕЭК ООН № 13 [1], разработанные в отношении транспорта, и технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» [2] предъявляют жесткие требования к конструкции и

© Петренко М. Л., Мельников А. С., Юшкевич А. В.,
Лихтар С. В., Моисеев Е. А., Мельников А. А., 2016

параметрам тормозных систем транспортных средств. Согласно внесенным изменениям в эти нормативные документы с 2016 г. все мотоциклы с объемом двигателя 125 см³ и выше, выпускаемые в Европе или реализуемые там, должны будут комплектоваться системой АБС или комбинированной тормозной системой [1, 2].

В настоящее время на двухколесные транспортные средства устанавливаются совместно с АБС только гидравлические тормозные устройства, которые существенно повышают их стоимость и снижают конкурентоспособность на рынке, а транспортные средства, оборудованные механическими тормозными устройствами, не соответствуют требованиям правил ЕЭК ООН № 13.

Гидравлические и различные механические тормозные устройства, устанавливаемые на мотоциклы, обладают своими достоинствами и недостатками.

Гидравлические тормозные механизмы, устанавливаемые на двухколес-

ные транспортные средства, позволяют развивать необходимые тормозные усилия, обладают высокой скоростью срабатывания, удобством размещения на транспортном средстве. Гидравлическая тормозная система дает возможность реализовать более сложные схемы комбинированной тормозной системы.

Мотоциклы оборудуются отдельными рабочими контурами тормозной системы на переднее и заднее колеса, также может устанавливаться комбинированная тормозная система, при которой тормозные контуры на переднем и заднем колесах могут быть соединены либо может иметься один общий контур, подведенный к тормозному механизму на переднем и заднем колесах, и отдельный контур на одном из колес.

Комбинированная тормозная система обеспечивает функционирование даже при выходе из строя одного из тормозных приводов.

Варианты обычной и комбинированной тормозных систем представлены на рис. 1.

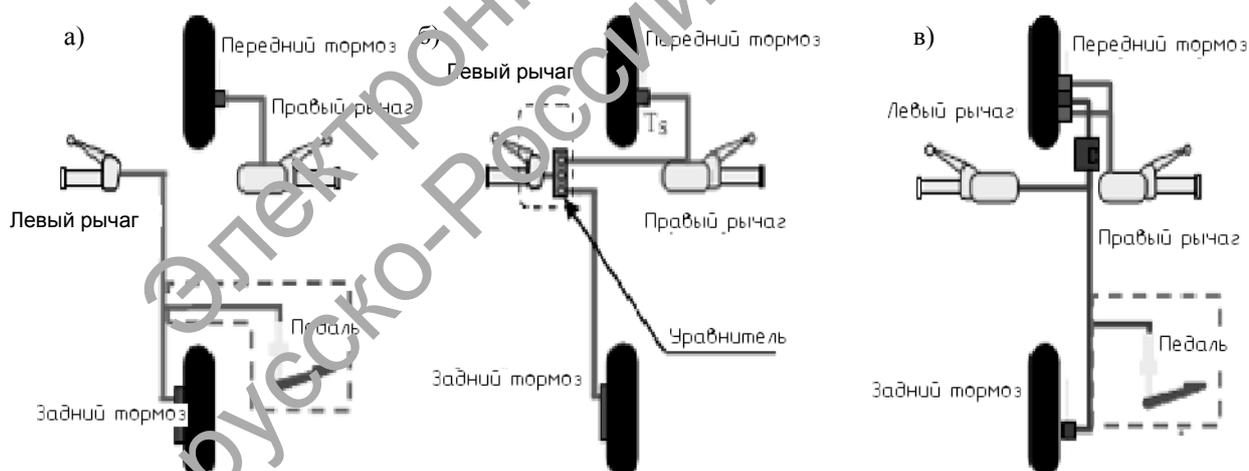


Рис. 1. Варианты обычной и комбинированной тормозных систем: а – обычная тормозная система; б – комбинированная тормозная система с одним общим контуром; в – комбинированная тормозная система с одним общим контуром и отдельным контуром на переднее колесо [3]

При имеющихся достоинствах гидравлические тормозные системы и их компоненты являются довольно дорогостоящими по производству и уста-

новке, что вызвано применением при их производстве дорогостоящих материалов, а также высокоточных методов обработки деталей гидравлических тор-

мозных механизмов и компонентов, приводящих их в действие (гидравлические шланги высокого давления, главный тормозной цилиндр, совмещенный с тормозной ручкой).

