

УДК 62-50

А.В. Писаренко, А.В. Белоус, Д.В. Кононенко

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМОЙ

Выполнен анализ работы стандартной антиблокировочной системы автомобиля средствами компьютерного моделирования в программных пакетах CarSim и MATLAB/Simulink. Разработана нечеткая модель управляющего устройства ABS, позволившего уменьшить величину отклонения автомобиля от направления прямолинейного движения при экстренном торможении и сократить длину тормозного пути.

Ключевые слова: антиблокировочная система, нечеткая логика, системы активной безопасности автомобиля.

Введение

На сегодняшний день компьютерное моделирование стало неотъемлемым инструментом при создании и усовершенствовании технологичных продуктов во многих сферах человеческой деятельности: машиностроении, энергетике, ракетостроении и, собственно, в автомобилестроении, – поскольку оно позволяет исследовать системы практически любой сложности при минимальных затратах.

Существующие на рынке программные инструменты для моделирования поведения транспортных средств на дороге, зачастую обладают ограниченным функционалом с точки зрения управления поведением транспортного средства [1 – 4].

Основная часть

Программный пакет CarSim является одним из основных инструментов моделирования поведения динамики автомобильного транспорта в мировой автомобилестроительной отрасли. CarSim используется такими мировыми компаниями, как: Volkswagen, Honda, Mazda, Chrysler и многие другие.

На рис. 1 изображен вид главного окна CarSim: здесь имеется возможность выбрать имеющуюся или создать собственную математическую модель автомобиля, а также модель его поведения: вид трассы, траекторию движения, тип покрытия, скорость движения и пр.

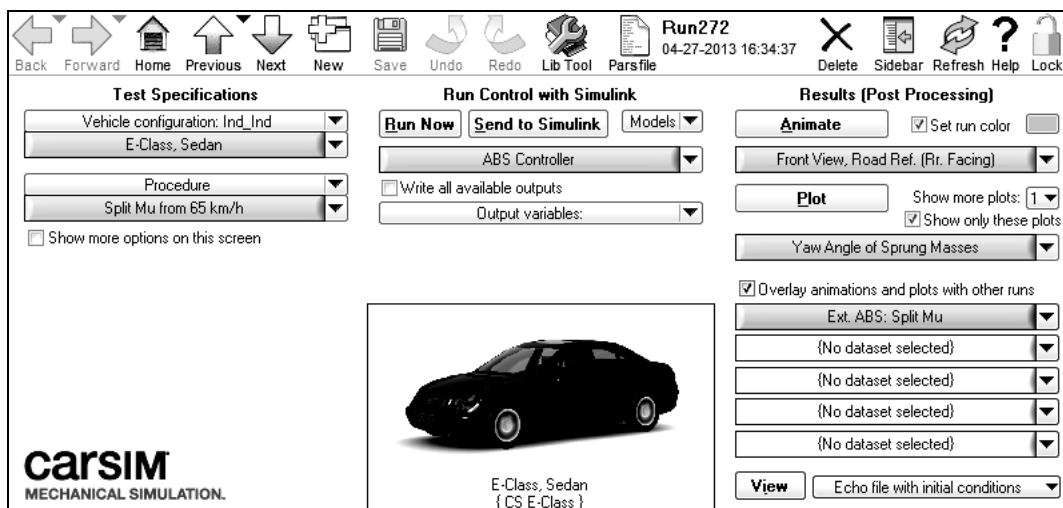


Рис. 1. Главное окно пакета CarSim

Здесь осуществляется интеграция программы с такими пакетами как MATLAB/Simulink, LabVIEW. Визуализация результатов моделирования осуществляется в виде различных графиков и 3D анимации.

Антиблокировочная система (ABS) является одной из самых распространенных систем активной безопасности в автотранспорте. Задача ABS состоит в предотвращении блокировки колес при резком и экстренном торможении. В случае экстремального тор-

можения автомобиль без ABS теряет управляемость, что может привести к аварии. Периодически разблокируя колеса, ABS позволяет сохранить большую устойчивость при экстремальном торможении (рис. 2).

Интеграция CarSim с пакетом MATLAB происходит путем генерирования моделей Simulink. На рис. 3 представлена модель системы, включающая модель поведения автомобиля, блок ABS и блок тормозной системы.



