

УДК 629.113

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ДВУХКОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

MODELING THE BRAKING PROCESS FOR MOTORCYCLE

А. Г. Баханович,

профессор кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей», декан автотракторного факультета БНТУ, д-р техн. наук

A. Bakhanovich

Н. Р. Михальцевич,

старший преподаватель кафедры «Автомобили» БНТУ

M. Mikhaltsevich

Дата поступления в редакцию — 14.05.2015 г.

В статье рассматривается конструкция тормозной системы с АБС для мотоцикла и процесс моделирования торможения, используя пакет AMESim и стенд полунатурного моделирования (Tire Hardware-In-The-Loop Simulator). Предложенная система АБС состоит из электронного и гидравлического блоков управления и датчиков угловой скорости колес. В предложенной системе применен до-экстремальный алгоритм управления, проведено моделирование его работы в пакете AMESim и на полунатурном стенде моделирования. На основе анализа полученных результатов моделирования даны рекомендации, которые необходимо учитывать при проектировании систем АБС для мотоциклов и других одноколесных транспортных средств.

The project introduces the braking system for motorcycle with ABS and simulation the braking process using the AMESim software and Tire Hardware-In-The-Loop Simulator (Tire HILS). The ABS system includes electronic and hydraulic control units and wheel velocity sensors. The original pre-extreme algorithm is used to ABS control. Firstly, the process of braking was simulated in AMESim software taking into account the design features of a motorcycle. Then the process of the braking was emulated using Tire HILS. The paper gives an analysis of the obtained simulation results and gives recommendations, which are necessary by designing the brake systems with ABS for motorcycles and other types of two-wheeled vehicles.

Введение. Анализ научной литературы и технических разработок в области безопасности транспортных средств показывает, что антиблокировочные системы (АБС) и другие средства активной безопасности для двухколесных транспортных средств (мотоциклов) пока не получили широкого использования. Однако применение данных систем является крайне необходимым, о чем свидетельствуют следующие факты.

– Доля погибших в авариях с участием двухколесных транспортных средств составляет порядка 20 % от общего количества жертв ДТП,

причем данная цифра имеет тенденцию к увеличению, например, за последние 10 лет в Германии рост составил свыше 210 % для мотоциклов и до 120 % для легковых автомобилей.

– Установлено, что в 30 % аварий с участием мотоциклов, причиной ДТП было неправильное управление двухколесным транспортным средством применительно к текущим сцепным условиям дороги. Исследования по безопасности на транспорте показывают, что одним из главных факторов мотоциклетных аварий является некорректное использование тормозной системы. Свыше 1/3 всех мотоциклистов используют

только задние тормоза, 11 % — только передние тормоза. Правильное управление тормозами позволило бы, по прогнозам, предотвратить до 30 % аварий.

Конструктивные особенности двухколесных транспортных средств. Применение АБС на двухколесной технике связано со следующими особенностями.

1. 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 маневре — дополнительно с большим наклоном.

2. При торможении автомобиля не допускается блокировка задних колес, но присутствует мгновенная блокировка передних. В двухколесном транспортном средстве даже мгновенная блокировка переднего колеса приводит к потере устойчивости, и в большинстве случаев к опрокидыванию.

Следовательно, в двухколесных транспортных средствах должны использоваться системы активной безопасности, разработанные на основе данных особенностей. Алгоритм управления торможением должен учитывать все факторы, влияющие на устойчивость транспортного средства. Использование разработанных алгоритмов управления системами активной безопасности автомобилей требует применения новых сенсорных и исполнительных элементов антиблокировочных систем, что негативно отражается на стоимости двухколесных транспортных средств. Этим объясняется тот факт, что ведущие мировые автопроизводители (BMW, Honda,

Yamaha и др.) устанавливают АБС только на наиболее дорогие модели мотоциклов.