Стоимость гидравлической тормозной системы, установленной на двухколесные транспортные средства, значительно повышает и их стоимость.

При допустимости установки комбинированных систем на мотоциклы они не обеспечивают в полной мере устойчивости мотоциклов и других двухколесных транспортных средств.

На многие двухколесные транспортные средства (мотоциклы, мопеды, мотороллеры, скутеры, электроскутеры, электромопеды, электровелосипеды и др.) устанавливаются механические тормозные устройства различной конструкции, обладающие собственными достоинствами и недостатками.

Механические тормозные устройства дешевле в изготовлении и имеют меньшее количество компонентов при размещении на транспортном средстве, чем гидравлические тормозные механизмы.

Существующие механические тормозные устройства, устанавливаемые на двухколесные транспортные средства, не обладают возможностью функционировать совместно с системами активной безопасности, а тормозные устройства, которые способны функционировать с антиблокировочной системой, по своей стоимости приближены, а некоторые и дороже, чем гидравлические тормозные механизмы, что обусловлено их сложностью.

Для повышения конкурентоспособности и безопасности движения требуется разработка механического тормозного устройства, адаптивного к системам активной безопасности, устанавливаемого на двухколесные транспортные средства и обладающего невысокой стоимостью, ремонтопригодностью.

Разработана конструкция механического дискового тормозного устрой-

ства, адаптивного к системам активной безопасности, с функцией регулирования тормозных моментов, фактически реализуемых на колесах транспортного средства, а также методика проектирования и расчета тормозных механизмов, позволяющая выполнять адаптацию тормозного механизма под различную величину тормозного момента, который требуется реализовать на транспортном средстве.

Дисковый тормозной механизм адаптивный к системам активной безопасности, с функцией регулирования тормозных моментов, фактически реализуемых на колесах транспортного средства, представлен на рис. 2.

Схема дискового тормозного механизма приведена на рис. 3.

Дисковый тормозной механизм содержит тормозной диск 2, тормозную скобу 8, корпус 5, в котором по разные стороны тормозного диска 2 расположены тормозные колодки 3 и 4, одна из которых связана с тормозной скобой 8, цилиндр 9, связанный со второй тормозной колодкой 4, приводной рычаг 7, прикрепленный к цилиндру 9, кулачок 10 тормозной скобы 8, имеющий четыре наклонные поверхности, расположенные равномерно, установленный с помощью пазов в тормозную скобу 8. Цилиндр 9 установлен в тормозную скобу 8, имеет четыре наклонные поверхности, расположенные равномерно, четыре шарика 11, установленные между наклонными поверхностями на кулачке 10 тормозной скобы 8 и цилиндре 9, регулировочный винт 1 с резьбой, который имеет возможность регулирования зазора между тормозными колодками 3 и 4 и тормозным диском 2, закрученный в тормозную скобу 8 и фиксирующий кулачок 10 тормозной скобы 8, пружину 6, установленную между регулировочным винтом 1 и приводным рычагом 7, сжимающую кулачок 10 тормозной скобы 8 и цилиндр 9, фиксирующую четыре шарика 11 между наклонными поверхно-

стями на кулачке 10 тормозной скобы 8 и цилиндре 9.

