

*Д. М. КЛЕЦ*, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ, Харьков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРОТИВ ЗАНОСА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В МАТЛАВ**

Разработана электронная система повышения устойчивости автомобиля против заноса, которая работает на основе нечеткой логики с учетом параметров автомобиля, управляющих воздействий водителя и изменяющихся дорожных условий.

**Ключевые слова:** интеллектуальный автомобиль, устойчивость, занос, нечеткая логика.

**Введение.** За последние годы в Украине значительно расширился автомобильный парк, достигая 9 млн. единиц. Следствием этого стал рост аварийности на дорогах. В среднем ежегодно регистрируется 40-45 тыс. дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибают почти 7 тыс. и получают травмы различной степени тяжести до 50 тыс. человек [5].

Электронные системы курсовой устойчивости устанавливаются на автомобилях известных зарубежных производителей. По данным Национального Управления Безопасности Дорожного Движения США [1], внедрение средств автоматизации позволяет значительно сократить количество ДТП. Оборудование автомобиля системой управления курсовой устойчивостью позволяет уменьшить общее количество ДТП, с участием этого автомобиля, на 8%. Оборудование всех автомобилей системой адаптивного круиз-контроля позволит уменьшить число жертв ДТП на 59,6%. В автомобильной промышленности Украины системы управления на основе нечеткой логики до сих пор не получили широкого распространения.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Нечеткая логика зарекомендовала себя, как относительно простой, надежный и быстрый теоретический механизм, позволяющий повысить степень автоматизации управления автомобилем за счет реализации принципов, не поддающихся обработке классической двузначной логикой [4]. Особенностями нечеткого управления является возможность представления техники и знаний о вождении, которыми обладает водитель, с помощью лингвистических правил управления, что позволяет обойтись без количественной модели объекта управления [3].

Автор работы [2] приводит следующие требования к электронной автоматике автомобилей, оснащенных системой курсовой устойчивости:

– при нарушении штатных (обычных) условий движения, когда сцепление колес автомобиля с дорогой приближается к своему физическому пределу, автомобиль не должен вести себя непредсказуемо, динамика его

движения не должна изменяться резко, не должны иметь место заносы, резкие развороты, съезды с дороги или опрокидывание;

- на скользких или обледенелых дорогах отклонения от заданного водителем направления движения должны оставаться минимальными (в пределах обеспечения безопасности);

- степень загруженности автомобиля в пределах предписанной нормы не должна оказывать влияния на устойчивость его движения;

- боковой ветер, неубранное от незначительных песчаных или снежных наносов состояние автомагистрали не должны сильно влиять на движение автомобиля;

- параметры и характеристики автомобиля, ответственные за безопасность движения, должны оставаться в оптимальных нормах для субъективного восприятия водителем.

Тэрано [8] предложена система управления скоростью автомобиля на базе нечеткого контроллера, аппаратная часть которого содержит микрокомпьютер (см. рис. 1).

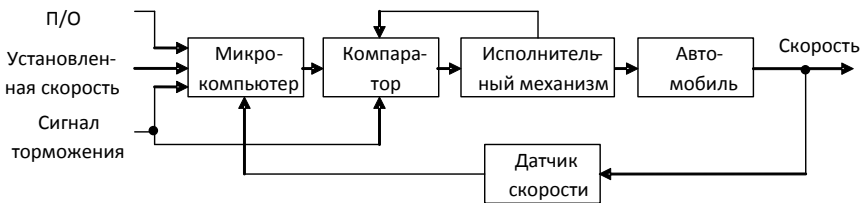


Рис. 1 – Система управления скоростью автомобиля [8]

В работе [7] предложен метод оценки устойчивости автомобилей против заноса, основанный на построении зон устойчивости. Однако, в известных исследованиях отсутствует моделирование работы системы обеспечения устойчивости автомобиля против заноса на основе нечеткой логики, поэтому данный вопрос требует дополнительных исследований.

**Цель и постановка задач исследования.** Целью исследования является повышение устойчивости автомобиля против заноса при помощи электронной системы, которая работает на основе нечеткой логики с учетом изменяющихся дорожных условий и управляющих воздействий водителя.

Для достижения указанной цели необходимо выполнить моделирование разработанной системы в среде MATLAB.

**Моделирование работы системы в MATLAB.** Для реализации процесса нечеткого моделирования в среде MATLAB предназначен специальный пакет Fuzzy Logic Toolbox, в который входит редактор систем

нечеткого вывода. Разработка нечетких моделей возможна в одном из двух режимов:

- в интерактивном режиме с помощью графических средств редактирования и визуализации всех компонентов систем нечеткого вывода;
- в режиме команд с помощью ввода имен соответствующих функций с необходимыми аргументами непосредственно в окно команд системы MATLAB.

Процесс разработки системы управления с нечеткой логикой функционирования включает [6]:

- определение лингвистических переменных, нечетких правил, метода дефазификации;
- отладку и анализ программной модели;
- оптимизацию системы управления на базе персональной ЭВМ с реальным объектом;
- генерацию кода для микроконтроллера реальной системы управления.

На рис. 2 отображена схема работы электронных систем управления на основе нечеткой логики.