Тормозная система с АБС для мотоцикла. Существуют различные компоновочные схемы по интегрированию системы АБС в тормозную систему мотоцикла. В качестве наиболее дешевого варианта предлагается использование одноканальной системы, которая функционирует с передним колесом. В наиболее дорогих системах применяются датчики положения задней подвески и гироскопические датчики в ступице переднего колеса.

В данном случае была принята схема тормозной системы, представленная на рис. 1.

Алгоритм работы антиблокировочной системы. Для данной системы может быть применен градиентный до-экстремальный алгоритм управления. Параметром регулирования в этом случае является производная dv/ds . Главное преимущество градиентного регулирования состоит в том, что оно позволяет обеспечить работу колеса в до-экстремальной области $m-s$ -кривой. Выбор граничных условий в этой области для определения порогов срабатывания АБС может обеспечить максимальную эффективность торможения, управляемость и устойчивость движения, а также минимальные энергетические потери в колесе.

Моделирование процесса торможения мотоцикла, оборудованного тормозной системой с 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; начальная скорость торможения $V_m = 25$ м/с.

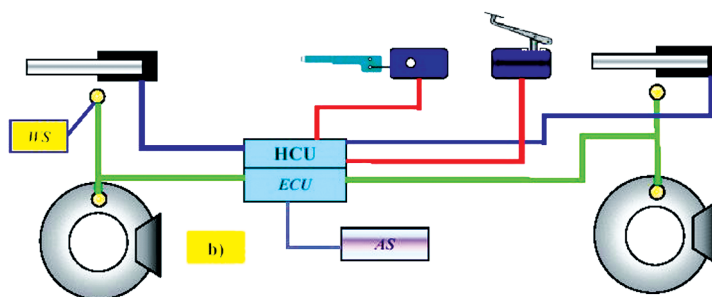


Рис. 1. Схема тормозной системы мотоцикла с АБС: WS — датчик угловой скорости колес; AS — датчик поперечных ускорений; HCU — гидравлический блок управления; ECU — электронный блок управления

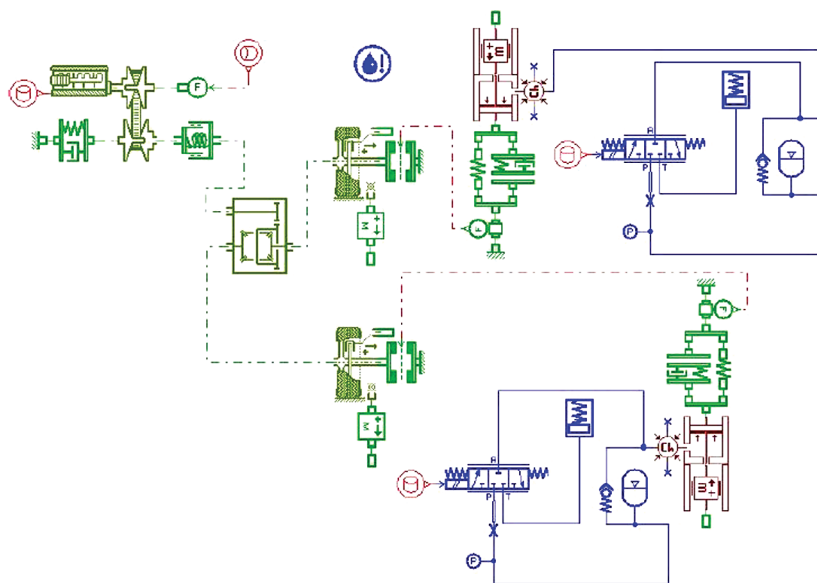


Рис. 2. Модель мотоцикла с тормозной системой с АБС

Первым этапом моделирования является компьютерное моделирование с помощью пакета AMESim, который представляет собой программу, позволяющую моделировать различные процессы движения транспортных средств.

Вначале необходимо создать объект моделирования, для чего в программе существуют простейшие элементы: механические; электрические; гидравлические; элементы трансмиссий; силовые агрегаты. С помощью данных элементов создается модель транспортного средства, затем, используя технические параметры прототипа, задаются свойства различных элементов модели, которые могут варьироваться в широком диапазоне.

