

УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ



УДК 629.114.3

А.М.Абрамов

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИКОЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОПОЕЗДА

System of a motor-train control is developed. Principles of fuzzy logics are used in the control algorithm.

Обеспечить высокие среднетехнические скорости автопоезда, сохраняя при этом безопасность движения, могут только автоматизированные электронные системы управления. Быстродействие последних и их реакция на изменения дорожной ситуации несоизмеримо превосходят возможности водителя (человека-оператора).

До недавнего времени проблема обеспечения безопасности автопоездов решалась за счет внедрения антиблокировочных (ABS) и противобуксовочных (ASR) систем. Сегодня же актуальной стала разработка тормозных систем с электронным управлением (EBS) и систем динамической стабилизации движения (ESP).

Система динамической стабилизации ESP постоянно сравнивает фактическое поведение автопоезда с расчетным, задаваемым водителем через угол поворота управляемых колес тягача. В случае возникновения рассогласования между действительной траекторией и расчетной или в случае возникновения вероятности опрокидывания автопоезда ESP торможением полуприцепа и тормозным импульсом, прикладываемым к одному из колес тягача, корректирует траекторию движения автопоезда. Однако известно [1,2], что при торможении и разгоне реализуемая сила взаимодействия колеса с дорогой существенным образом зависит от коэффициента проскальзывания. При значениях коэффициента проскальзывания, равных 0,1-0,15, коэффициент сцепления шины с дорогой имеет максимальное значение при всех дорожных условиях, а возможность шины реализовывать боковую силу резко снижается при возрастании продольной составляющей тормозных сил.

Электронная система управления динамикой движения автопоезда (ЭСУДДАП) представляет собой систему автоматического управления с обратной связью. ЭСУДДАП объединена с рулевым управлением, тормозной системой, системой питания двигателя и с третьей управляемой осью полуприцепа. Используя потенциальные возможности современных систем EBS, ABS и ASR, ЭСУДДАП улучшает активную безопасность за счет нового алгоритма управления динамикой автопоезда.

Как и в системах предотвращения опрокидывания RSP и ESP, для снижения скорости автопоезда в ЭСУДДАП используется тормозная система тягача и первой и второй осей полуприцепа. Корректирование же траектории полуприцепа в случае проявления склонности к заносу осуществляется за счет поворота колес третьей оси, торможение которой в этом режиме движения не осуществляется, и поэтому боковая составляющая силы взаимодействия колеса с дорогой может быть полностью реализована для корректирования траектории движения полуприцепа. В режиме же экстренного торможения в работе тормозной системы полуприцепа задействованы все оси полуприцепа.



Рис.1. Структурная схема контроллера ЭСУДДАП

Информация на контроллер ЭСУДДАП поступает с пяти датчиков (рис.1). С тахогенератора и датчиков угловой скорости колес на PIC процессор поступает импульсный сигнал о скорости движения автопоезда, а с остальных датчиков — аналоговые сигналы.

В качестве выходных ключей управления работой модуляторов рабочей и вспомогательной тормозных систем используются интеллектуальные ключи фирмы Siemens.

Контроллер ЭСУДДАП имеет FLASH память, где записываются коэффициенты передачи для расчета скорости движения, информация о сбоях, коэффициенты для работы системы адаптации контроллера. Обмен данными на автопоезде осуществляется через CAN шину по стандартному ISO 11992 интерфейсу.

В работе контроллера ЭСУДДАП реализуются алгоритмы нечеткой логики [3]. Процедуры обработки входной информации состоят из ее оцифровки, интегрирования, фазификации, обработки правилами и дефазификации. Параллельно с этими процедурами работает программа интерполятора, прогнозирующая развитие процесса движения автопоезда и фиксирующая возникновение критических ситуаций.

Применительно к случаю предотвращения опрокидывания автопоезда реализация аппарата нечеткой логики и алгоритм управления строится следующим образом.

1. Определение входных множеств суждений.

Параметр «СКОРОСТЬ» представляем четырьмя термами: МАЛАЯ, СРЕДНЯЯ, ВЫСОКАЯ, ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ, показанными на рис.2. Для каждого терма имеем функцию принадлежности, которая может принимать значения от 0 (суждение отсутствует) до 1 (суждение присутствует полностью).

