

УДК 629.113

А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амельченко

СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДАТЧИКОВ ИЗМЕРЕНИЯ БОКОВЫХ РЕАКЦИЙ НА КОЛЕСА МОТОЦИКЛА

UDC 629.113

A. S. Melnikov, I. S. Sazonov, V. A. Kim, P. A. Amelchenko

AN ELECTRONIC CIRCUIT REALIZATION OF SENSORS FOR MEASURING LATERAL REACTIONS ON MOTORCYCLE WHEELS

Аннотация

Проводится анализ используемых датчиков первичной информации для систем активной безопасности, функционирующих по кинематическим параметрам, описываются их характерные особенности. Рассматриваются источники первичной информации систем активной безопасности на силовом анализе, приводится их схемотехническая реализация для двухколесной мобильной машины.

Ключевые слова:

датчики боковых реакций, система активной безопасности, двухколесная мобильная машина, алгоритм управления, регулирование режимов движения, повышение устойчивости, безопасность движения.

Abstract

The paper analyses sensors of primary information used for active safety systems which function based on kinematic parameters, and their characteristics are considered. The primary sources of active safety systems are studied based on the force analysis. The electronic circuit realization of primary sources of active safety systems is given using the force analysis for a two-wheel mobile machine.

Key words:

sensors of lateral reactions, active safety system, a two-wheel mobile machine, control algorithm, control of traffic condition, increased stability, safety of traffic.

Введение

Эффективность и качество функционирования любых систем активной безопасности (САБ) мобильных машин можно повысить путем использования высокоинформативных источников первичной информации, позволяющих самоадаптацию автоматической системы в изменяющихся условиях сцепления колеса с опорной поверхностью.

Использование в качестве источников информации кинематических параметров ведет к усложнению алгоритмов работы и конструкции систем активной безопасности из-за низкой информативности датчиков кинематиче-

ских параметров. Это является причинами слабой эффективности алгоритмов САБ при изменяющихся характеристиках опорной поверхности.

Для повышения эффективности систем активной безопасности мобильных машин необходим поиск новых источников первичной информации. В качестве таких источников выступают силовые факторы в контакте колеса с опорной поверхностью, поскольку позволяют адекватно управлять процессом движения мобильных машин с учетом реально действующих сил в контакте колеса с опорной поверхностью.

Датчики измерения кинематических параметров вращения колес

Системы активной безопасности содержат в качестве источников первичной информации датчики измерения кинематических параметров вращения колес [1–10, 14–17, 20–22], при этом в целях повышения информативности дополнительно измеряются углы поворота управляемых колес и кинематические параметры остова машины (вертикальные ускорения, продольные и боковые скорости и ускорения).

На основе измерения кинематических параметров производят расчеты по определению коэффициентов относительного скольжения, сил в контакте колеса с опорной поверхностью в тормозном режиме, коэффициентов буксования колеса в тяговом режиме движения машины, которые используют, чтобы найти критерий формирования сигналов управления АБС/ПБС.

Таким образом, в основе определения коэффициентов относительного скольжения s_i и буксования δ_i лежат известные аналитические зависимости, представленные в [1, 6, 11, 12, 14–18, 20–22]:

$$s_i = \frac{V - \omega_i r_{ki}}{V}; \quad (1)$$

$$\delta_i = 1 - \frac{r_{di}}{r_{ki}^0}, \quad (2)$$

где ω_i – угловая скорость i -го колеса; r_{ki} – радиус качения i -го колеса в ведомом режиме; V – линейная скорость остова машины; r_{di} – динамический радиус качения колеса; r_{ki}^0 – свободный радиус качения колеса.

В формулах (1) и (2) s_i , δ_i представляют собой безразмерные характеристики, которые используются для оценки динамического состояния колес машины в транспортном и тяговом режимах их движения.

Из анализа формул (1) и (2) видно,

что они представляют собой зависимости, характеризующие потерю линейной скорости геометрического центра колеса, при условии, что имеет место смещение мгновенного центра скоростей вдоль направления оси, проходящей через данный центр и точку контакта колеса с опорной поверхностью.

Следовательно, использование кинематических параметров вращения колес ставит задачу обработки первичной информации АБС/ПБС, которая подразумевает расчеты s_i и δ_i для последующего их сравнения с заданно заданными значениями с целью формирования сигналов управления.

Такой метод формирования сигналов управления несовершенен хотя бы потому, что все результаты исследований подтверждают, что максимальные значения касательных сил (тяговая, тормозная) в контакте колеса обеспечиваются при определенных значениях относительного скольжения или буксования (20...22 %) [1–10, 14–17, 20–22]. Таким образом, кинематический параметр потери линейной скорости геометрического центра колеса представляет собой способ косвенной оценки сил, реализуемых в контакте колес с опорной поверхностью.