Рис. 2. Поведение автомобилей без и с установленной ABS

Выходными – тормозное усилие каждого из колес. На основании значения скорости движения автомобиля и линейной скорости вращения колес рассчитывается коэффициент проскальзывания для каждого колеса по формуле

$$S_i = (W - W_i)/W, \quad i = 1 \dots 4/$$

где W – скорость автомобиля, W_i – линейная скорость i -го колеса.

Логика работы стандартного ABS такова: в зависимости от величины коэффициента проскальзывания ABS переключается между двумя состояниями: торможение и отсутствие торможения (рис. 5).

Содержимое блока ABS представлено на рис. 4. Входными параметрами блока ABS являются скорость автомобиля и скорость вращения каждого колеса отдельно.

В стандартной схеме ABS используется дискретное управление торможением. Во время исследования был проведен анализ параметров, участвующих в стандартном управлении торможением, и было принято решение не только включать на максимальное значение и выключать тормозное усилие, а еще и управлять его величиной в зависимости от условий.

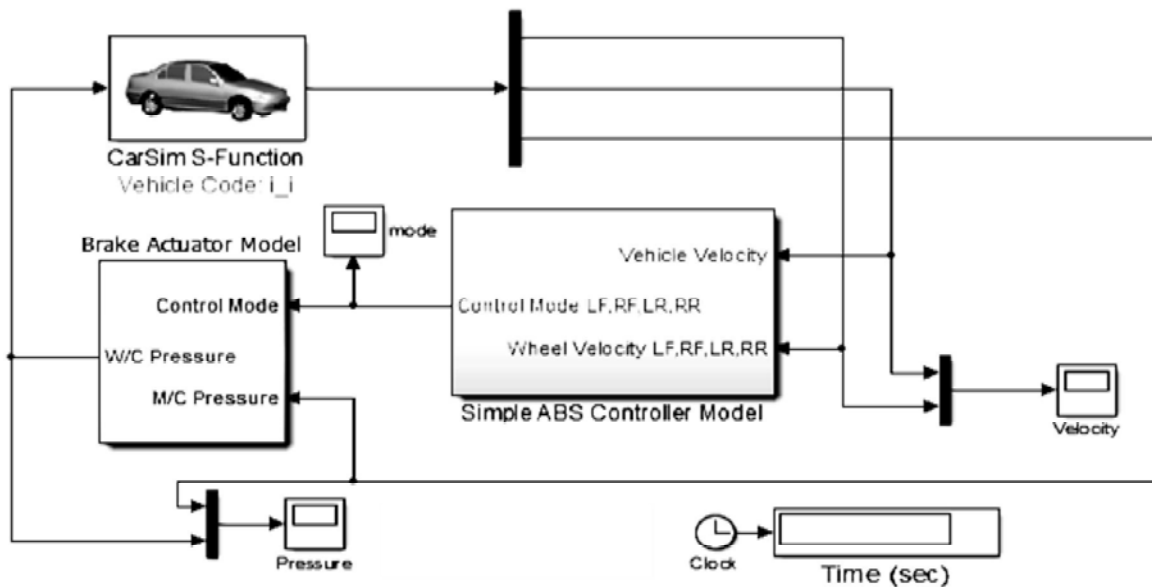


Рис. 3. Модель поведения системы в MATLAB/Simulink

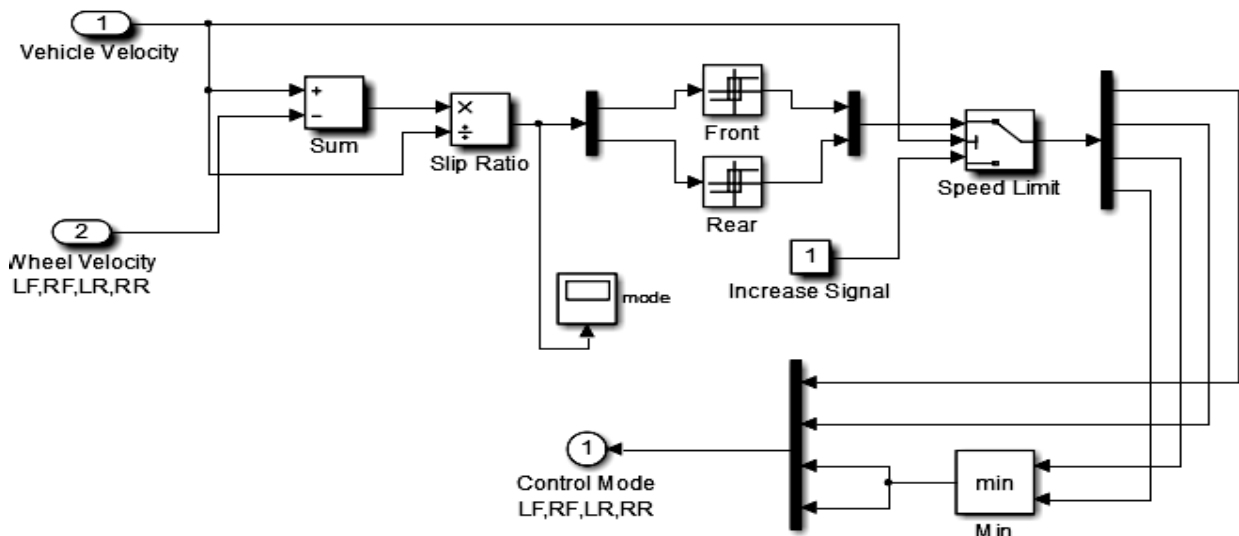


Рис. 4. Модель ABS

