

УДК 629.113

А. С. Мельников, А. А. Мельников, О. В. Билык

АНТИБЛОКИРОВОЧНАЯ СИСТЕМА ДВУХКОЛЕСНОГО МОТОЦИКЛА, АДАПТИВНАЯ К МЕХАНИЧЕСКОМУ ПРИВОДУ

UDC 629.113

A. S. Melnikov, A. A. Melnikov, O. V. Bilyk

ANTI-LOCKING SYSTEM OF THE TWO-MOTOR MOTORCYCLE ADAPTIVE TO A MECHANICAL DRIVE

Аннотация

Большая часть дорожно-транспортных происшествий происходит в результате падения двухколесных мотоциклов в заносе из-за блокировки колес при торможении. Алгоритм работы антиблокировочных систем, предусматривающий использование кинематических параметров в качестве источников информации, отличается сложностью, вызванной недостаточной информативностью таких параметров. Создана антиблокировочная система, функционирующая на основе анализа сил и адаптивная к механическому приводу, позволяющая повысить безопасность движения двухколесного мотоцикла. Повышение эффективности разработанной антиблокировочной системы достигается применением алгоритма управления, основанного на анализе силовых факторов, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью.

Ключевые слова:

двухколесный мотоцикл, безопасность движения, повышение эффективности, антиблокировочная система, анализ силовых факторов, адаптивность, механический привод.

Abstract

Most of the traffic accidents occur as a result of the fall of two-wheeled motorcycles in a skid due to wheel locking during braking. The algorithm for the operation of anti-lock systems, which involves the use of kinematic parameters as information sources, is complicated due to the inadequate informativeness of the kinematic parameters. The aim of the study is to improve the safety of the two-wheeled motorcycle by creating an anti-lock system that functions on the basis of force analysis and is adaptive to a mechanical drive. Increase in the effectiveness of the anti-lock system developed is achieved by using the control algorithm based on the analysis of the force factors that arise on the wheel contact with a supporting surface.

Key words:

two-wheeled motorcycle, traffic safety, efficiency increase, anti-lock system, force factor analysis, adaptability, mechanical drive.

Введение

В связи с увеличением скоростей движения мотоциклов обеспечение безопасности движения двухколесных мотоциклов является актуальной социальной и экологической проблемой.

Большинство мотоциклов оснащается дисковыми тормозами с гидравлическим приводом:

– спортбайк Suzuki GSX-R600

(Япония), тормоза 2D/D, сухая масса – до 363 кг, где в числителе указаны количество и тип тормозов, установленных на переднем колесе, в знаменателе – на заднем (здесь и далее обозначено D – дисковый, Б – барабанный);

– кроссовый мотоцикл Husqvarna Husku Boy Racing (Италия), тормоза D/Б, сухая масса – до 205 кг;

– мотоцикл Triumph Bonneville

(Великобритания), тормоза DØ310/DØ255;

– мотоцикл Buell Blast (США), тормоза DØ320/DØ220, сухая масса – 163 кг;

– Honda GL1800 Gold Wind (Япония), тормоза 2DØ296/DØ316, сухая масса – 363 кг;

– мотоцикл Kawasaki ER-5 Twister (Япония), тормоза DØ280/БØ160, сухая масса – 179 кг.

Одновременно с работами по оснащению мотоциклов тормозами ведется активная работа по оснащению их антиблокировочными системами, без которых в современных условиях невозможно обеспечить необходимую безопасность движения. Электронно-гидравлическая АБС устанавливается на мотоциклы K1200LT и R1150RT в качестве базовой комплектации и на модели R1200S и R1150RS, производимые немецкой фирмой BMW Motorrad (мотоциклы БМВ), в качестве дополнительного оборудования.

Стоимость используемых электронно-гидравлических антиблокировочных систем составляет, как правило, значительную часть от стоимости всего мотоцикла при том, что стоимость самого мотоцикла, оснащенного антиблокировочной системой, сопоставима со стоимостью легкового автомобиля.

Это означает, что высокая стоимость электронно-гидравлических антиблокировочных систем сдерживает их широкое применение и делает их доступными только для дорогостоящих моделей мотоциклов.

На сегодняшний день необходимо повышение эффективности работы антиблокировочной системы путем использования более информативных источников о параметрах движения мотобильной машины.