В результате моделирования получаем различные характеристики, описывающие работу тех или иных узлов транспортного средства.

Для изучения поведения двухколесного транспортного средства при торможении с антиблокировочной тормозной системой, была создана модель мотоцикла, представленная на рис. 2.

При моделировании работы тормозной системы с антиблокировочной системой были получены следующие зависимости: изменение коэффициента проскальзывания колеса, изменение давления в тормозной системе и изменение тормозной силы на колесах во времени.

Моделирование процесса торможения с помощью HILS-стенда. Данный этап исследо-

ваний проводился в лаборатории активной безопасности Токийского университета сельского хозяйства и технологий (Япония).

HILS-стенд представляет собой полунатурную модель системы транспортного средства и используется для испытания систем активной безопасности, таких как АБС, ПБС, СДС. Данный стенд позволяет соединить компьютерную модель системы с натурными исполнительными элементами и изменять параметры системы при испытаниях. Схема HILS-стенда представлена на рис. 3.

Стенд включает в себя три основных блока.

1. Компьютер с программным обеспечением, описывающим работу тормозной системы.

2. Коммутирующий блок для соединения компьютера с исполнительными элементами, являющийся блоком управления системы. Он позволяет изменять параметры работы системы, и преобразуют компьютерную модель системы в программу управления.

3. Исполнительные элементы: шины; тормозные механизмы; датчики; беговые барабаны; электродвигатели.

При моделировании работы систем активной безопасности, связанных с управлением процессом торможения, с помощью данного стенда можно определять следующие характеристики:

– изменение тормозной силы в процессе торможения;

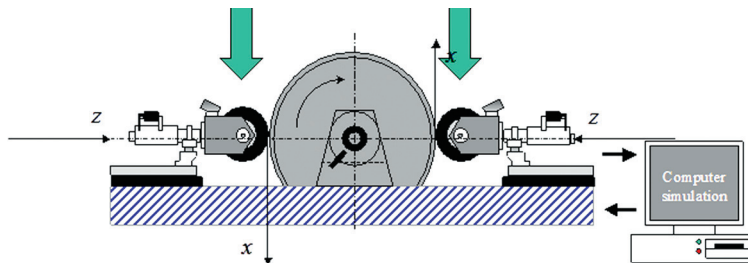


Рис. 3. Схема HILS-стенда

- изменение коэффициента проскальзывания шины;
- изменение коэффициента сцепления шины с дорожным покрытием;
- значение продольных и поперечных сил в точке контакта колеса с дорожным покрытием;
- углы увода колеса при выполнении различных маневров;
- частоту работы систем активной безопасности;
- изменение сцепных свойств шин в процессе их нагрева;
- влияние конструкции шины на работу систем активной безопасности.

Процесс моделирования на HILS-стенде состоит из нескольких этапов.

На начальной стадии в блок управления вводятся параметры транспортного средства, на котором планируется установка испытываемой системы. Затем в блоке управления производится пересчет некоторых параметров (свойства шин, давление в тормозной системе) для соответствия параметров HILS-стенда параметрам транспортного средства.

Данная операция связана в первую очередь с тем, что на HILS-стенде используются специальные испытательные шины, позволяющие получать наиболее точные сведения о работе системе, а также использования тормозной системы с небольшими давлениями в гидроприводе. После этого определяется вид испытаний (для каждого вида моделирования стенд имеет определенный набор оборудования и программного обеспечения). С помощью HILS-стенда проводятся следующие виды моделирования:

- исследование управляемости и устойчивости транспортного средства при влиянии на него поперечных сил и при уводе шины;
- исследование управляемости и устойчивости транспортного средства при влиянии на него продольных сил;

- влияние работы подвески и рулевого управления на управляемость и устойчивость транспортного средства;
- влияние изменения коэффициента сцепления шины на устойчивость и управляемость транспортного средства.