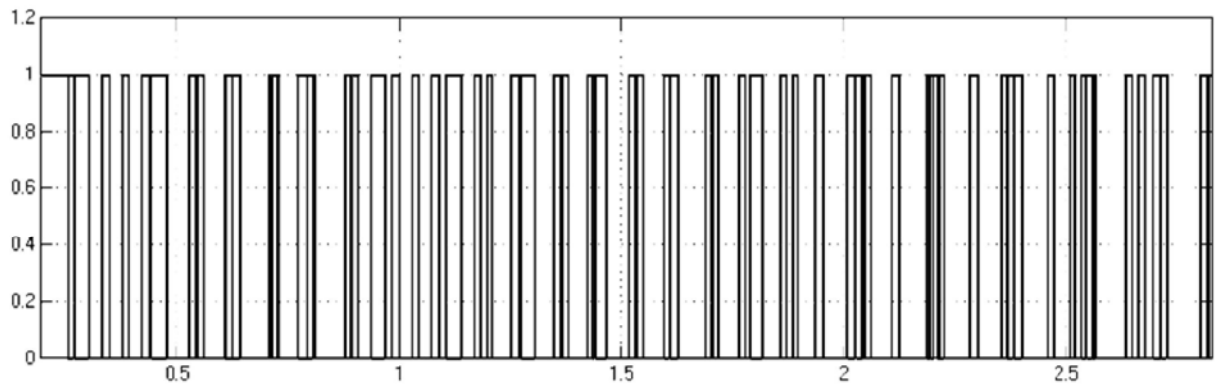


Рис. 5. Управляющее воздействие АБС (1 – торможение, 0 – отсутствие торможения)

Для управления тормозной системой автомобиля был выбран подход на основе нечеткой логики, поскольку он позволяет формализовать естественные рассуждения человека в подходящей для компьютерных систем форме. Основными понятиями нечетких систем являются лингвистические переменные, нечеткие правила, фазификация и дефазификация.

Нечеткая модель управляющего устройства системы АБС была построена следующим образом. В качестве входных лингвистических переменных выделен коэффициент проскальзывания и скорость его изменения. Для коэффициента проскальзывания введено пять функций принадлежности (рис. 6). Скорость изменения коэффициента проскальзывания интересует нас только с точки зрения ее уменьшения или увеличения (рис. 7).

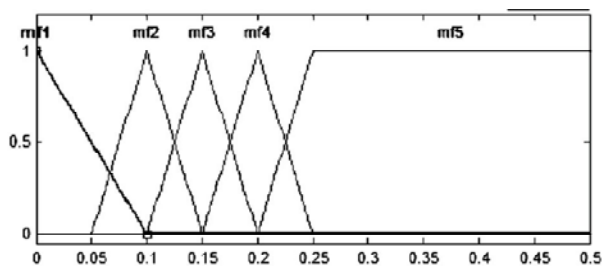


Рис. 6. Функции принадлежности для коэффициента проскальзывания

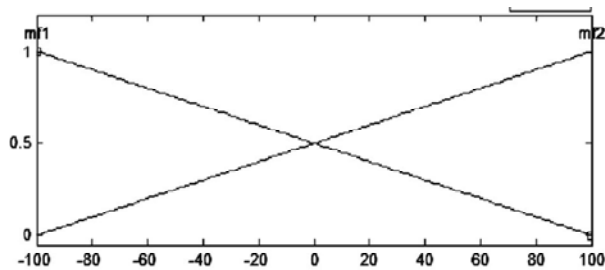


Рис. 7. Функции принадлежности для скорости изменения коэффициента проскальзывания

Выходная лингвистическая переменная – относительная величина тормозного усилия, различная для передних и задних колес во избежание заноса автомобиля (рис. 8).