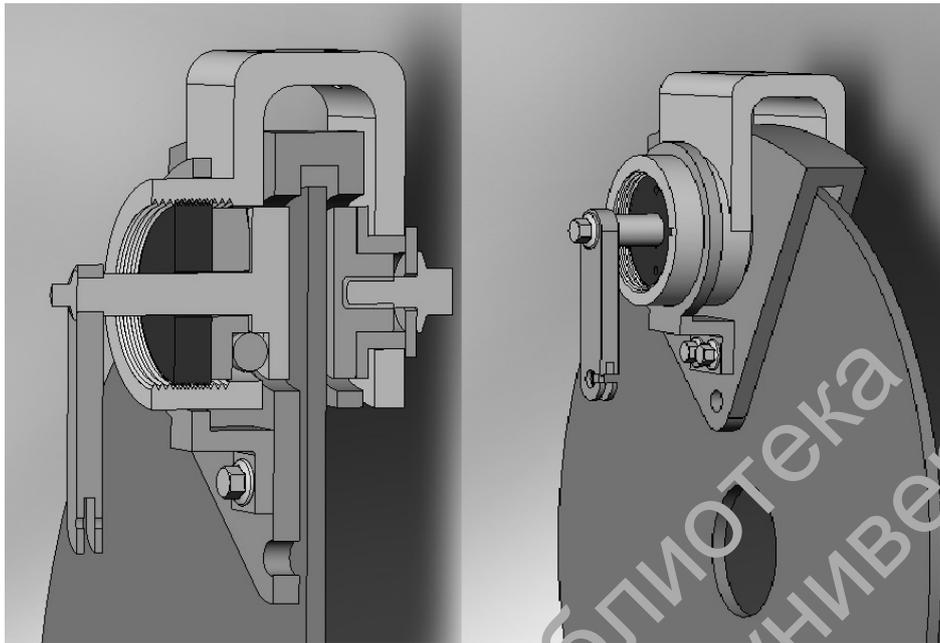


Рис. 2. Дисковый тормозной механизм, адаптированный к системам активной безопасности, с функцией регулирования тормозных моментов, фактически реализуемых на колесах транспортного средства

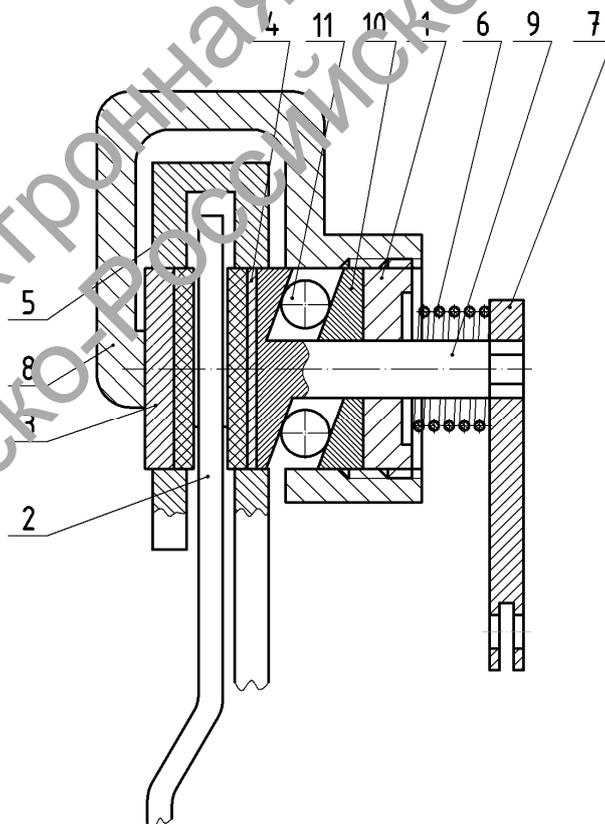


Рис. 3. Схема дискового тормозного механизма

Разработанный дисковый тормозной механизм может быть выполнен с кулачковым механизмом или с несамотормозящейся трапецеидальной резьбой.

Меньшая устойчивость двухколесных транспортных средств в сравнении с четырехколесными обуславливает повышенные требования к курсовой устойчивости в процессе торможения. Чтобы курсовая устойчивость мотоцикла возросла, необходимо отслеживать изменения величины боковых сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью и управлять колесом в процессе торможения для предотвращения его бокового скольжения [4].

Существующие системы активной безопасности в большинстве функционируют на базе анализа кинематических параметров, что требует высокой точности и скорости обработки сигналов, и анализа данных на основании сложных алгоритмов обработки. Усложнение алгоритма обработки ведет к усложнению электронной части САБ, вследствие чего происходит увеличение сложности изготовления системы и повышение ее стоимости.