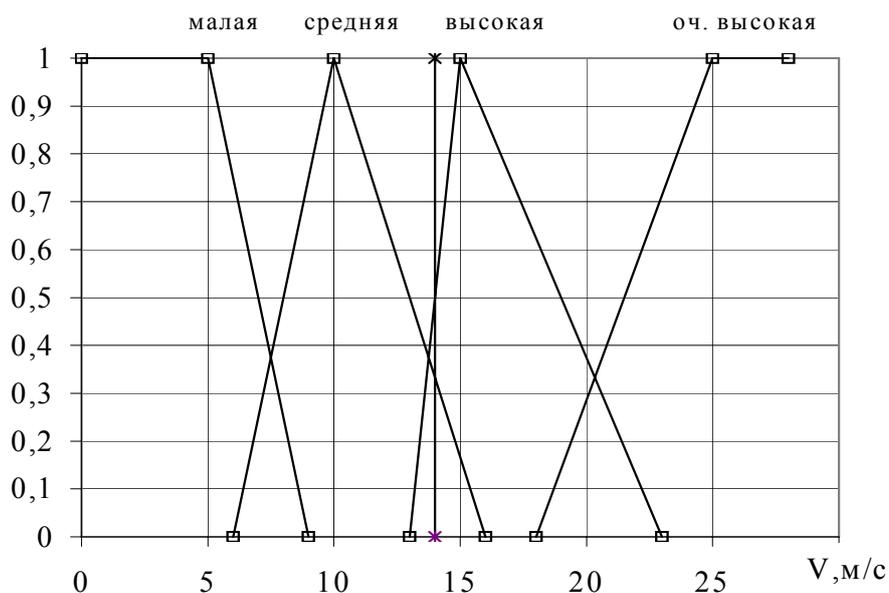


Рис.2. Множество суждений о скорости

Пример преобразования четких данных в нечеткие представлен табл.1.

Таблица 1

Суждения о скорости автопоезда при $V = 14$ м/с

МАЛАЯ	СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	ОЧ. ВЫСОКАЯ
0,0	0,35	0,5	0,0

Из таблицы видно, что при преобразовании четких данных о скорости движения автопоезда в нечеткие максимальное значение весового коэффициента имеет значение «ВЫСОКАЯ».

Аналогичным образом определяются входные множеств суждений о параметрах «Угол поворота рулевого колеса», «Режимный коэффициент».

2. Написание правил нечеткого контроллера.

Рассмотрим пример написания правил выбора управляющего воздействия ЭСУДДАП с использованием нечеткого контроллера.

Таблица 2

Пример написания правил нечеткого контроллера при скорости движения автопоезда 14м/с, угле поворота управляемых колес тягача $3,5^\circ$ и режимном параметре K_{Π} (угле поворота рулевого колеса на единицу пройденного пути) 0,007рад/с

IF	Скорость средняя (0,35)	AND	Угол малый (0,2)	AND	K_{Π} малый (0,15)	THEN	Никакого воздействия
IF	Скорость высокая (0,5)	AND	Угол малый (0,2)	AND	K_{Π} малый (0,15)	THEN	Никакого воздействия
IF	Скорость высокая (0,5)	AND	Угол средний (0,5)	AND	K_{Π} малый (0,15)	THEN	Уменьшение подачи топлива
IF	Скорость средняя (0,35)	AND	Угол средний (0,5)	AND	K_{Π} малый (0,15)	THEN	Никакого воздействия

Для правил с одинаковыми воздействиями выполнится то воздействие, которое имеет большую силу. Сила воздействия меняет свою величину от 0 (воздействие минимальное) до 1 (воздействие максимальное). Для данного примера по выходным нечетким данным, полученным после обработки входной информации табл.3., управляющим воздействием, имеющим наибольший весовой коэффициент, является «уменьшение подачи топлива», что приведет к снижению скорости движения автопоезда и уменьшению вероятности возникновения критической ситуации.

Таблица 3

Суждения о виде и величине воздействия

Никакого воздействия	Уменьшение подачи топлива	Вспомогательная тормозная система	Рабочая тормозная система
0,2	0,5	0,0	0,0

Для удобства написания правил нечеткой логики и отладки алгоритма управления ЭСУДДАП разработана программа «СПО 2.3». Внешний вид окна настройка правил нечеткой логики представлен на рис.3. Данная программа позволяет быстро и удобно написать правила для алгоритма работы нечеткого контроллера.