Следует отметить, что антиблокировочные системы, адаптивные к дисковым тормозам с механическим приводом, отсутствуют, а существующие антиблокировочные системы являются электронно-гидравлическими и их ис-

пользование совместно с дисковыми тормозами с механическим приводом не представляется возможным [1–12].

Таким образом, становится очевидной необходимость в высокоэффективной антиблокировочной системе, которая способна работать совместно с дисковыми тормозами, имеющими механический привод, и стоимость которой не будет превышать 15...20 % от стоимости мотоцикла. Исходя из вышеизложенного можно сформулировать цель исследования.

Целью исследования является повышение эффективности тормозной системы двухколесного мотоцикла путем создания антиблокировочной системы, функционирующей на основе анализа сил, действующих в пятне контакта колеса с дорогой, адаптивной к механическому приводу.

Основная часть

Разработанная антиблокировочная система реализует основные требования к подобным системам, которые были сформулированы выше.

В связи с недостаточной информативностью кинематических параметров, с использованием которых работает подавляющее большинство антиблокировочных систем, в работу представленной системы заложен алгоритм функционирования на основе анализа силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью.

Использование анализа силовых факторов позволяет повысить эффективность тормозной системы в связи с тем, что регулирование процесса торможения по указанному алгоритму более объективно (в данном случае происходит прямое определение значения силовых факторов, которые как раз и предстоит регулировать), чем регулирование по алгоритму с использованием кинематических параметров (в этом случае моделирование тормозного момента выполняется на основе опосредования кинематических параметров).

Изменение значения тормозного момента контролируется конструктивным элементом системы. Для рассматриваемой системы таким элементом является цилиндрическая пружина сжатия, параметры которой определяются с учетом обеспечения необходимой эффективности работы антиблокировочной системы.

На рис. 1 и 2 представлена механическая антиблокировочная система, функционирующая на основе силового анализа.

Воздействие, приложенное к рычагу 6, крепленному гайкой 7, вызывает поворот винта 8, сопряженного с помощью резьбовой поверхности с тормозной скобой 3. Это создает осевое пере-

мещение 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 вместе с корпусом 4 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.

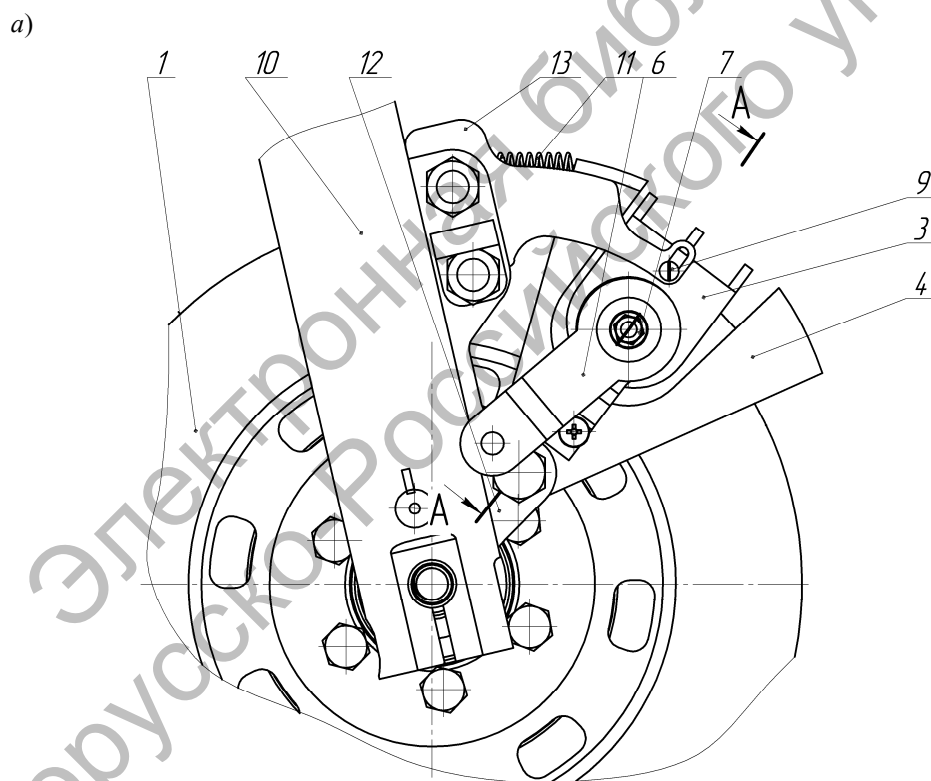
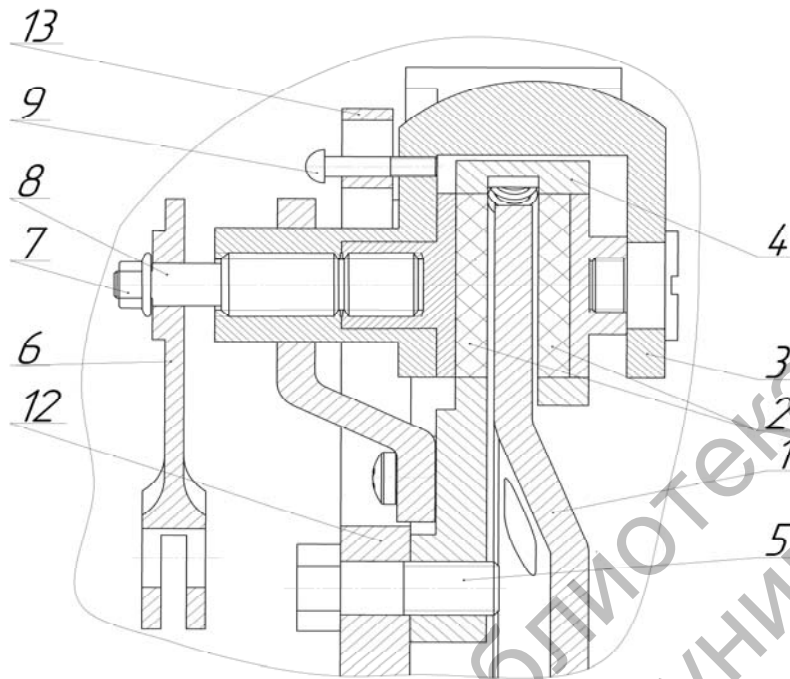