Следует отметить, что если известны кинематические параметры вращения колеса, то в алгоритме управления АТС для расчетов s_i и δ_i дополнительно должно использоваться дифференциальное уравнение вращения колеса, необходимое для определения сил в контакте колес с опорной поверхностью,

$$J_k \cdot \ddot{\phi} = -M_T = -N \cdot \varphi_{сц} \cdot r_k, \quad (3)$$

где J_k – момент инерции колеса относительно его центра масс; $\ddot{\phi}$ – угловое ускорение колеса; M_T – тормозной момент; N – нормальная реакция опорной поверхности на колесо; $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления колеса с опорной поверхностью; r_k – радиус качения колеса.

Из уравнения (3), полагая, что N , $\ddot{\phi}$, r_k – известные величины, определяют коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью $\Phi_{сц}$, являющийся косвенной характеристикой силы в контакте колес с опорной поверхностью.

Известно, что коэффициент сцепления $\Phi_{сц}$ исчисляется десятками долями единицы. С учетом погрешности измерения параметров, входящих в уравнение (3), нетрудно представить погрешность проведения расчетов по его определению. Угловую скорость вращения колеса можно найти путем непосредственного измерения, при котором допускается погрешность. Расчет углового ускорения $\ddot{\phi}$ также приносит дополнительные погрешности, что в конечном итоге отражается на расчетной величине коэффициента сцепления $\Phi_{сц}$.

Рассмотрим существующие источники первичной информации в современных системах АБС/ПБС с целью анализа их информативности для разработки алгоритмов САБ АТС на силовом анализе.

Для выяснения слабой информативности кинематических параметров вращения колеса рассмотрим особенности индуктивных датчиков, используемых в качестве источников первичной информации в современных системах АБС/ПБС [1, 6, 20–22]. Датчик угловой скорости колеса в разрезе [13] представлен на рис. 1, схема установки датчика угловой скорости колеса [13] – на рис. 2.

Датчик устанавливается обычно в узле колеса так, что рядом с ним с минимальным зазором вращается зубчатый ротор 5 или перфорированное кольцо, закрепленное на тормозном барабане или ступице колеса 4.

Сам датчик 3 представляет собой катушку индуктивности, в которой наводится электрический ток. Его частота

пропорциональна угловой скорости вращения колеса, количеству зубцов или просечек ротора 5. Обработку сигнала ведет электронный блок управления системы, отслеживающий моменты блокировки колес.

На основе анализа сигналов от датчика электронный блок формирует сигналы управления исполнительными механизмами (модуляторами), изменяющими давление в колесных тормозах автомобиля.

Импульсные сигналы, получаемые от датчиков, – один из наиболее существенных недостатков этих источников информации.

Помимо генераторных, существуют также колесные датчики, использующие токовихревой эффект (фирма «Вагнер Электрик» (Wagner Electric), США). Несмотря на возможность получения информации, практически до остановки колеса, эти датчики не нашли широкого распространения из-за усложнения электронных узлов в блоке управления, а также из-за существенно повышения уровня радиопомех.

Тем не менее главная проблема всех датчиков кинематического вращения колес – получение устойчивых сигналов – остается все еще нерешенной.

Как видно из вышеизложенного, общим недостатком датчиков, используемых современными АБС/ПБС, является сложность обработки информации, сложность конструкции, связанная с изготовлением перфоратора и применяемой проводкой, невозможность получения линейной характеристики датчика. Наиболее серьезный недостаток датчиков кинематических параметров – низкая информативность, заключающаяся в том, что информация не позволяет производить точные расчеты по определению силовых факторов в контакте колеса с опорной поверхностью или косвенных параметров, например, коэффициентов сцепления колес.

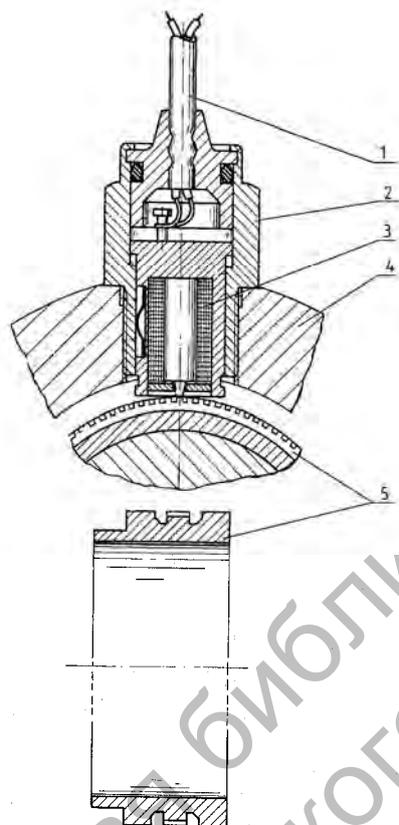


Рис. 1. Датчик угловой скорости колеса в разрезе [13]: 1 – электрический кабель; 2 – корпус датчика; 3 – катушка; 4 – неподвижный корпус; 5 – ротор зубчатый