Для снижения сложности алгоритма выработки управляющего сигнала и уменьшения стоимости электронной части САБ необходимо использовать данные на базе первичной информации о поведении транспортного средства на дороге. Такой информацией являются силовые факторы, возникающие в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Для применения силовых факторов в качестве информации для управления транспортным средством требуется разработка системы активной безопасности на основе силовых факторов, в качестве которых могут выступать фактически реализуемые тормозные моменты на колесах и величина боковых сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

На базе разработанного дискового тормозного механизма была создана

система активной безопасности двухколесного транспортного средства на основе силового анализа фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью (рис. 4).

Разработанная система активной безопасности двухколесного транспортного средства на основе силового анализа фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, состоит из следующих элементов:

- тормозного механизма с кулачковым нажимным устройством;
- датчиков силы, установленных на оси вращения колеса и измеряющих усилие, передаваемое колесом от поверхности дорожного покрытия при движении;
- блока обработки информации, предназначенного для преобразования аналогового сигнала в цифровой, усиления сигналов и их обработки с целью формирования управляющего сигнала, который затем подается на управляющий силовой элемент;
- силового элемента, предназначенного для управления процессом торможения путем воздействия на скобу винтового тормозного механизма. Посредством поворота скобы происходит растормаживание колеса. В качестве силового элемента выступает соленоид втягивающе-толкающий импульсного действия промышленного производства;
- блока питания системы, обеспечивающего требуемое напряжение и силу тока в электрической части системы.

К преимуществам данной системы относятся простота и надежность тормозного механизма, низкая стоимость изготовления деталей системы активной безопасности из-за отсутствия использования высокоточных соединений в деталях механизма.