Рис. 1. Механическая антиблокировочная система [12]: а – главный вид; б – антиблокировочная система в разрезе; 1 – диск тормозной; 2 – тормозные колодки; 3 – тормозная скоба; 4 – корпус; 5 – ось; 6 – рычаг; 7 – гайка; 8 – винт; 9 – штифт; 10 – труба амортизатора; 11 – пружина; 12 – кронштейн; 13 – пластина

б)



Окончание рис. 1

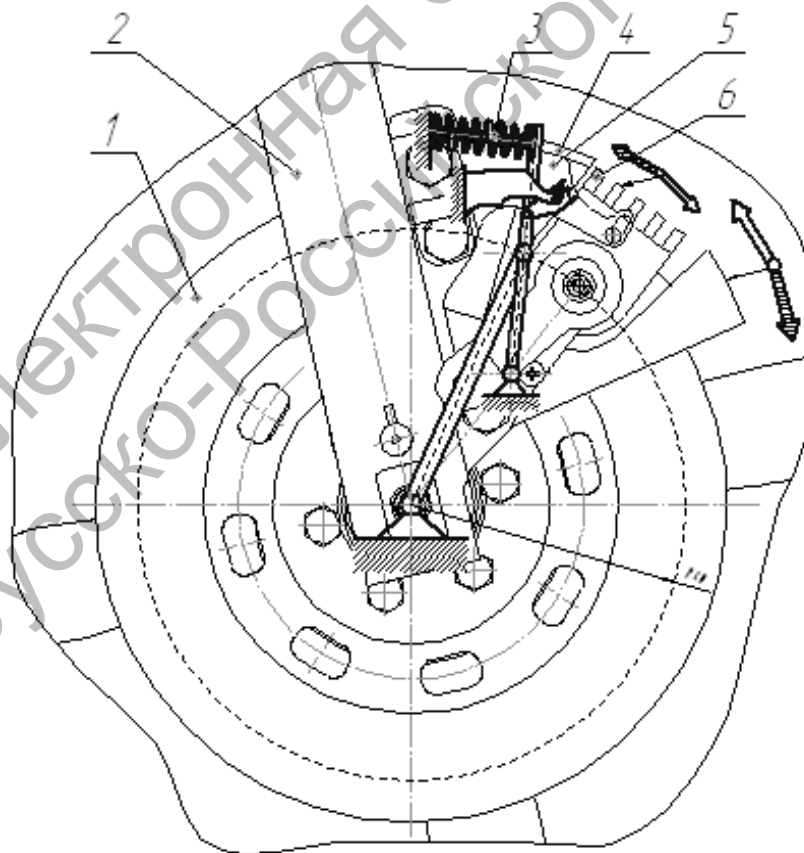


Рис. 2. Механическая антиблокировочная система, совмещённая с расчётной схемой: 1 – диск тормозной; 2 – труба амортизатора; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – кроштейн; 6 – скоба