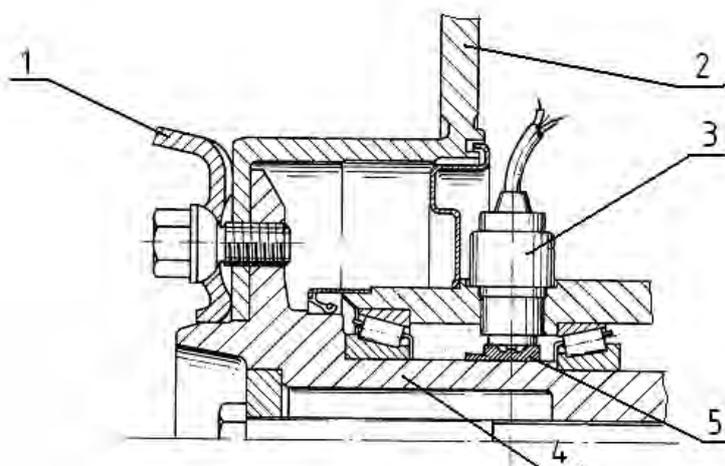


Рис. 2. Схема установки датчика угловой скорости колеса [13]: 1 – колесный диск; 2 – тормозной диск; 3 – датчик частоты вращения колеса; 4 – ступица колеса; 5 – зубчатый ротор

Кроме изложенных недостатков индукционных датчиков, необходимо отметить то обстоятельство, что бортовая сеть автомобиля является значительным источником электрических и радиопомех. Перенапряжения, возникающие в бортовой сети при работе системы зажигания, могут достигать нескольких десятков вольт обеих полярностей относительно массы. Причем эти явления усугубляются, например, при нарушениях контакта аккумуляторной батареи или при сильной разряженности. Кроме того, в зависимости от состояния батареи, регулятора напряжения, а также режима движения питающее напряжение колеблется в больших пределах. Все это приводит к искажению первичной информации. Более того, характеристики датчиков обладают выраженной нелинейностью в рабочем диапазоне, что оказывает существенное влияние на формирование сигналов управления. Поэтому появление систем, в которых непосредственно измеряются силовые факторы, вполне закономерно. Например, в АБС фирмы «Даймлер Бенц» (Daimler-Benz AG) используются датчики измерения усилий в опоре тормозной колодки, которые установлены горизонтально между колесом и шасси транспортного средства [20–22].

Таким образом, основные недостатки используемых источников первичной информации – сложность получения информации и низкая информативность для построения эффективных алгоритмов управления движением колесных машин. Конструктивная сложность исполнения перфоратора (ротора) также является одним из недостатков.

В результате именно источники первичной информации являются причинами слабой эффективности алгоритмов САБ при изменяющихся характеристиках опорной поверхности, вынуждая в алгоритмах управления использовать заведомо заданные критерии формирования сигналов управления. Обычно в качестве критерия задают коэффициент

сцепления $F_{сц}$ или же коэффициент относительного скольжения S .

Стремление производителей САБ АТС повысить их эффективность вынуждает искать новые источники первичной информации. Используемые источники информации АБС/ПБС стали неявным препятствием на пути становления совершенных систем автоматического управления движением колесных машин.

Таковыми источниками информации, как отмечалось ранее, являются силовые факторы в контакте колеса с опорной поверхностью.

Датчики измерения боковых реакций на колеса мотоцикла

Новый принцип формирования сигналов управления исполнительными механизмами тормозных систем для автоматических систем регулирования торможением двухколесной мобильной машины основан на измерении и анализе боковых сил, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью. Практическая реализация предлагаемого принципа возможна при наличии устройств измерения боковых сил. Кроме того, такие устройства были бы весьма полезны для создания новых диагностических систем контроля качества функционирования АБС, которые могли бы быть включены в бортовую электронную систему мобильной машины. Определение расчетных нагрузок тормозных механизмов на стадии их проектирования также необходимо в устройствах измерения боковых сил. Безусловно, данный перечень использования названного информационного узла можно было бы расширить.

Суть предлагаемого способа измерения боковых реакций заключается в том, что устройство восприятия боковых сил (УВБС) располагается в опорном устройстве (ОУ), размещенном в трубах вилки переднего колеса, и взаимодействует с электронным блоком

обработки сигналов (ЭБО), формирующим сигнал, пропорциональный боковым силам.

Устройство восприятия боковых сил представляет собой чувствительный элемент, подвергающийся воздействию на него сил, возникающих в опорном узле в результате действия боковых реакций, появляющихся в контакте колеса с опорной поверхностью.