Рис. 2 – Схема работы системы управления на основе нечеткой логики

Разработаем нечеткий контроллер (НК) в качестве устройства управления с функциями адаптации к изменениям динамических характеристик автомобиля и окружающей среды, который построен на основе качественных соотношений между коэффициентом сцепления колес с дорогой, скоростью и ускорениями автомобиля, т.е. правил и знаний управления. В НК выполняются нечеткие выводы, следуя правилам управления и вычисляются выходная величина (количество впрыскиваемого топлива или топливо-воздушной смеси), причем в качестве входной информации для НК используются коэффициент сцепления колес с дорогой, скорость и ускорение автомобиля.

На рис. 3 приведена структура проектируемой системы в окне MATLAB. Экспертные данные о соотношениях между тягово-скоростными характеристиками и параметрами взаимодействия колес с опорной поверхностью по условию обеспечения устойчивости против заноса в

тяговом режиме движения возьмем из работы [7] для BMW-318. Описания лингвистических переменных  $V_a$ ,  $\varphi$ ,  $V_a^{ycm}$  приведены на рис. 4-6.

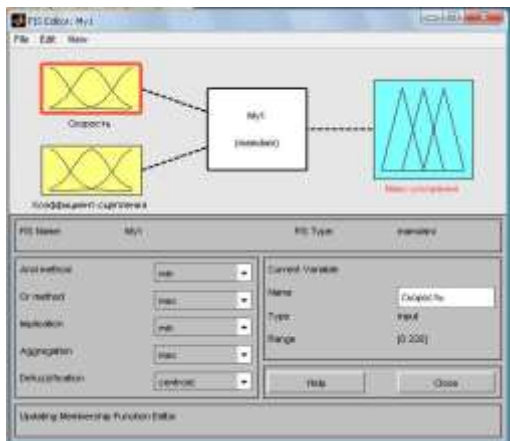


Рис. 3 – Структура проектируемой системы в окне проекта

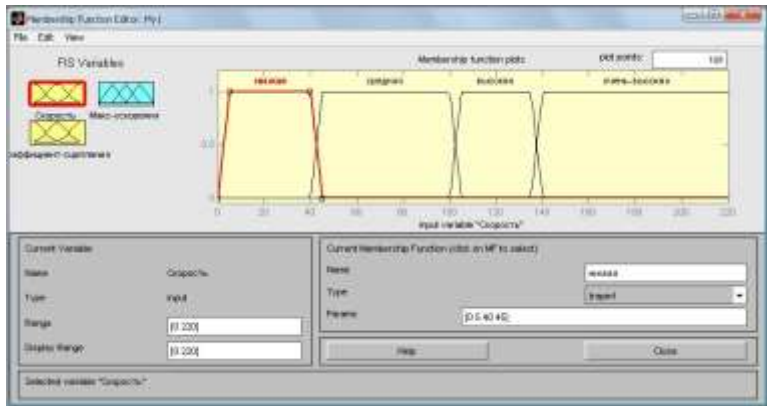


Рис. 4 – Описание выходной лингвистической переменной  $V_a$

На основе полученных лингвистических термов для входных переменных, запишем нечеткие правила вида «IF X, AND Y THEN Z». Первая часть правил является входным сигналом, а вторая часть является результатом и соответствует управляющему действию. На рис. 7 с помощью

табличного представления продукционных правил описана стратегия нечеткой логики управления, отвечающая структуре проектируемой системы.

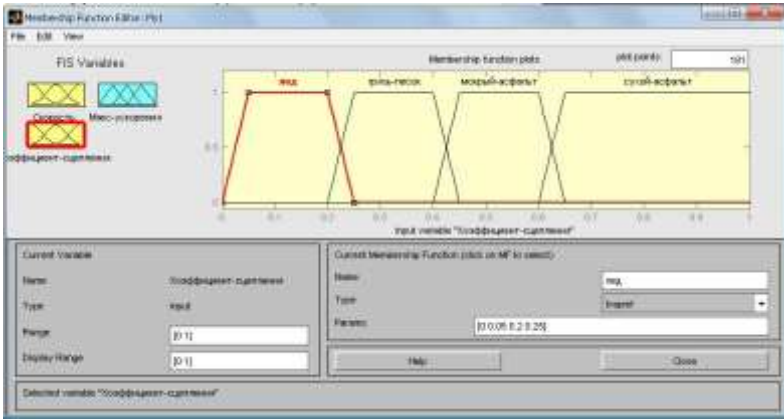


Рис. 5 – Описание входной лингвистической переменной  $\varphi$



Рис. 6 – Описание выходной лингвистической переменной  $\dot{V}_{a \max}^{ycm}$

На рис. 8 приведен внешний вид 3D поверхности, образованной лингвистическими переменными  $\dot{V}_{a \max}^{ycm}$ ,  $\varphi$  и  $V_a$  в окне программы MATLAB. Программный пакет MATLAB позволяет моделировать поведение проектируемой системы. Изменяя значения входных переменных, можно наблюдать соответствующие значения выходных переменных.