Поворот скобы 3 создает автоматический эффект увеличения усилий, прижимающих колодки к диску, т. е. 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 под действием возвратной пружины 11, т. е. повернуться в сторону, противоположную первоначальному повороту корпуса 4. Для повышения качества работы антиблокировочной системы на разблокирование колеса тормозной диск 1 взаимодействует со ступицей колеса через демпферные пружины, которые улучшают срабатывание системы под действием возвратной пружины 11, позволяя корпусу осуществлять поворот при растормаживании. Тормозная скоба 3, поворачиваясь вместе с корпусом 4 в обратную сторону, упирается в пластину 13, установленную в кронштейне 12, закрепленном на трубе амортизатора 10, 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.

Для проведения функционального расчета компонентов механической антиблокировочной системы проанализируем конструкцию антиблокировочной системы, заменив конструкционные элементы механической АБС звеньями

и обозначив существующие связи. Совместим изображение механической АБС с расчетной схемой (см. рис. 2).

Ось вращения колеса, ось вращения корпуса тормозного механизма заменим неподвижными опорами. Тормозной диск и корпус представим в виде рычагов различной длины, расположенных друг относительно друга в соответствии с конструкцией АБС. На месте пересечения окружности средним радиусом трения $R_{ср}$, соответствующим тормозному диску, с осью рычага, изображающего корпус, помещаем шарнир. Реакция пружины – сила Q . Далее указываем углы поворота соответствующих рычагов, силы и моменты, действующие в рычажном механизме.

Для расчета изобразим рычажный механизм в двух крайних положениях: положение элементов антиблокировочной системы при разблокированном колесе (рис. 3) и положение элементов антиблокировочной системы при заблокированном колесе (рис. 4).

Рассмотрев расчетную схему антиблокировочной системы, найдем силу реакции пружины сжатия Q_1 , предварительно определив силу, приложенную к тормозному диску F_1 , оказывающую значительное влияние на величину необходимого усилия пружины. Сила F_1 возникает в контакте тормозных колодок и тормозного диска в соответствии с конструкцией антиблокировочной системы, на расчетной схеме точка приложения силы F_1 соответствует точке пересечения среднего радиуса трения и оси рычага, представляющего собой на расчетной схеме корпус тормозного механизма. Значение силы F_1 зависит от момента трения $M_{д1}$, развиваемого тормозным механизмом. Так как в точке B происходит взаимодействие тормозного диска, представленного рычагом, и корпуса тормоза, представленного на схеме соответствующим рычагом, на корпусе возникает момент корпуса $M_{к1}$.