Основная сложность создания систем автоматического регулирования торможением мобильных машин, основанных на измерении и анализе силовых факторов [15], – это размещение источников первичной информации, исполненных в виде устройств измерения боковых реакций, в штатных конструкциях узлов подвески, тормозных механизмов или колес.

Схемотехническая реализация источников первичной информации системы активной безопасности на силовом анализе представлена на рис. 3 и 4.

Источники первичной информации включены в общую систему управления процессом торможения мотоцикла, которая имеет в своем составе датчики боковых сил 3 и 4, размещенные в трубах передней вилки мотоцикла, при этом датчики боковых сил закреплены неподвижно в трубах 8 и 9 передней вилки и опираются на ось колеса 5. На оси установлено колесо 6, снабженное тормозным диском 7, который в процессе торможения затормаживается с помощью тормозного механизма 10.

Исходя из конструкции передней вилки мотоцикла его вес распределяется между правой и левой трубами передней вилки равномерно. При движении мотоцикла по ровному покрытию, без каких-либо неровностей, а также без наклона и поворотов боковые силы, способные возникать в контакте колеса с опорной поверхностью, отсутствуют. При движении в повороте, наклоне мотоцикла, скольжении его юзом при блокировке колес возникают боковые силы в контакте колеса с опорной

поверхностью, что является очень важным моментом для двухколесного мотоцикла, т. к. это приводит к потере прямолинейного движения и опрокидыванию мотоцикла, а также к тяжелым последствиям дорожно-транспортного происшествия.

При создании антиблокировочной системы двухколесного мотоцикла в первую очередь стояла задача получить информацию о возникающих боковых силах и характере их изменения. В данном случае, в отличие от четырехколесной мобильной машины, именно боковые силы имеют первостепенное значение для управления процессом торможения, т. к., собственно, они и ведут к потере устойчивости движения и опрокидыванию двухколесного мотоцикла.

Получение информации о боковых силах, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью, представляет собой сложную задачу, т. к. должны быть одновременно удовлетворены несколько противоречивых требований. С одной стороны, необходимо внедрить в конструкцию передней вилки мотоцикла либо колеса датчики, воспринимающие боковые силы, с другой – обеспечить прочность и долговечность как отдельных узлов передней вилки, так и самого колеса. В основу схемотехнической реализации источников первичной информации о боковых силах положено перераспределение нагрузки между трубами передней вилки мотоцикла при возникновении боковых сил.

При существовании боковых сил, воздействующих на колесо мотоцикла, наблюдается недогружение одной трубы передней вилки и повышение нагрузки на другую трубу передней вилки мотоцикла, при этом данное перераспределение нагрузки возникает под воздействием сил, передающихся через ось колеса на опорные узлы, расположенные в трубах вилки. Таким образом, установив датчики сил между

осью колеса и трубами передней вилки, мы можем фиксировать величину и характер изменения боковых сил в

контакте колеса с опорной поверхностью.