В результате моделирования были получены следующие результаты.

1. Зависимости изменения давления в тормозных механизмах от воздействующего давления (рис. 4).
2. Зависимости изменения продольной силы на колесе в процессе торможения (рис. 5).

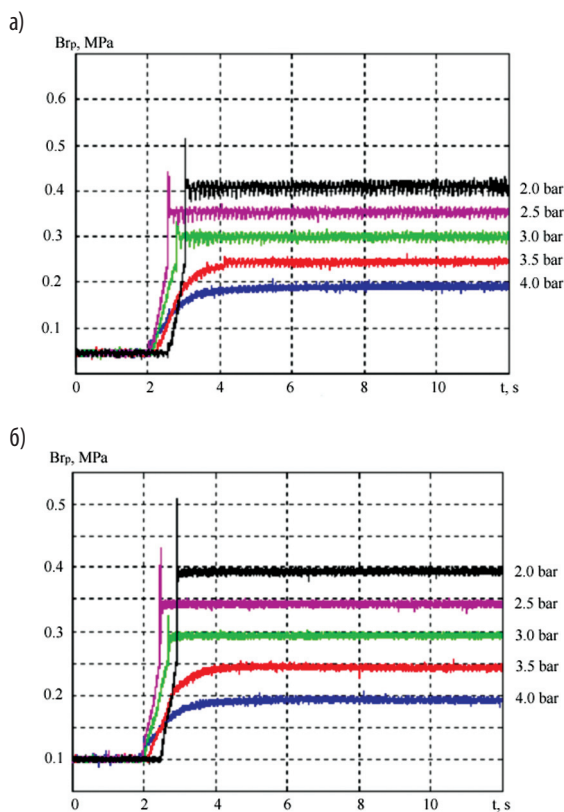


Рис. 4. Зависимости изменения давления в тормозной системе от воздействующего давления: а) переднее колесо; б) заднее колесо

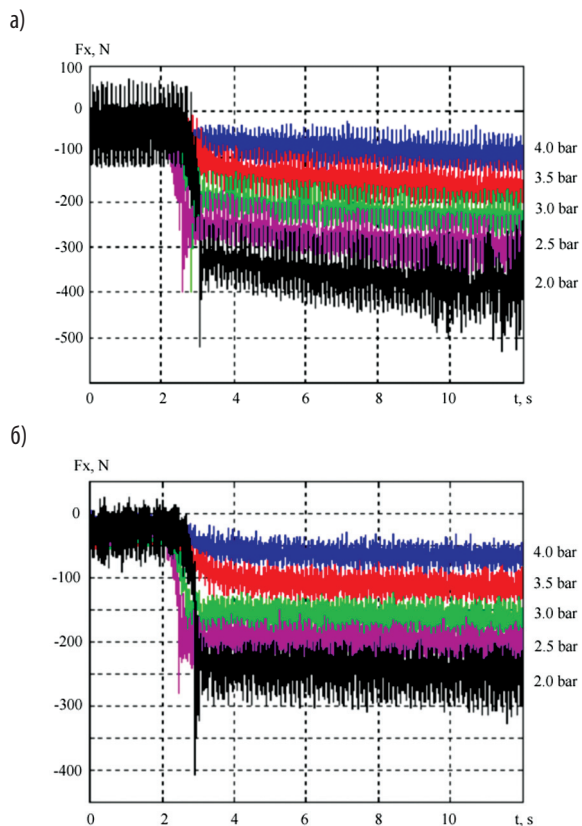


Рис. 5. Зависимости изменения тормозной силы: а) переднее колесо, б) заднее колесо

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 без снижения его эффективности.

Выводы.

1. Применение АБС в значительной степени повышает уровень активной безопасности двухколесных транспортных средств.
2. На первом этапе разработки АБС для двухколесных транспортных средств целесообразно применять пакет AMESim для исследования работы тормозной системы.
3. Исследование динамики движения мотоцикла на этапе конструирования необходимо проводить на полунатурных стендах.