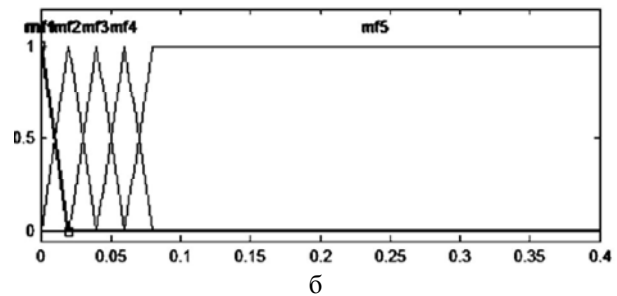
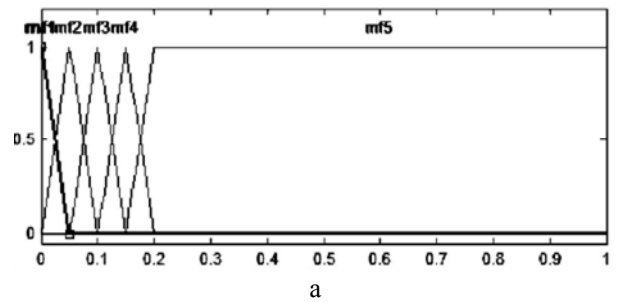


Рис. 8. Вид функций принадлежности для тормозного усилия на передние (а) и задние (б) колеса

Логика работы АБС реализована с помощью нечетких правил.

По трехмерной поверхности (рис. 9) видно, что при увеличении коэффициента проскальзывания, тормозное усилие уменьшается.

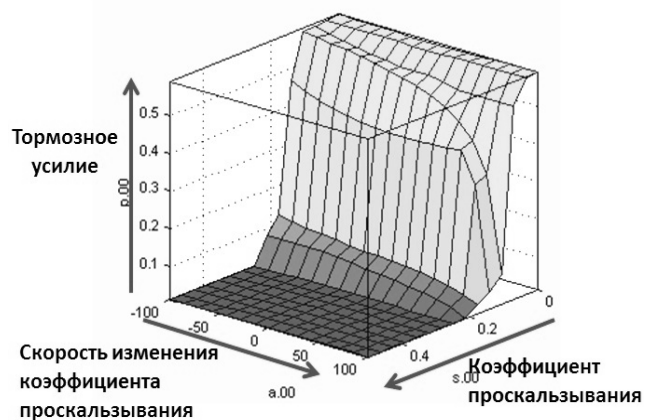


Рис. 9. Трехмерная поверхность, отображающая нечеткие правила

Отрицательная скорость изменения коэффициента проскальзывания означает, что коэффициент проскальзывания уменьшается и можно тормозить сильнее. В обратном же случае коэффициент про-

скальзывания увеличивается и необходимо уменьшить тормозное усилие для предотвращения заноса.

На рис. 10 представлена разработанная модель АБС с блоком управления на основе нечеткой логики.