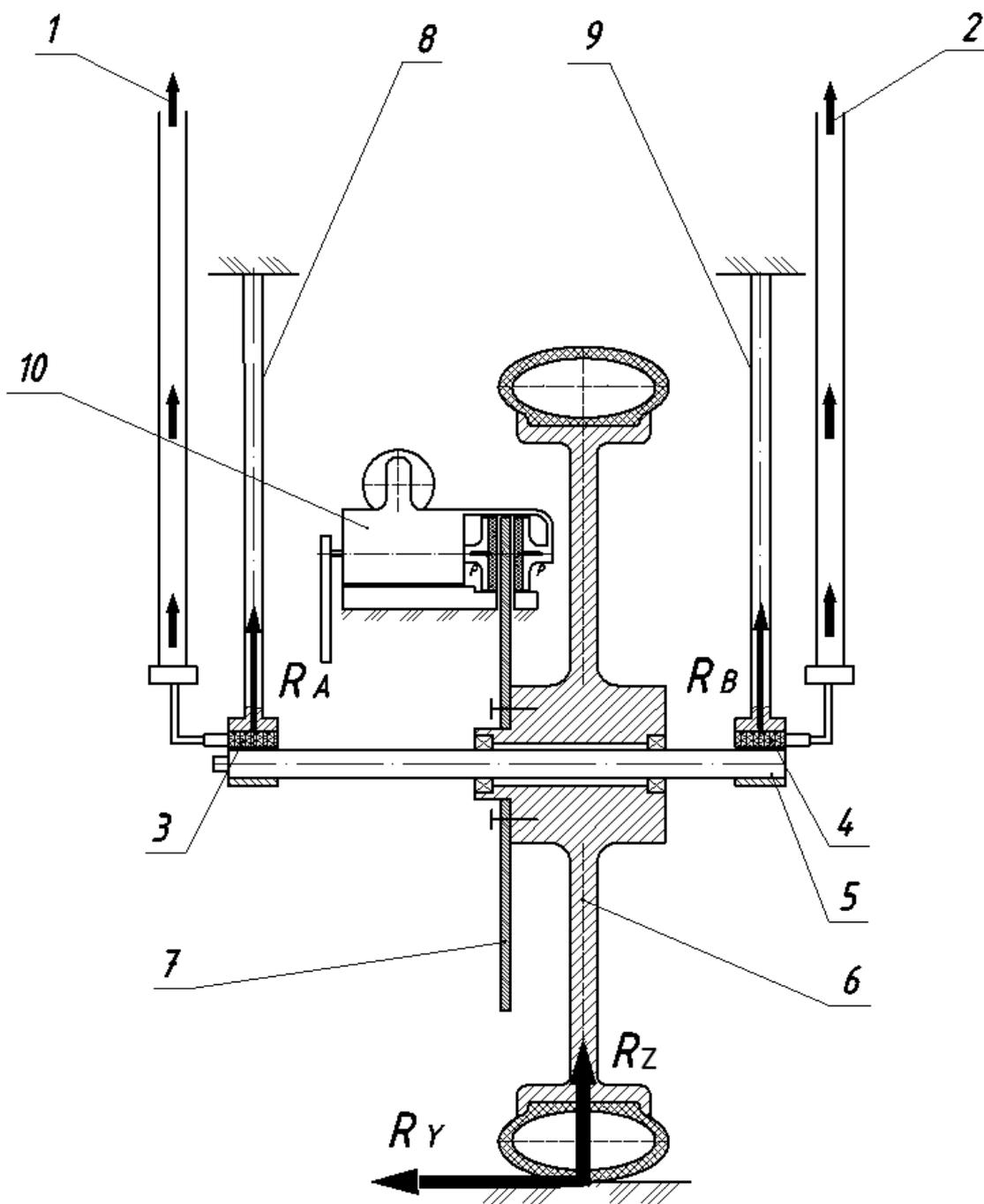


Рис. 3. Реализация способа измерения боковых реакций для переднего колеса мотоцикла, оснащенного дисковым тормозным механизмом: 1 – сигнал от левого датчика боковых сил; 2 – сигнал от правого датчика боковых сил; 3 – левый датчик боковых сил; 4 – правый датчик боковых сил; 5 – ось колеса; 6 – колесо; 7 – диск тормозной; 8 – труба левая передней вилки; 9 – труба правая передней вилки; 10 – нажимной механизм; R_Y – боковая реакция; R_Z – нормальная реакция