Рис.3. Окно настройки правил нечеткой логики.

С помощью программы оптимизации терм нечеткого контроллера (рис.4), в которой в качестве исходных (начальных) используются данные о режиме движения автопоезда и его конструктивных параметрах, оптимизируется форма и параметры терм, описывающих значения переменных «Скорость автопоезда», «Режимный коэффициент» и др., влияющих на поведение автопоезда в заданных дорожных условиях, рассчитываются области возникновения критической ситуации и определяются необходимые управляющие воздействия.

Используя входные параметры (угол поворота управляемых колес тягача, скорость автопоезда), а также информацию от датчика поперечного ускорения полуприцепа, встроенного в модулятор EBS, ЭСУДДАП обнаруживает, когда появляется опасность переворачивания. Тогда на колеса, движущиеся по внешней стороне поворота, подается тормозное давление и, таким образом, переворачивание прицепа предотвращается.

При обнаружении склонности к заносу полуприцепа корректируется траектория движения автопоезда с помощью его задней поворотной оси. Торможение поворотной осью в этом режиме не осуществляется, что позволяет реализовывать максимально возможные по сцеплению боковые силы.

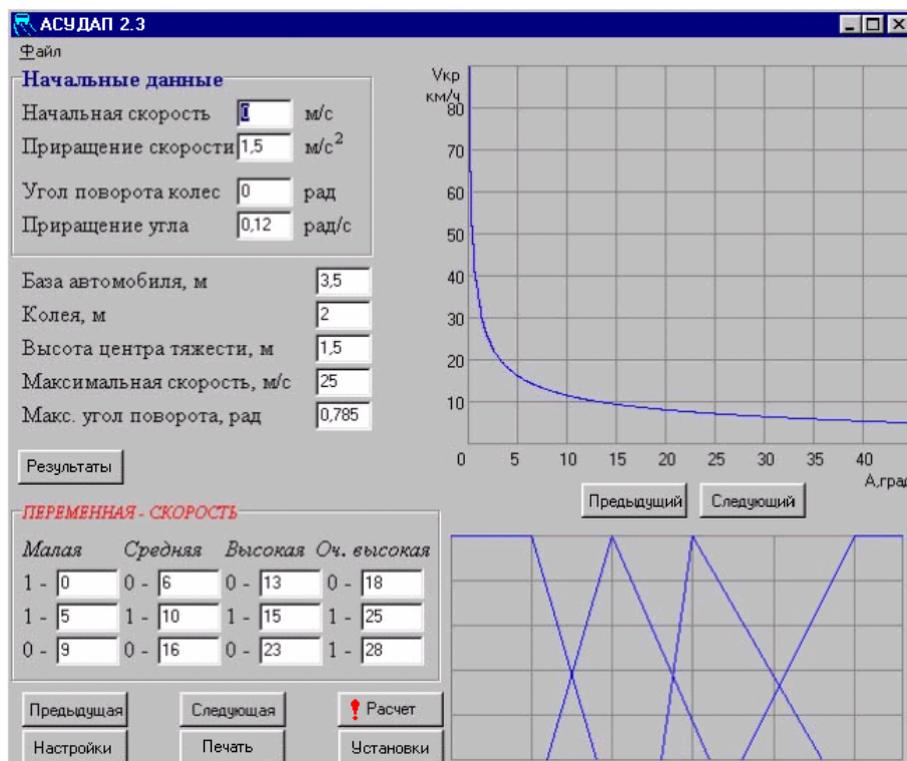


Рис.4. Общий вид окна программы оптимизации терм нечеткого контроллера

Выводы

Разработан алгоритм для электронной системы управления динамикой движения автопоезда, позволяющий повысить активную безопасность автопоезда. При этом повышение поперечной устойчивости (предохранение от опрокидывания) осуществляется за счет торможения полуприцепа, а повышение курсовой устойчивости в сложных дорожных условиях (движение на дороге с минимальным коэффициентом сцепления) — за счет боковых сил, создаваемых третьей управляемой осью полуприцепа.

1. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. М.: Машиностроение, 1971. 416 с.
2. Автомобильный справочник / Пер. с англ. М.: За рулем, 1999. 896 с.
3. Прикладные нечеткие системы / Пер. с яп. К.Асаи, Д.Вагада, С.Иваи и др. М.: Мир, 1993. 368 с.