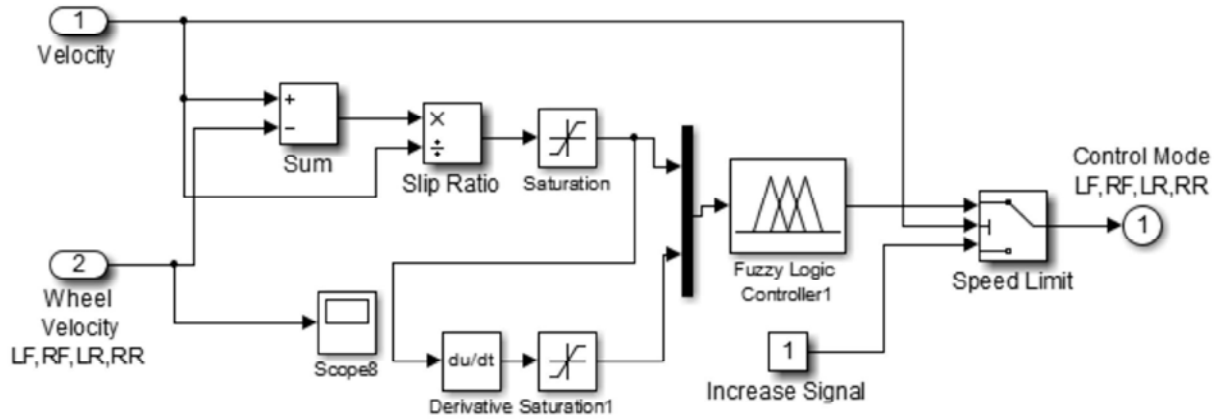


Рис. 10. Модель нечеткой АБС

На рис. 11 представлены графики величин тормозных усилий на каждом колесе с разработанной нечеткой АБС.

Как видно, система управляет не только включением и выключением торможения колес, но и величиной тормозного усилия.

Следующие графики (рис. 12) демонстрируют преимущество разработанной нечеткой АБС над стандартной.

Для сравнения систем была выбрана модель дороги, одна полоса которой покрыта льдом. Автомобили, двигаясь со скоростью 100 км/час, совершают экстремальное торможение. На рис. 12 изображены графики изменения величины угла отклонения автомобиля от прямолинейного направления движения в зависимости от времени.

На рис. 12 линией с треугольными маркерами обозначен график относящийся к стандартной АБС, а с квадратными – к разработанной нечеткой. Видно, что угол отклонения автомобиля от прямолинейного направления движения с нечеткой АБС меньше, чем со стандартной. Кроме того, автомобиль с разработанной нечеткой АБС не только меньше заносит, но и останавливается раньше автомобиля со стандартной антиблокировочной системой.

Как уже упоминалось выше, программный пакет CarSim позволяет визуализировать поведение исследуемых транспортных средств с помощью 3D-анимации.

На рис. 13 представлен стоп кадр, демонстрирующий данную возможность.

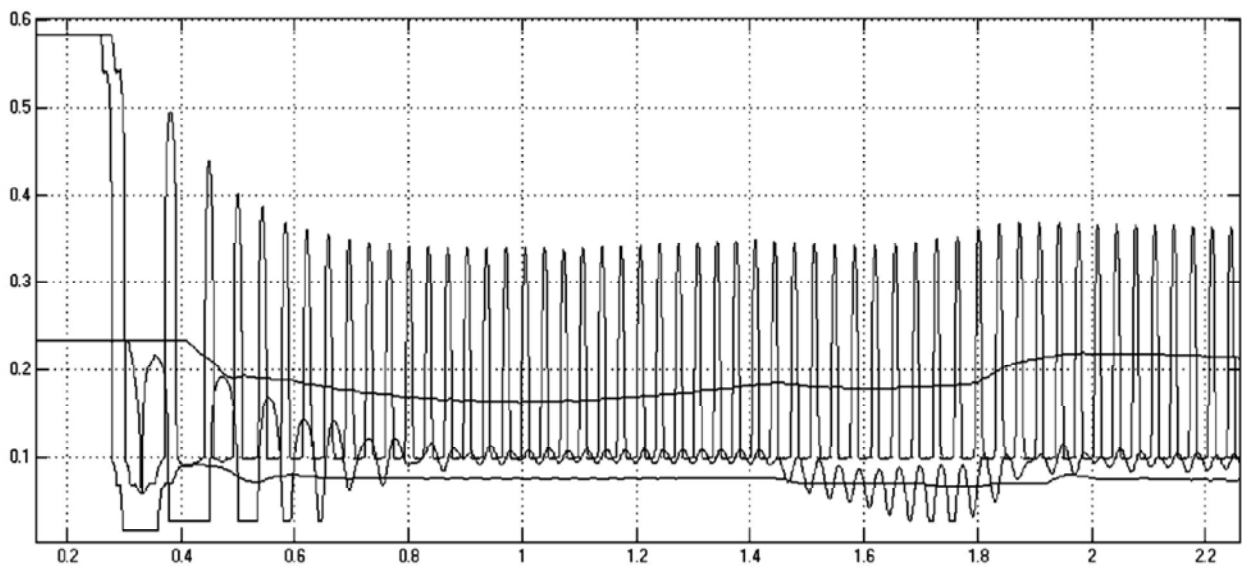


Рис. 11. Графики изменения величин тормозных усилий для каждого колеса с нечеткой АБС