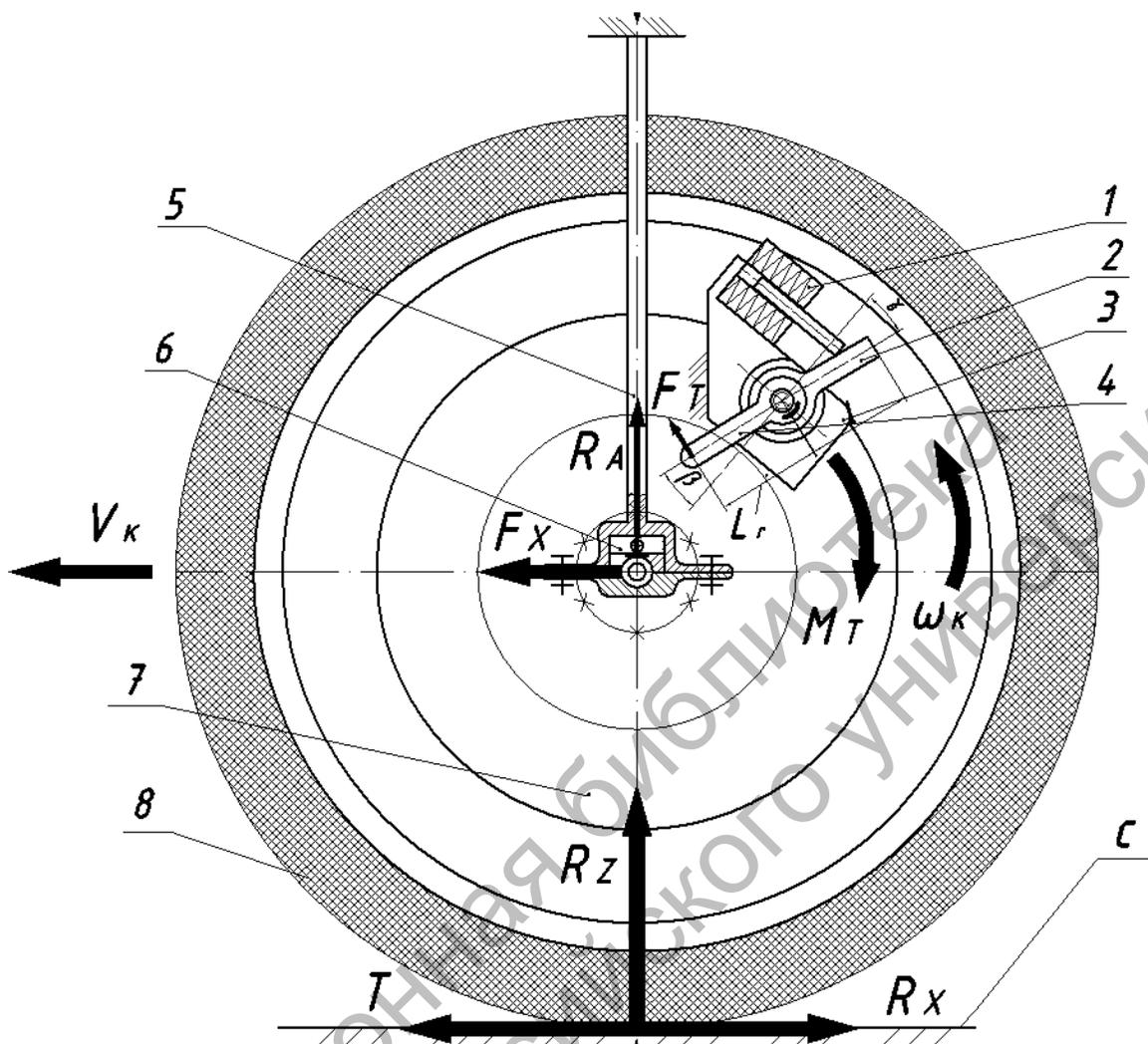


Рис. 4. Способ измерения боковых сил в дисковом тормозном колесном механизме мотоцикла: 1 – исполнительный силовой элемент; 2 – скоба тормозная; 3 – корпус; 4 – рычаг; 5 – труба передней вилки; 6 – датчик боковых сил; 7 – диск тормозной; 8 – колесо; R_X – продольная реакция; R_Z – нормальная реакция; C – опорная поверхность; T – тормозная сила; F_X – толкающая сила корпуса мотоцикла; M_T – тормозной момент; ω – угловая скорость колеса; V_K – поступательная скорость колеса; R_A – реакция в опорном устройстве; F_T – сила, приложенная к рычагу тормоза

Существует два режима работы датчиков боковых сил, установленных в трубах передней вилки. При отсутствии боковых сил вес мотоцикла распределяется между трубами и, соответственно, между датчиками боковых сил равномерно. На датчики в данном случае воздействует одинаковое усилие и разницы в их показаниях не возникает. При наличии подобных условий тормозной механизм оказывает влияние на тормозной диск и затормаживает последний без всяких ограничений.

Второй этап начинается при возникновении боковых сил в контакте колеса с опорной поверхностью. При этом происходит перераспределение нагрузки между трубами передней вилки и, соответственно, между датчиками боковых сил, размещенными в трубах. Наблюдающаяся разница в нагрузке между трубами передней вилки ведет к разнице между величиной сигналов левого и правого датчиков боковых сил. Это означает, что в контакте колеса с опорной поверх-

ностью возникают боковые силы.

Информация с датчиков передается через предварительные усилители в блок обработки данных, где происходит сравнение сигналов, поступивших от датчиков. По разности сиг-

налов можно судить о величине боковых сил. Практическая реализация устройства измерения боковых реакций на колесо мотоцикла, оснащенного системой активной безопасности, показана на рис. 5.



Рис. 5. Устройство измерения боковых реакций на колесо мотоцикла, оснащенного системой активной безопасности: 1 – колесо; 2 – труба передней вилки; 3 – тормозной диск; 4 – устройство измерения боковых реакций; 5 – тормозной механизм с элементами регулирования тормозного момента

К достоинствам разработанных источников первичной информации о боковых силах следует отнести незначительные изменения конструкции труб передней вилки мотоцикла, возможность использования в качестве чувствительных элементов известных датчиков силы с удовлетворяющими диапазонами измерения сил.

Работа антиблокировочной системы, включающей разработанные датчики боковых сил, также состоит из двух этапов, соответствующих двум

этапам работы датчиков, описанным ранее [18, 19].

При торможении мотоцикла без возникновения юзового скольжения заблокированных колес, а также при торможении по прямой, т. е. при условиях, когда боковые силы отсутствуют, тормозные механизмы продолжают затормаживать колесо мотоцикла. Мотоцикл, что очень важно, продолжает двигаться по прямой линии, сохраняя устойчивость прямолинейного движения.

Данный этап работы антиблокировочной системы соответствует этапу, когда вес мотоцикла равномерно распределен между трубами его передней вилки и сигналы, поступающие с датчиков боковых сил, вследствие этого равны.