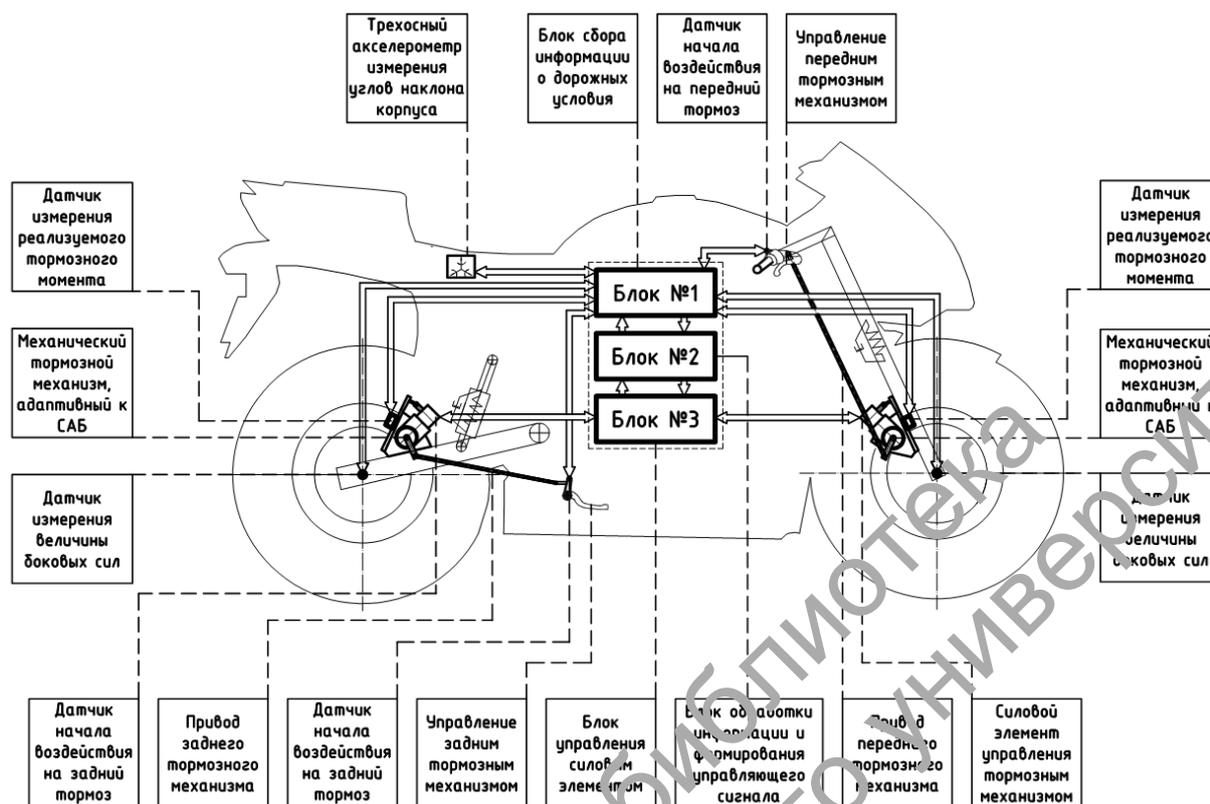


Рис. 4. Система активной безопасности для двухколесного транспортного средства на основе силового анализа фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью

В качестве управляющей цели сигнала САБ транспортного средства выступают тормозной момент и боковые силы, возникающие в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, что позволяет использовать первичные производные получаемого сигнала в алгоритме обработки информации и ускорять процесс принятия решения системой при выработке управляющего сигнала для воздействия силовым исполнительным элементом на дисковый тормозной механизм САБ.

Блок управления состоит из трех основных блоков.

Блок 1 – блок сбора и обработки информации от всех датчиков системы. Преобразовывает аналоговый сигнал с датчиков в цифровой, усиливает полученный сигнал, выполняет опрос всех датчиков с частотой 100 Гц.

Блок 2 – блок обработки информа-

ции и выработки управляющего сигнала на основе алгоритма управления. Выполняет обработку сигналов от силовых датчиков с помощью алгоритма управления и формирует управляющий сигнал путем обработки всех данных, поступивших в систему, а также передает управляющий сигнал на блок управления силовыми исполнительными элементами.

Блок 3 – блок управления силовыми элементами. Включает в себя блок преобразования напряжения для питания силовых элементов, H-мост, который обеспечивает поддержание стабильной частоты работы силовых управляющих элементов на основе соленоидов и передает силовой сигнал на соленоиды для растормаживания и затормаживания колеса тормозным механизмом системы активной безопасности в процессе торможения. Оптимальная

частота срабатывания соленоида составляет от 15 до 30 Гц.

Схема функционирования системы активной безопасности двухколесного транспортного средства на основе сило-

вого анализа фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, представлена на рис. 5.