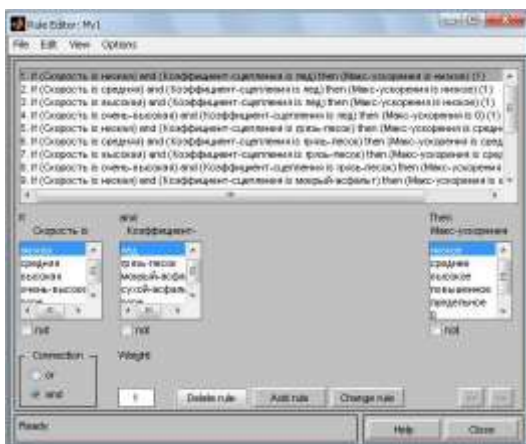


Рис. 7 – Табличное задание продукционных правил

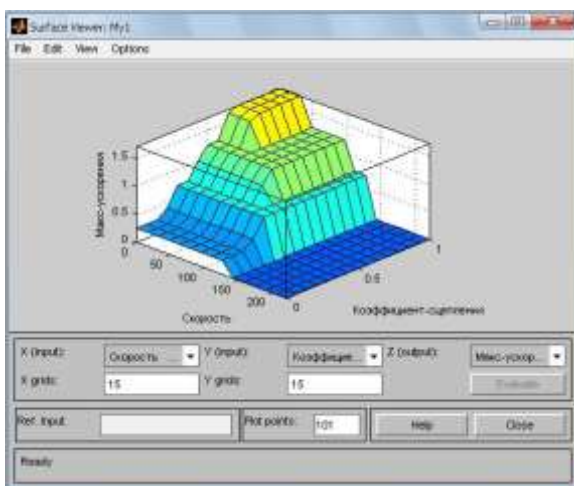


Рис. 8 – Внешний вид 3D поверхности, образованной лингвистическими переменными  $\dot{V}_{a \max}^{ycm}$ ,  $\varphi$  и  $V_a$  в окне программы MATLAB

При соединении физической линией связи компьютера с разрабатываемой системой управления и реальным объектом управления получаем единый отладочный комплекс. Такой вид отладки позволяет наблюдать поведение системы в реальных условиях и при необходимости

вносить изменения в проект. На последнем этапе получаем окончательный вариант программного кода для конкретного микроконтроллера или бортового компьютера автомобиля.

**Выводы.** 1. Предложенная система обеспечения устойчивости автомобиля против заноса на основе нечеткой логики позволяет повысить его активную безопасность в тяговом режиме движения.

2. Разработанный проект в пакете MATLAB позволяет моделировать поведение системы в зависимости от тягово-скоростных характеристик автомобиля и параметров взаимодействия колес с опорной поверхностью, а также работать в составе единого отладочного комплекса.

**Список литературы:** 1. *Eric R. Teoh*. Effectiveness of antilock braking systems in reducing fatal motorcycle crashes / *Eric R. Teoh* // Insurance Institute for Highway Safety, 2009. – 11 с. 2. *Fuchs L.* Beitrag zum Verhalten von Fahrer und Fahrzeug bei Kurvenfahrt / *L. Fuchs* // VDI - Fortschritt-Berichte, Reihe 12, Nr. 184, 1993. 3. *Андреев С.В.* Исследование и разработка человеко-машинных систем управления автомобилем с использованием аппарата нечеткой логики : Автореф. дис... канд. техн. наук : 05.11.16 / ИПМАШ РАН. – СПб., 2005 – 134 с. 4. *Антипов С.И., Дементьев Ю.В., Калинин А.Е.* Нечеткая логика и возможности ее применения в системах управления современного автомобиля / *С.И. Антипов, Ю.В. Дементьев, А.Е. Калинин* // Материалы международной научно-технической конференции «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров». – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – С. 11-20. 5. Департамент ДАІ МВС України. Історія ДАІ – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/ua/history.htm>. 6. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / *А.В. Леоненков* // БХВ-Петербург - СПб. : 2005. – 736 с. 7. *Подригало М. А.* Определение устойчивости автомобиля против заноса при движении в тяговом режиме / *М. А. Подригало, Д. М. Клец* // Вісник НТУ «ХП». Автомобіле- та тракторобудування. –2007. – Вип. 12. - С. 127-136. 8. *Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М.* Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / *К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи* и др.; под редакцией *Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно*. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

*Поступила в редколлегию 24.04.2013*

УДК 629.017

**Моделирование работы системы повышения устойчивости автомобиля против заноса на основе нечеткой логики в MATLAB / Д. М. Клец** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 32 (1005). – С. 24–30. – Бібліогр.: 8 назв.

Розроблена електронна система підвищення стійкості автомобіля проти заносу, яка працює на основі нечіткої логіки з урахуванням параметрів автомобіля, керуючих впливів водія і дорожніх умов, що змінюються.

**Ключові слова:** інтелектуальний автомобіль, стійкість, занос, нечітка логіка.

It is developed an electronic system to stabilize the vehicle against skidding, which works on the basis of fuzzy logic within the vehicle parameters, driver control actions and changing road conditions.

**Key words:** intelligent vehicle, stability, drift, fuzzy logic.