Второй этап работы антиблокировочной системы начинается при возникновении боковых реакций в контакте колеса с опорной поверхностью вследствие бокового скольжения заблокированного тормозящего колеса, а также при торможении мотоцикла, двигающегося в повороте.

В этот момент сигналы с датчиков с имеющейся разницей анализируются блоком обработки данных и формируется сигнал на циклическое срабатывание механизма оттормаживания, который позволяет с определенной частотой (как правило, для сохранения устойчивости движения на участках дорожного покрытия с низким коэффициентом сцепления частота составляет около 30 Гц) оттормаживать колесо мотоцикла. Циклическое срабатывание механизма оттормаживания продолжается до тех пор, пока не исчезнут боковые силы, возникшие в пятне контакта колеса. При исчезновении боковых сил действие оттормаживающего механизма прекращается, мотоцикл приобретает устойчивость курсового движения, при этом в случае необходимости может продолжиться работа нажимного устройства, затормаживающего тормозной диск, если этого требует дорожная ситуация.

Для подтверждения регулярной закономерности изменения боковых реакций во временной связи были проведены стендовые и натурные испытания [23] устройств измерения боковых реакций на колесо мотоцикла, доказавшие предположение о возможности формирования сигналов управления системой активной безопасности на основе отрицательного знака производной боковой реакции на колеса

мотоцикла.

Созданные макетные образцы электронных датчиков устройств измерения боковых реакций (см. рис. 4) хорошо сочетаются со штатной конструкцией передней вилки двухколесного мотоцикла.

Выводы

Учитывая усложнение конструкции системы активной безопасности и трудности с определением линейной скорости мобильной машины при использовании датчиков кинематических параметров в качестве источников первичной информации, актуальным является решение проблемы разработки высокоинформативных источников первичной информации, необходимой для функционирования системы активной безопасности мобильной машины.

Наиболее оптимальное решение данной проблемы – использование датчиков сил, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью, поскольку это позволяет получить реальную информацию о действующих силах в пятне контакта колеса с опорной поверхностью. Учитывая, что рассматривается двухколесный мотоцикл, нас в первую очередь интересуют боковые реакции, действующие на его колесо. Для их определения предложена схемотехническая реализация датчиков определения боковых реакций, действующих на колесо мотоцикла. Практическая реализация устройств измерения боковых сил и их экспериментальные исследования позволили подтвердить эффективность принципа формирования сигналов управления торможением мобильной машины, основанных на анализе силовых факторов (боковые силы, моменты) в контакте колес с опорной поверхностью.

Кроме этого, в отличие от датчиков кинематических параметров конструкция устройства измерения боковых сил не требует использования сложного перфоратора (ротора) и специальной

проводки, что существенно понижает стоимость источника первичной информации систем активной безопасности. При этом макетные образцы устройств измерения боковых сил могут быть применены в системе диагностики тормозной системы мобильной машины.

На основе анализа результатов стендовых и натурных испытаний устройств измерения боковых реакций, действующих на колесо мотоцикла, доказана гипотеза о существовании регулярной закономерности изменения боковых сил в режиме экстренного торможения мотоцикла во временной связи, заключающейся в изменении знаков производных боковых реакций по времени. Причем временная связь характеризует формирование сигналов управления водителем при экстренном торможении и зависит от свойств тормозной системы.

Установление регулярной закономерности изменения знаков производной боковых реакций позволило сформулировать принцип формирования сигналов управления торможением, заключающийся в том, что критерием формирования сигналов управления является отрицательный знак производной от боковых реакций. Это означает, что анализ изменений боковых реакций на колесах мотоцикла при экстренном и служебном торможении расширяет возможности алгоритма управления торможением двухколесного мотоцикла, т. е. он может строиться на основе:

- отрицательного знака производной тормозного момента;
- по максимуму тормозного мо-

мента;

- отрицательного знака производной боковой реакции колеса мотоцикла.

Учитывая, что боковые реакции могут воздействовать на тормозящее колесо еще до достижения тормозным моментом своего максимума, представляется очевидным, что приоритетный сигнал управления системы активной безопасности, особенно для двухколесных мобильных машин, должен быть ориентирован на отслеживание отрицательного знака производных боковых реакций, при котором формируется сигнал управления на разблокировку тормозящего колеса или на уменьшение тяговой силы и снижение скорости движения мобильной машины, обеспечивая, таким образом, устойчивость движения колесной машины.