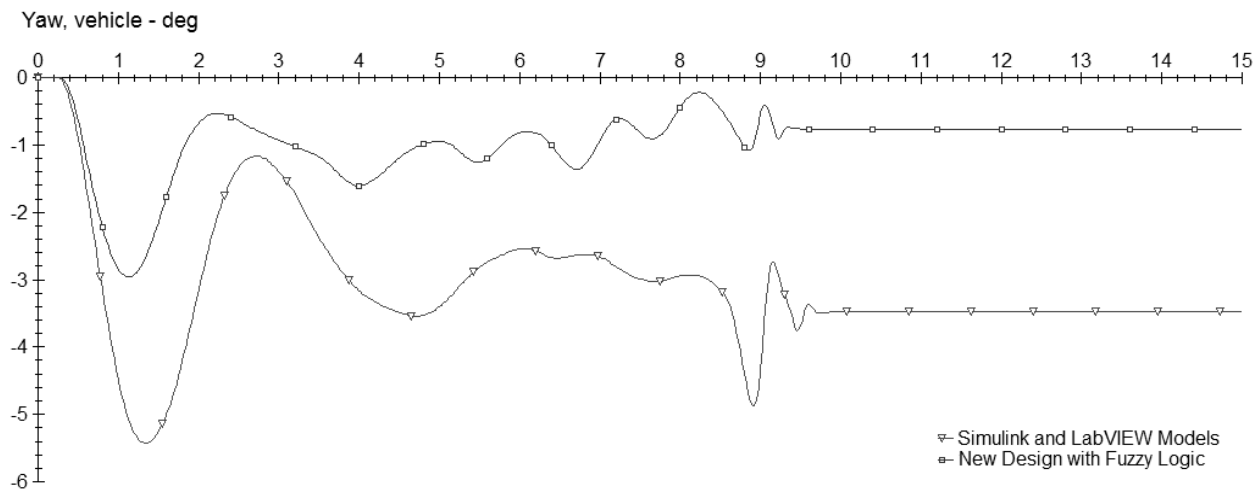


Рис. 12. Графики изменения величины угла отклонения автомобиля от прямолинейного направления движения



Рис. 13. 3D-анимация поведения автомобилей со стандартной и нечеткой ABS

Выводы

В статье выполнено исследование стандартной антиблокировочной системы автомобиля с помощью программных пакетов CarSim и MATLAB/Simulink. Разработана нечеткая модель ABS на основе понимания того, что необходимо управлять еще и величиной тормозного усилия, а не только его включением и выключением. Моделирование разработанной нечеткой антиблокировочной системы

позволило убедиться в ее более высокой эффективности за счет уменьшения величины угла отклонения автомобиля от прямолинейного направления движения и сокращения длины тормозного пути, что является значительным преимуществом с точки зрения безопасности участников движения.

Список литературы

1. *Vehicle Safety: Opportunities exist to enhance NHTSA's new car assessment program // United states government accountability office report.* – 2005.
2. Gillespie T.D. *Fundamentals of vehicle dynamics. 400 commonwealth drive warrendale. PA 15096-001: Society of automotive engineers.* – 1992.
3. *Vehicle control in traffic // Vehicle dynamics international.* – 2010. – May/June. – P. 50-52.
4. *Effectiveness of ABS and vehicle stability control systems. – Research report of the Royal automotive club of Victoria, Australia.* – 2004.

Поступила в редколлегию 8.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. П.И. Бидюк, Национальный технический университет Украины “КПИ”, Киев.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З АНТИБЛОКУВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ

А.В. Писаренко, О.В. Білоус, Д.В. Кононенко

Виконано аналіз роботи стандартної антиблокувальної системи автомобіля засобами комп'ютерного моделювання у програмних пакетах CarSim та MATLAB/Simulink. Розроблено нечітку модель керуючого пристрою ABS, що дозволив зменшити величину відхилення автомобіля від напрямку прямолінійного руху при екстремому гальмуванні та скоротити довжину гальмівного шляху.

Ключові слова: антиблокувальна система, нечітка логіка, системи активної безпеки автомобіля.

COMPUTER MODELING OF VEHICLE BEHAVIOR WITH ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM

A.V. Pisarenko, A.V. Belous, D.V. Kononenko

The analysis of the standard anti-lock braking system of the car by means of computer simulation software CarSim and MATLAB/Simulink was done. Developed fuzzy model of the ABS control unit, allows reducing the deviation of the vehicle from straight forward under emergency braking and shortening stopping distance.

Keywords: anti-lock system, fuzzy logic systems, active safety.