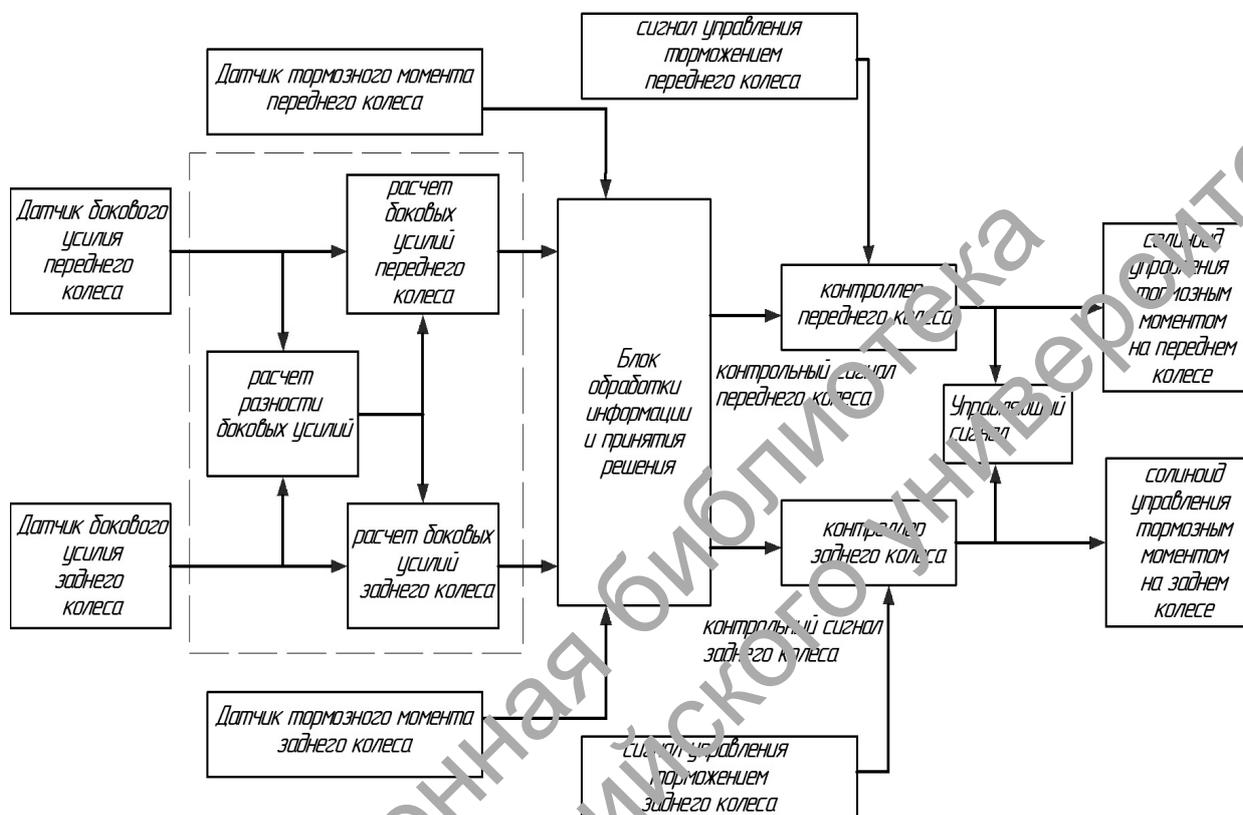


Рис. 5. Схема функционирования системы активной безопасности двухколесного транспортного средства на основе силового анализа фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью

На базе схемы функционирования системы активной безопасности двухколесного транспортного средства и алгоритма управления САБ на основе силовых факторов был разработан макетный образец микропроцессорной системы управления торможением, который содержит трехосный акселерометр (рис. 6).

В основе разработанной системы заложен способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства [5], позволяющий учитывать в алгоритме управления системой в процессе торможения изменение фактически реализуемых тормозных моментов и величины боковых сил,

возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, что дает возможность повысить курсовую устойчивость двухколесного транспортного средства и предотвратить потерю управляемости в процессе торможения.

Указанная задача достигается путем управления механическим тормозным устройством, содержащим кулачковый механизм, с помощью силового исполнительного механизма, управляемого блоком обработки информации, на основании всех данных, полученных о величине фактически реализуемого тормозного момента и величине боковых сил, возникающих в пятне контакта

колеса мотоцикла с опорной поверхностью. Величина фактически реализуемого тормозного момента и величина боковых сил, возникающих в пятне контакта колеса мотоцикла с опорной поверхностью, отслеживаются в зависи-

мости от угла наклона транспортного средства в продольном и поперечном направлениях с помощью трехосного акселерометра, установленного на корпусе транспортного средства.