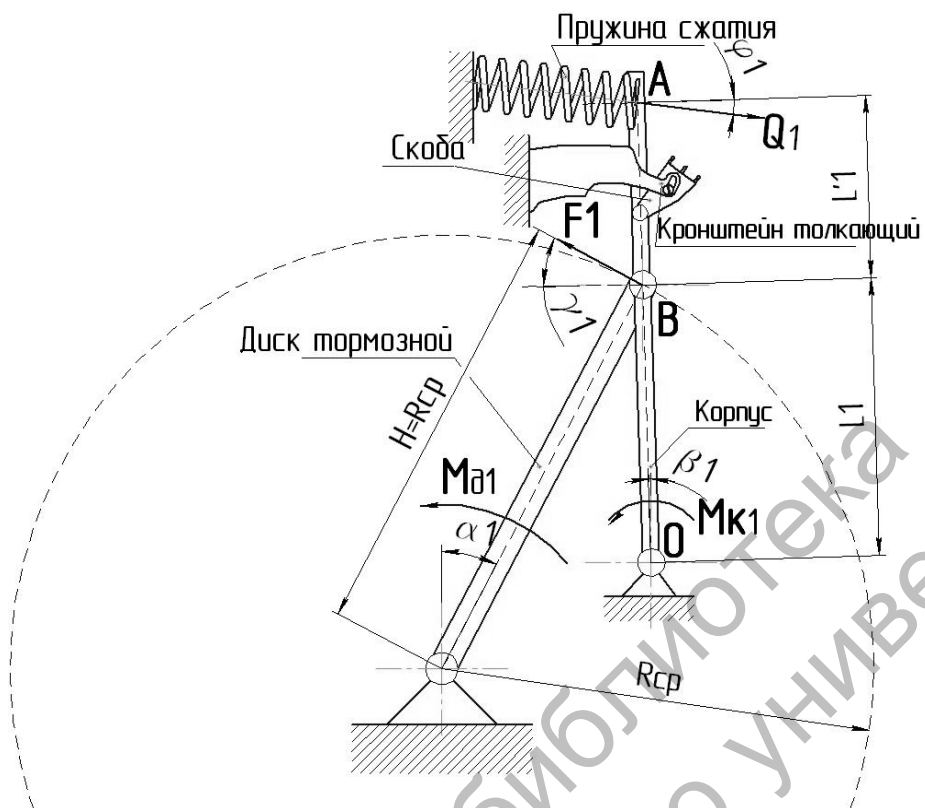


Рис. 3. Расчётная схема механической ABS при разблокированном колесе

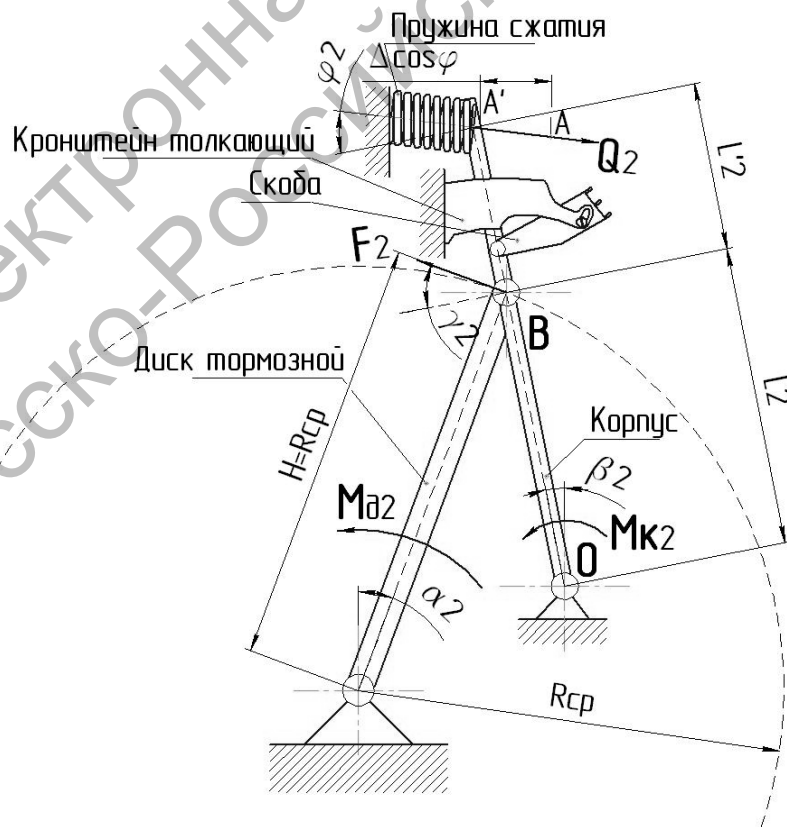


Рис. 4. Расчётная схема механической ABS при блокировке колеса

Рассматривая момент трения $M_{д1}$, приложенный к тормозному диску, и момент $M_{к1}$, возникающий на корпусе, как моменты рычагов, взаимодействующих в общей точке B через выражения для определения моментов $M_{д1}$ и $M_{к1}$, находим необходимое значение усилия пружины Q_1 :

$$Q_1 = \frac{F_1 \cos \gamma_1 \cdot L_1}{\cos \varphi_1 (L_1 + L'_1)},$$

где F_1 – сила, приложенная к тормозному диску, Н; L_1 – плечо, отображающее расстояние от точки O до точки B , м; L'_1 – плечо, отображающее расстояние от точки B до точки A , м; $\cos \gamma_1$ – угол действия силы F_1 ; $\cos \varphi_1$ – угол действия силы Q_1 .

Таким образом, на основе найденного выражения можно сделать вывод о том, что сила реакции пружины сжатия зависит от силы F_1 , приложенной к тормозному диску, возникающей в контакте тормозных колодок с тормозным диском, а также от углов действия сил F_1 и Q_1 и длин плеч L_1 и L'_1 , иначе говоря, от конструктивных размеров корпуса тормозного механизма.