Использование разработанных датчиков позволит повысить безопасность движения двухколесных мобильных машин, сократить число дорожно-транспортных происшествий и связанных с ними число человеческих жертв и финансовых потерь. При этом важно отметить, что повышение безопасности движения достигается за счет сохранения курсовой устойчивости двухколесного мотоцикла на основе учета боковых реакций, действующих на его колесо. Это даст возможность более эффективно обеспечивать безопасность движения по сравнению с системами активной безопасности, используемыми в качестве источников информации кинематические параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильный справочник : пер. с англ. – 1-е изд. – М. : За рулем ; Bosch. – 2002. – 895 с. : ил.
2. **Beiker, S.** Verbesserungsmöglichkeiten des Fahrverhaltens von Pkw durch zusammenwirkende Regelsysteme / S. Beiker, M. Mitschke // *Automobiltechnische Zeitschrift*. – 2001. – Bd. 103, № 1. – S. 38–43.
3. **Buchholz, K.** Borg Warner 4WD on Acura SUV / K. Buchholz // *Automotive engineering*. – 2000. – № 11. – P. 109.
4. **Диваков, А.** Активная подвеска и «интеллектуальные» тормоза / А. Диваков, О. Растегаев // *Авторевю*. – 2001. – № 1. – С. 8–11.

5. **Bleckman, H.** Traction control system with Teves ABS Mark II / H. Bleckman // SAE Technical Paper Series. – 1995. – № 78. – P. 9.
6. **Нефедьев, Я. Н.** Конструкции и характеристики электронных антиблокировочных систем зарубежных фирм / Я. Н. Нефедьев. – М. : НИИАВТОПРОМ, 1979. – 60 с.
7. **Burckhardt, M.** Bremsdynamische Untersuchungen von Fahrzeugen mit fester und abgeknickter Bremskraftverteilung / M. Burckhardt, E. G. von Glasner // Automobiltechnische Zeitschrift. – 1974. – Bd. 76, № 7. – S. 230–235.
8. Bussien : Automobiltechnisches Handbuch: Band 18 / Auflage Verlag H. Cram. – Berlin, 1965. – 75 с.
9. **Gaus, H.** ASD, ASR und 4 Matic: Drei Systeme im «Konzept Active Sicherheit» von Daimler Benz / H. Gaus, H.-J. Schopf // ATZ. – 1986. – Vol. 88, № 5. – S. 273–284.
10. **Geiger, F.** Landtechnische Entwicklund / F. Geiger // Forst Landwirt. – 1984. – Bd. 64, № 8. – S. 4–5.
11. **Бухарин, Н. А.** Тормозные системы автомобилей / Н. А. Бухарин. – М. : Машгиз, 1950. – 353 с.
12. Активная безопасность автомобиля / В. Г. Бутылин [и др.]. – Минск : Белавтотракторостроение, 2002. – 183 с.
13. **Пат. 3.793.545 США, МКИ В 60 Т 8/58.** Speed sensing apparatus / Germany ; Teldix GmbH. – № 233683 ; заявл. 10.03.72 ; опубл. 19.02.74, Бюл. № 405. – 21 с. : ил.
14. **Литвинов, А. С.** Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – М. : Машиностроение, 1971. – 415 с. : ил.
15. **Ревин, А. А.** Автомобильные автоматизированные тормозные системы. Техническое решение, теория, свойства / А. А. Ревин. – Волгоград : Ин-т качества, 2002. – 320 с.
16. **Фрумкин, А. К.** Современные антиблокировочные и противобуксовочные системы грузовых автомобилей, автобусов и прицепов : обзорная информация / А. К. Фрумкин, А. И. Попов, И. И. Апышев. – М. : ЦНИИТЭИ-автопром, 1990. – 56 с.
17. **Чудаков, Д. А.** Основы теории и расчета автомобилей и тракторов / Д. А. Чудаков. – М. : Колос, 1972. – 384 с. : ил.
18. **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.
19. **Пат. 4778 ВУ, МПК В 60 Т 8/00.** Антиблокировочная система мотоцикла / А. С. Мельников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20080101 ; заявл. 14.02.08 ; опубл. 30.10.08. – 4 с. : ил.
20. Динамика колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – 461 с.
21. **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа / В. А. Ким. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.
22. Тормозные системы колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – 351 с.
23. Экспериментальная установка для испытания антиблокировочной системы, адаптивной к механическому приводу / А. С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2012. – № 1. – С. 68–80.

Статья сдана в редакцию 7 июля 2014 года

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

Игорь Сергеевич Сазонов, д-р техн. наук, проф. Белорусско-Российский университет.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.

Валерий Андреевич Ким, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет.

Петр Адамович Амелченко, д-р техн. наук, проф., Национальная академия наук, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси.

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

Igor Sergeyevich Sazonov, DSc (Engineering), Professor, Belarusian-Russian University.
E-mail: f_av@bru.mogilev.by.

Valery Andreyevich Kim, DSc (Engineering), Professor, Belarusian-Russian University.

Petr Adamovich Amelchenko, DSc (Engineering), Professor, National Academy of Sciences of Belarus, Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus.