

УДК 004.8: 629.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ АВТОМОБИЛЯ С ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

В.П. ТАРАСИК, С.А. РЫНКЕВИЧ

*Могилевский государственный технический
университет, Республика Беларусь*

Потенциальные свойства автомобиля в реальных условиях эксплуатации не используются в полной мере, что снижает его эффективность. Это объясняется влиянием окружающей среды, создаваемыми этой средой помехами, а также несовершенством применяемых систем управления. Автоматизация позволяет в значительной степени улучшить показатели эффективности автомобиля, однако, как показывает опыт, полный учет всевозможных факторов могут обеспечить лишь адаптивные автоматизированные системы управления (АСУ), учитывающие внешнюю среду и человека как неотъемлемого звена системы. АСУ призваны принимать правильные решения по управлению энергетическими режимами автомобиля и обеспечивать его безопасность, устойчивость, управляемость. Для этого такие системы должны использовать большой объем информации, обрабатывать эту информацию в режиме реального времени и обладать свойствами, присущими логическому мышлению человека. Такие системы называют интеллектуальными системами управления (ИСУ). При их создании возникают проблемы разработки методики синтеза алгоритмов и программного обеспечения [1].

Решение указанных проблем осуществлялось на основе использования принципов теории искусственного интеллекта (ТИИ) и теории нечетких множеств (ТНМ). Для этого разработана специальная методика (рис. 1). На первом этапе на основе математического моделирования движения получают ядро алгоритма, т. е. базовые характеристики управления для типового режима функционирования автомобиля. Они составляют основную (базовую) программу управления энергетическими режимами и представляют собой характеристики, оптимальные по тем или иным критериям. Полученные базовые характеристики на втором этапе синтеза адаптивного алгоритма подвергаются корректировке.

В процессе имитационного моделирования автомобиль рассматривается как система с сосредоточенными параметрами, функционирующая в условиях внешней среды, оказывающей многофакторные случайные воздействия. Физические свойства объекта автоматизации описываются системой обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений [2]. Сложность теоретической математической модели не позволяет в приемлемые сроки решать поставленные проблемы, поэтому для построения алгоритма функционирования АСУ, оценки показателей качества и эффективности автомобиля целесообразно использовать экспериментальные факторные модели. Их получают, базируясь на теории планирования эксперимента. При этом проводится планируемый вычислительный эксперимент на основе теоретической математической модели. В результате получают следующие регрессионные модели, связывающие критерии оптимальности с управляемыми параметрами:

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j x_j + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n b_{jk} x_j x_k + \sum_{j=1}^n b_{jj} x_j^2,$$

где x_i – компоненты вектора варьируемых параметров; n – их число.

В качестве управляемых параметров, варьируемых в процессе эксперимента, принимаются скорости автомобиля, при которых переключают передачи, и параметры воздействия водителя на органы управления двигателем и трансмиссией. Имитируется движение в типовых дорожных условиях, характерных для исследуемого автомобиля. По полученным регрессионным моделям производится оптимизация характеристик АСУ по выбранному критерию. Эти характеристики составляют базовую программу ИСУ.

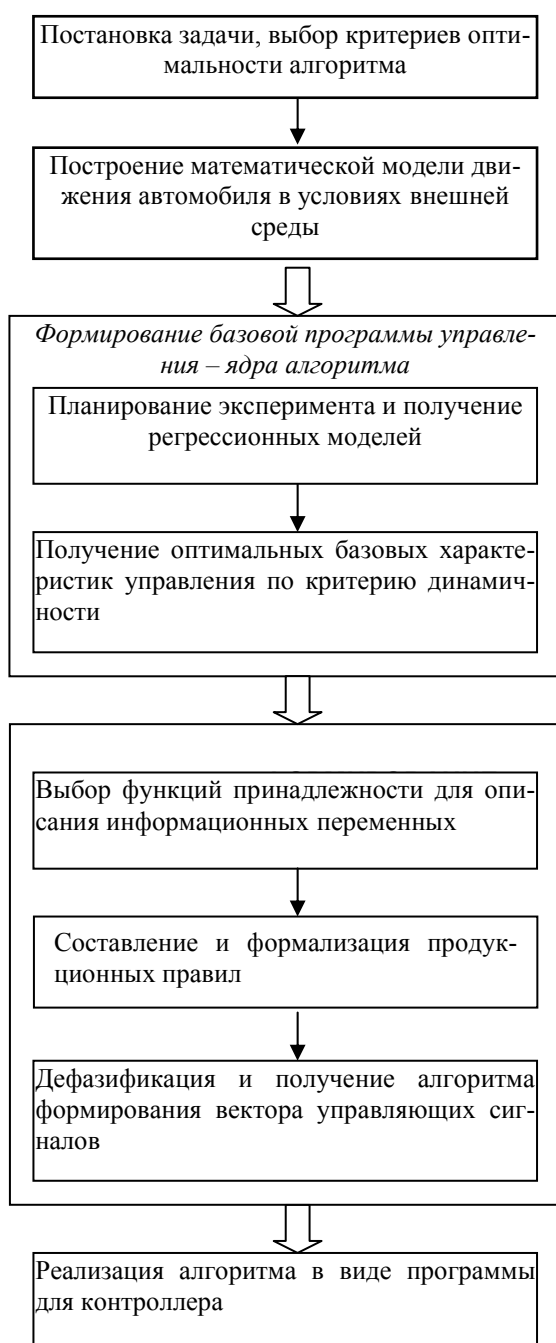


Рис. 1. Методика синтеза адаптивных алгоритмов управления

На следующем этапе синтеза формируют адаптивный алгоритм. Здесь базовую программу управления необходимо трансформировать, наполнив ее интеллектуальными качествами и наделив способностью принимать решения, свойственные логике мышления человека. Адаптация алгоритма к реальным условиям движения осуществляется на основе большого объема информации. При этом учитываются следующие факторы: параметры характеристик дорожных условий; внезапные препятствия движению, обусловленные внешней средой и объектами транспортного потока; нестандартные и опасные дорожные ситуации; особенности управления автомобилем, обусловленные стилем вождения; уровень загрузки автомобиля; параметры скоростных режимов движения; реакции автомобиля на управляющие воздействия; допустимые скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя и механизмов трансмиссии; пределы безопасных режимов движения в реальных дорожных условиях. Собираемую информацию отображают соответствующими информационными переменными, которые в адаптивном алгоритме представляются в виде нечетких множеств и описываются функциями принадлежности. Затем составляются и формализуются продукционные правила. На их основе осуществляется оценка влияния различных факторов на необходимость корректировки базовой программы и формируется однозначный управляющий сигнал на основе процедуры дефазификации. Полученный алгоритм реализуется в виде программы для контроллера АСУ. Использование принципов ТИИ позволяет создать алгоритм работы контроллера системы управления, обеспечивающий высокое быстродействие и функционирование в режиме реального времени. Практически данная ИСУ реализована посредством специализированного контроллера на микропроцессорах фирмы Fujitsu MB90F543 с дополнительной внешней памятью до 16 Мб и с внешним сопроцессором. Такая конфигурация позволяет, во-первых, сохранять все промежуточные результаты преобразований согласно алгоритмам обработки нечеткой информации, во-вторых, ускорить выполнение операций умножения с плавающей точкой.

В Могилевском государственном техническом университете проводятся разработки и исследования ИСУ энергетическими режимами двигателя и трансмиссии карьерного автосамосвала БелАЗ грузоподъемностью 55 т и городского автобуса МАЗ полной массой 18 т и вместимостью 100 человек. Эти автомобили оснащены дизельными двигателями и гидромеханическими трансмиссиями.

Исследования по выбору структуры ИСУ и алгоритма ее функционирования проводились путем математического моделирования процессов движения автомобилей по типовым маршрутам. Для автосамосвала выбран 3-километровый маршрут карьера ПО «Гранит» г. Микашевичи с максимальными уклонами 8 %, в котором эксплуатируются автомобили данного типа, а для городского автобуса – конкретный городской маршрут длиной 6800 м, включающий участки дороги с различными характеристиками, остановки и административные ограничения. Типовые маршруты представлены в виде совокупности участков, каждый из которых характеризуется продольным уклоном и радиусом кривизны.

Выбраны следующие информационные переменные: скорость v и ускорение \dot{v} автомобиля, положения педалей акселератора γ_a и тормоза γ_m и скорости их изменения $\dot{\gamma}_a$ и $\dot{\gamma}_m$, номер N_n включенной передачи, величина продольного уклона h . Информационные переменные γ_a и γ_m описаны с помощью линейных функций принадлежности предпосылок, $\dot{\gamma}_a$, $\dot{\gamma}_m$, \dot{v} и h – с помощью S -образных функций. В качестве функций принадлежности заключений, характеризующих программные значения переключений на высшие и низшие передачи, приняты A -образные функции [1, 3]. Каждая такая функция имеет по три лингвистических переменных, харак-

теризующих ранние, средние и поздние переключения. Обработка переменных осуществлялась 30 продукционными правилами, наделяющими алгоритм свойством адаптивности и позволяющими одновременно учесть изменение большого количества информации. Для формирования управляющих сигналов на переключение передач использовалась нечеткая модель, реализующая метод Мамдани [4].

На рис. 2 представлен пример графического описания функциями принадлежности нечетких множеств СР «нажатие на педаль» («clicking a pedal») (а) и РСР «темпа нажатия на педаль» («pace of clicking on a pedal») (б). Они характеризуют стиль вождения. Первая функция принадлежности (СР) имеет две лингвистические переменные: «g» и «s» (слабое и сильное нажатие – gentle and strong clicking), а вторая (РСР) – три: «f», «sl» и «vs» (быстро, медленно и очень медленно – fast, slowly and very slowly). Аналогично описываются остальные информационные переменные [1, 4]. Нечеткое множество СР характеризует степень воздействия водителя на педаль акселератора или тормоза. Нечеткое множество РСР характеризует темп нажатия на ту или иную педаль, что выражает быстроту реакции водителя на изменение дорожной обстановки или определяет стиль вождения.

На рис. 3 представлены графики, имитирующие процессы разгона и замедления автобуса по городскому маршруту с переключением передач $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow III \rightarrow II \rightarrow I$ (v – скорость автобуса, N – номер включенной передачи) и графики изменения сформированных управляющих сигналов переключения на высшие Z_{01} / Z_p и низшие Z_{02} / Z_p передачи (базовое программное значение Z_p принято равным 1). Анализ графиков показывает, что при движении автобуса происходит непрерывное изменение во времени значений управляющих сигналов Z_{01} / Z_p и Z_{02} / Z_p . Значения Z_{01} / Z_p и Z_{02} / Z_p вводятся в базовую программу как корректирующие коэффициенты, в результате чего осуществляется адаптации алгоритма управления к реальным условиям. Аналогичные процессы прослеживаются при движении большегрузного автомобиля по маршруту.

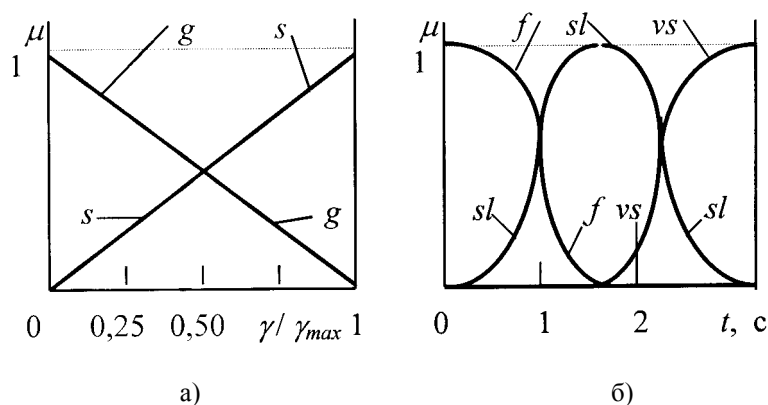


Рис. 2. Нечеткие множества: а – < СР >; б – < РСР >

Для оценки эксплуатационной эффективности автомобилей при движении по маршрутам использованы следующие критерии: средняя скорость движения v_{cp} (м/с), средний путевой расход топлива на маршруте Q_s (л/100 км) и удельная производительность WQ_s (кг·м/с)/(л/100 км). Произведено по несколько заездов по маршруту с управлением по базовым неадаптивным характеристикам и с управлением, наделенным интеллектуальными свойствами. В процессе исследований была оценена эффективность ИСУ и получены следующие результаты. Они приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режим движения	Параметры					
	Средняя скорость v_{cp} , (м/с)		Путевой расход топлива Q_s , (л/100км)		Удельная производительность $W Q_s$, (кг·м/с)/(л/100км)	
	Большегрузный автомобиль	Городской автобус	Большегрузный автомобиль	Городской автобус	Большегрузный автомобиль	Городской автобус
С интеллектуальным управлением	6,87	—	377,2	36,4...36,9	1001,7	920,2..924,9
Без интеллектуального управления	6,51	—	399,8	39,91	895,57	844,16
Характеристика увеличения (уменьшения) параметра	1,055	—	1,06	1,08...1,09	1,12	1,09...1,10

Установлено, что при интеллектуальном адаптивном управлении автомобилями на маршруте по сравнению с управлением по программе, не обладающей адаптивными свойствами, наблюдается улучшение основных эксплуатационных параметров. Средний путевой расход топлива у автобуса снижается на 8–9 % и у автосамосвала на 6 %, удельная производительность автобуса возрастает на 9–10 %, автосамосвала на 12 %. Средняя скорость большегрузного автомобиля возрастает на 5,5 %. Это обусловлено своевременным текущим смещением программных значений на переключение передач в зависимости от изменения фаз движения (разгона, замедления), значений ускорения автомобиля, продольного уклона дороги и управляющих воздействий водителя.

В сложных дорожных условиях (горная местность, извилистая дорога, внезапное возникновение помех) водитель вынужден резко изменять управляющие воздействия (сброс педали акселератора, экстренное торможение). Неадаптивные системы в таких условиях формируют неадекватные сигналы управления, что может привести к недопустимым режимам работы двигателя и механизмов трансмиссии, возникновению аварийных ситуаций. При этом снижается надежность конструкции и безопасность движения автомобиля. Поэтому алгоритм ИСУ должен распознавать такие условия и обеспечивать парирование ложных сигналов управления переключением передач. В частности, для карьерных автосамосвалов при движении на крутых спусках не допускается переключение на высшие передачи, выключение передачи, ограничивается максимальная угловая скорость двигателя. При моделировании движения карьерного автосамосвала предусматривались резкие изменения уклонов дороги, крутые повороты и единичные препятствия.

Для оценки способности ИСУ распознавать упомянутые режимы использовались следующие показатели: коэффициент распознавания, коэффициент погрешности идентификации ситуации, быстродействие принятия решения, коэффициент прогнозирования опасных ситуаций. Адаптивная система обеспечила высокие значения этих показателей.

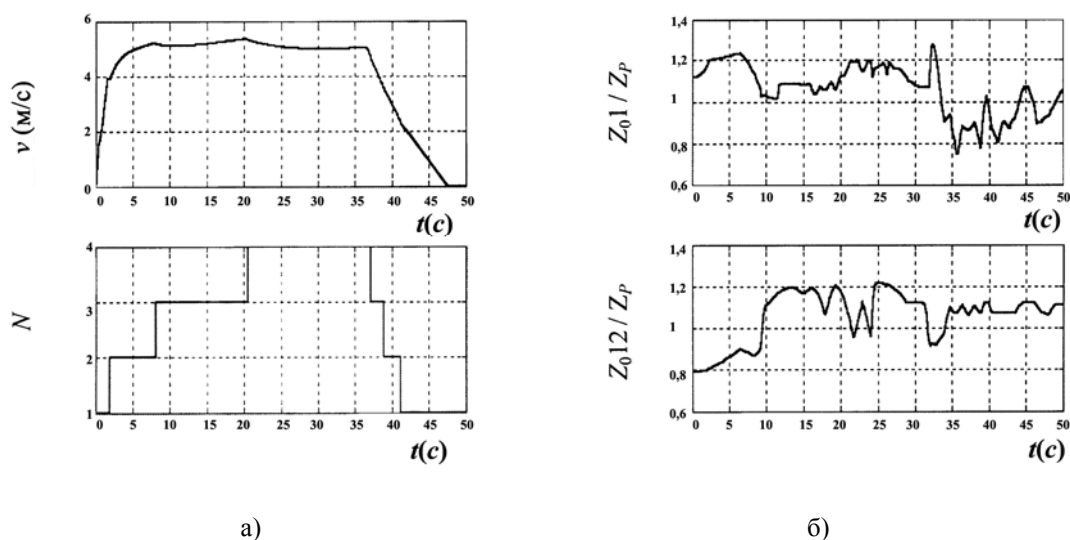


Рис. 3. Графики, имитирующие процессы разгона и замедления автобуса по маршруту

Разработанная методика синтеза использована при создании адаптивных алгоритмов ИСУ энергетическими режимами упомянутых выше автомобилей. В процессе исследований на математических моделях с имитацией внешних условий, управляющих воздействий водителя и режимов движения автомобилей с гидромеханической трансмиссией получены результаты, позволяющие прогнозировать повышение скоростных свойств, топливной экономичности и безопасности автомобилей с интеллектуальным управлением. Создан и испытан опытный образец ИСУ для карьерного автосамосвала БелАЗ.

Литература

1. Тарасик В.П. Проблемы создания интеллектуальных систем управления автотранспортными средствами /В.П. Тарасик, С.А. Рынкевич //Весті НАН РБ, сер. Фіз.-тэхн. навук. – 2001. – № 3. – С. 37-51.
2. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. – Мн.: Дизайн-ПРО, 1997. – 640 с.
3. Тарасик В.П. Интеллектуальная система управления автомобилем /В.П. Тарасик, С.А. Рынкевич //Автомобильная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 10-13.
4. Прикладные нечеткие системы /Пер. с япон. К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи и др. – М.: Мир, 1993.

Получено 11.10.2002 г.