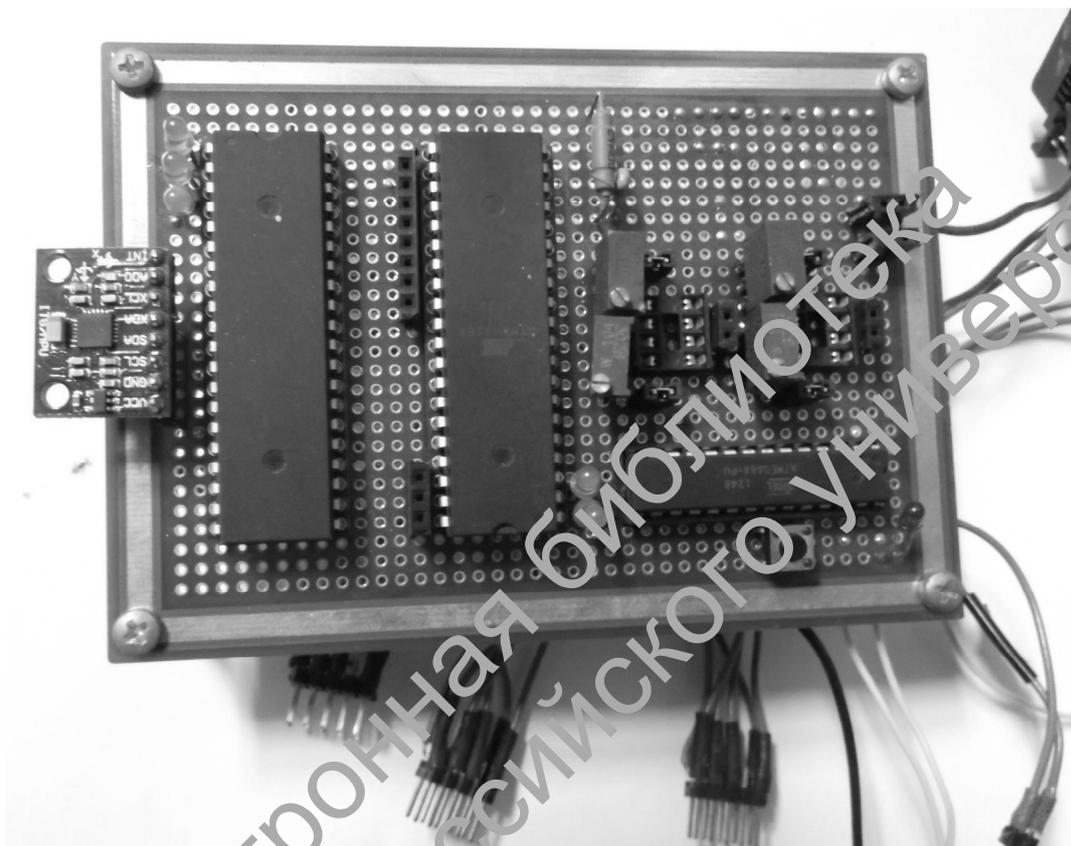


Рис. 6. Макетный образец микропроцессорной системы управления торможением системы активной безопасности двухколесного транспортного средства на основе силового анализа

Наличие трехосного акселерометра позволяет вычислять ускорение, замедление в процессе торможения, скорость транспортного средства в процессе торможения, что дает возможность определить величину тормозного пути. Таким образом, система может производить самодиагностику в процессе торможения.

Алгоритм работы САБ осуществляет управление тормозными моментами в процессе торможения в соответствии с одним из четырех возможных случаев, описывающих процесс управления в зависимости от изменения силовых факторов в пятне контакта колеса

с опорной поверхностью в процессе торможения.

В первом случае, при линейном нарастании величины тормозных сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью и отсутствии боковых сил, блок обработки информации на основании полученных данных обеспечивает сохранение неизменным характера действующих тормозных сил, возникающих в пятне контакта колеса с опорной поверхностью.

Во втором случае, при нелинейном нарастании величины тормозных сил, приводящих к блокировке колеса, и от-

сутствии боковых сил, блок обработки информации вырабатывает управляющий сигнал и подает его на исполнительный элемент. В момент поступления управляющего сигнала на силовой исполнительный элемент происходит растормаживание колеса. Разблокированное колесо начинает вращаться, при этом восстанавливается курсовая устойчивость и происходит изменение величины тормозных сил по линейной зависимости. В случае регистрации блоком обработки информации линейного характера изменения величины тормозных сил подается управляющий сигнал на силовой исполнительный элемент, затормаживая колесо. Процесс регулирования повторяется циклически в течение всего периода торможения.

В третьем случае, при линейном нарастании величины тормозных сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью и возникновении боковых сил, блок обработки информации сравнивает значение боковых сил с пороговым. При превышении порогового значения блок обработки информации вырабатывает управляющий сигнал и подает его на силовой исполнительный элемент, растормаживая колесо. Разблокированное колесо начинает вращаться, при этом восстанавливается курсовая устойчивость и происходит падение величины боковых сил ниже порогового значения. В момент регистрации блоком обработки информации падения величины боковых сил ниже порогового значения подается управляющий сигнал на силовой исполнительный элемент, затормаживая колесо. Процесс регулирования повторяется циклически в течение всего периода торможения.