Используя найденное выражение для расчета необходимого усилия пружины Q_1 , можно определять параметры механической антиблокировочной системы для различных мобильных машин, учитывая развиваемые тормозные моменты и конструктивные размеры тормозных механизмов.

Выводы

Антиблокировочные системы двухколесных мотоциклов функционируют в условиях выраженного дефицита информации, что вызывает трудности при определении линейной скорости мобильной машины при использовании датчиков кинематических параметров в качестве источников первичной информации, с помощью которых происходит опосредованное определение скорости

мобильной машины. При этом следует отметить, что используемые антиблокировочные системы являются электронно-гидравлическими, а это в совокупности усложняет и увеличивает стоимость как антиблокировочных систем, так и мотоциклов в целом.

В связи с вышеизложенным актуальным является решение проблемы повышения эффективности работы антиблокировочной системы путем построения алгоритма работы антиблокировочной системы на основе высокоинформативных источников первичной информации, каковыми являются силовые факторы, возникающие в контакте колеса с опорной поверхностью.

Разработанные методы проектирования тормозных механизмов и антиблокировочных систем позволили создать механическую антиблокировочную систему, адаптивную к механическому приводу. Повышение эффективности работы такой антиблокировочной системы достигается работой системы по алгоритму, основанному на анализе силовых факторов, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью.

Работа созданной антиблокировочной системы происходит автономно и не требует внешних дополнительных источников энергии, таких как, например, гидравлические насосы для электронно-гидравлических антиблокировочных систем, модулятор давления тормозной жидкости, электронный блок управления, датчики частоты вращения колес, гидравлический привод.

Существующий эффект самоусиления дает возможность использования любого механического нажимного устройства тормозного механизма, применение которого ранее ограничивалось невысокими значениями усилий прижатия тормозных колодок к диску.

Отсутствие дорогостоящих и сложных элементов, характерных для электронно-гидравлических антиблокировочных систем, позволяет говорить о разработанной антиблокировочной сис-

теме как о надежной системе, имеющей в несколько раз меньшую стоимость по сравнению с электронно-гидравлическими антиблокировочными системами

и возможность использования для многих моделей двухколесных мотоциклов, стоимость которых находится в невысоком ценовом диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров, М. П.** Тормозные устройства в машиностроении / М. П. Александров. – М. : Машиностроение, 1965. – 550 с.
2. **Мельников, А. С.** Системы активной безопасности двухколесных транспортных средств / А. С. Мельников, В. А. Ким, И. С. Сазонов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 37–45.
3. **Мельников, А. С.** Механическая антиблокировочная система двухколесного мотоцикла / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 11–14.
4. Схемотехническая реализация датчиков измерения боковых реакций на колеса мотоцикла / А. С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2014. – № 3. – С. 44–55.
5. **Мельников, А. С.** Методика анализа кинематических параметров дискового тормоза, адаптивного к механической антиблокировочной системе / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 10–12.
6. **Мельников, А. С.** Мотоциклетный дисковый тормоз с механическим приводом / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 12–15.
7. Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора : пат. ВУ 9620 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амелеченко, А. Г. Стасилевич, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Опубл. 30.10.2013.
8. Дисковый тормозной механизм : пат. ВУ 9621 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амелеченко, А. Г. Стасилевич, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Опубл. 30.10.2013.
9. Способ торможения вращающегося колеса транспортного средства и устройство для его осуществления : пат. ВУ 17076 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким. – Опубл. 28.01.2013.
10. Способ торможения вращающегося колеса мобильной машины и устройство для его осуществления : пат. ВУ 16832 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким. – Опубл. 28.02.2013.
11. Тормозная система мотоцикла : пат. ВУ 17082 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким. – Опубл. 28.01.2013.
12. Антиблокировочная система мотоцикла : пат. ВУ 4778 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким. – Опубл. 30.02.2014.

Статья сдана в редакцию 20 марта 2017 года

Александр Сергеевич Мельников, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.

Артем Александрович Мельников, студент, Белорусско-Российский университет.

Ольга Валерьевна Билык, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

Aleksandr Sergejevich Melnikov, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.

Artem Aleksandrovich Melnikov, student, Belarusian-Russian University.

Olga Valeryevna Bilyk, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.