В четвертом случае, при нелинейном нарастании величины тормозных сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью и возникновении боковых сил, блок обработки информации осуществляет управление системой активной безопасности на основании ве-

личины боковых сил, сравнивая значение боковых сил с пороговым. При превышении порогового значения блок обработки информации вырабатывает управляющий сигнал и подает его на исполнительный элемент, растормаживая колесо. Разблокированное колесо начинает вращаться, при этом восстанавливается курсовая устойчивость и происходит падение величины боковых сил ниже порогового значения, а также изменение величины тормозных сил по линейной зависимости. В момент регистрации блоком обработки информации падения величины боковых сил ниже порогового значения и линейного характера изменения величины тормозных сил подается управляющий сигнал на силовой исполнительный элемент, затормаживая колесо. Процесс регулирования повторяется циклически в течение всего периода торможения.

Выводы

Разработан дисковый тормозной механизм, адаптивный к системе активной безопасности, функционирующей на основе управления тормозными моментами и величины боковых сил в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, способный реализовать требуемую величину тормозного момента на колесах транспортного средства. Тормозной механизм обладает технологичностью в производстве, обслуживании и ремонте, не требует применения дорогостоящих материалов при изготовлении (в сравнении с производством компонентов гидравлической тормозной системы).

На основе данного тормозного механизма разработана система активной безопасности, которая использует в качестве источников информации для управления процессом торможения силовые факторы, что дает возможность повысить точность управления процессом торможения, снизить стоимость производства системы за счет снижения

сложности изготовления электронных элементов блока обработки информации. Созданная система совместима с любым типом привода тормозной системы и позволяет применять ее одновременно с механической тормозной системой.

Разработанная методика проектирования механических тормозных устройств, адаптивных к системе активной безопасности, позволяет создавать тормозные устройства для различных типов транспортных средств, имеющих

разную величину реализуемых тормозных моментов.

Патентная чистота созданной системы активной безопасности на основе управления тормозными моментами в процессе торможения дает возможность повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, обеспечения импортозамещения САБ, устанавливаемых на двухколесные транспортные средства, выпускаемые на территории Республики Беларусь и Таможенного союза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ЕЭК ООН № 13 (ГОСТ Р 41.13-99). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств.
2. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 (ред. от 28.05.2015) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».
3. **ГТК №3 ООН.** Тормозные системы мотоциклов.
4. **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе злого анализа : монография / В. А. Ким. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 245 с.
5. Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства : пат. № 017953 ВУ МКП В 60 Т 8/175 / А. К. Бетов, С. И. Горелько, Л. В. Ким, И. С. Сазонов. – Опубл. 06.07.10.

Статья сдана в редакцию 11 октября 2016 года

Михаил Леонидович Петренко, ассистент, Белорусско-Российский университет.
E-mail: ghost4511@mail.ru.
Александр Сергеевич Мельников, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.
Александр Владимирович Юшкевич, ассистент, Белорусско-Российский университет.
E-mail: ghost3265@mail.ru.
Сергей Валентинович Лихтар, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
Тел.: +375-291-83-94-59.
Евгений Алексеевич Моисеев, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
Тел.: +375-297-44-34-00.
Артем Александрович Мельников, студент, Белорусско-Российский университет.

Mikhail Leonidovich Petrenko, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. E-mail: ghost4511@mail.ru.
Aleksandr Sergeyevich Melnikov, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.
Aleksandr Vladimirovich Yushkevich, assistant lecturer, Belarusian-Russian University.
E-mail: ghost3265@mail.ru.
Sergey Valentinovich Likhtar, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: +375-291-83-94-59.
Evgeny Alekseyevich Moiseyev, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: +375-297-44-34-00.
Artem Aleksandrovich Melnikov, student, Belarusian-Russian University.