

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

А.А. СЛАВИНСКИЙ, С.А. РЫНКЕВИЧ

В статье рассмотрен процесс проектирования автоматической коробки передач легкового автомобиля класса *B* с выбором ее оптимальных параметров и разработкой интеллектуальной системы управления переключением ступеней.

Ключевые слова: коробка передач, фрикцион, интеллектуальная система управления, нечеткая логика.

### 1. Выбор типа коробки передач

Стремление автомобильной промышленности к 2008 г. резко снизить общую токсичность отработавших газов и уровень выбросов  $CO_2$  привело к соответствующим тенденциям в области конструирования современных коробок передач. Естественное желание потребителей сэкономить и одновременно получить более комфортный и удобный автомобиль способствовало появлению большого количества вариантов неавтоматизированных и автоматических коробок передач. Используемые основные типы КП следующие: механические ступенчатые, автоматизированные ступенчатые, коробки передач с двухпоточным сцеплением, автоматические и бесступенчатые коробки.

**Таблица 1. Анализ типов коробок передач**

	Критерии оценки КП	Механическая	Автоматическая (планетарная)	Автоматизированная механическая	С двухпоточным сцеплением	Бесступенчатая
1	Удобство управления	3	5	5	5	5
2	Стоимость КП, ремонта	5	3	4	4	4
3	Сложность конструкции, материалоемкость	4	3	4	4	5
4	КПД КП	5	3	5	5	3
5	Масса КП	4	3	4	4	5
6	Прерывание силового потока	2	5	3	5	5
7	Возможность передачи больших моментов двигателя	5	5	5	5	2
8	Простота обслуживания	4	3	4	3	4
9	Экономичность	3	4	4	5	5
10	Экологичность	3	4	5	5	5
	Сумма баллов	38	38	43	45	43

На основе проведенного анализа всех видов КП (таблица 1) в качестве наиболее перспективного варианта выбрана КП с двумя сцеплениями.

Выбранная КП представляет собой обыкновенную механическую КП, а сцепление выполнено в виде фрикционной муфты.

В проектировании автоматической КП с ИСУ переключением ступеней выделим два важных этапа, на которые мы уделим наше внимание: выбор оптимальных параметров сцепления и непосредственная разработка ИСУ.

## 2. Выбор оптимальных параметров сцепления

Фрикционная муфта очень сложный и дорогостоящий узел, поэтому его проектированию уделяется наибольшее внимание. Наиболее уязвимыми являются фрикционные диски, так как они работают в условиях больших нагрузок и кратковременных перегрузок (как механических, так и тепловых). Поэтому для оценки влияния тех или иных параметров была составлена математическая модель трансмиссии, которая состоит из четырех сосредоточенных масс, двух фрикционных элементов, одного упругого, диссипативного и трансформаторного элементов (рисунок 1) [2].

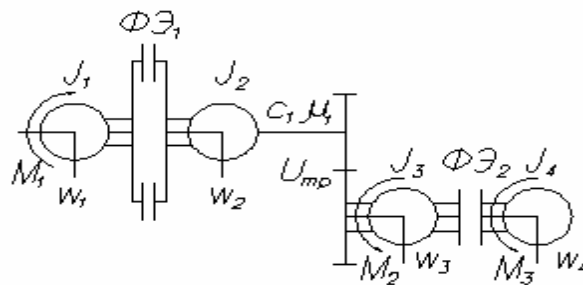


Рис.1. Динамическая модель

Описание динамической модели: ФЭ1 – фрикционный элемент, учитывающий работу сцепления; ФЭ2 – фрикционный элемент, учитывающий сцепление ведущих колес с дорогой; J1 – приведенный момент инерции, учитывающий инерционные свойства маховика двигателя и деталей двигателя, кинематически связанных с маховиком, включая ведущие части сцепления; J2 – приведенный момент инерции, учитывающий инерционные свойства деталей ведомой части сцепления и вращающихся деталей коробки передач; J3 – приведенный момент инерции, учитывающий инерционные свойства вращающихся деталей ведущих мостов и шин ведущих колес; J4 – приведенный момент инерции, учитывающий инерционные свойства поступательно движущейся массы автомобиля, а также инерционные свойства вращающихся масс ведомых колес; M1 – внешнее воздействие, соответствующее моменту двигателя; M2 – внешнее воздействие, соответствующее моменту сопротивления качению ведущих колес; M3 – внешнее воздействие, соответствующее суммарному моменту сопротивления подъема и воздуха; C1 – коэффициент жесткости, учитывающий упругие свойства трансмиссии;  $\mu_1$  – коэффициент сопротивления, учитывающий диссипативные свойства трансмиссии.

Для построения математической модели использовали структурно-матричный метод [2]. В результате получили систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{d\omega_1}{dt} = \frac{M_1 - M_{r1} - M_{г1}}{J_1 + J_2} \text{ if } L_1 = 0$$

$$\frac{d\omega_1}{dt} = \frac{M_1 - M_{\Phi 1} \cdot \text{sign}(\omega_1 - \omega_2)}{J_1} \text{ if } L_1 = 1$$

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} \text{ if } L_1 = 0$$

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \frac{M_{\phi 1} \cdot \text{sign}(\omega_1 - \omega_2) - M_{y1} - M_{\pi 1}}{J_2} \text{ if } L_1 = 1$$

$$\frac{d\omega_3}{dt} = \frac{M_{y1} + M_{\pi 1} \cdot U_{\text{тр}} \cdot \text{КПД}_{\text{тр}} - M_2 - M_3}{J_3 + J_4} \text{ if } L_2 = 0$$

$$\frac{d\omega_3}{dt} = \frac{M_{y1} + M_{\pi 1} \cdot U_{\text{тр}} \cdot \text{КПД}_{\text{тр}} - M_{\phi 2} \cdot \text{sign}(\omega_3 - \omega_4) - M_2}{J_3} \text{ if } L_2 = 1$$

$$\frac{d\omega_4}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} \text{ if } L_2 = 0$$

$$\frac{d\omega_4}{dt} = \frac{M_{\phi 2} \cdot \text{sign}(\omega_3 - \omega_4) - M_3}{J_4} \text{ if } L_2 = 1$$

$$M_{y1} = c_1 \cdot (\omega_2 - \omega_3 \cdot U_{\text{тр}}),$$

Математическое описание позволяет проводить нам теоретические эксперименты. В качестве управляемых параметров были взяты: коэффициент запаса трения сцепления, площадь трения дисков и время буксования нарастания усилия сжатия. В качестве оценочных параметров взяты: время буксования сцепления, температура дисков, мощность и удельная работа буксования. В результате проведения теоретических экспериментов были получены графические зависимости, которые показывают конфликтность оценочных параметров. В результате дальнейшей оптимизации получим оптимальные значения управляемых параметров, которые учтем при конструировании фрикционной муфты.

### 3. Проектирование интеллектуальной системы управления переключением ступеней коробки передач

При проектировании ИСУ возможны два пути: разработка ИСУ на основе нечеткой логики и на основе булевой логики. Несмотря на сложность программного обеспечения, возможностью к адаптации нечеткая логика опережает булеву. Общая структура ИСУ представлена на рисунке 2.

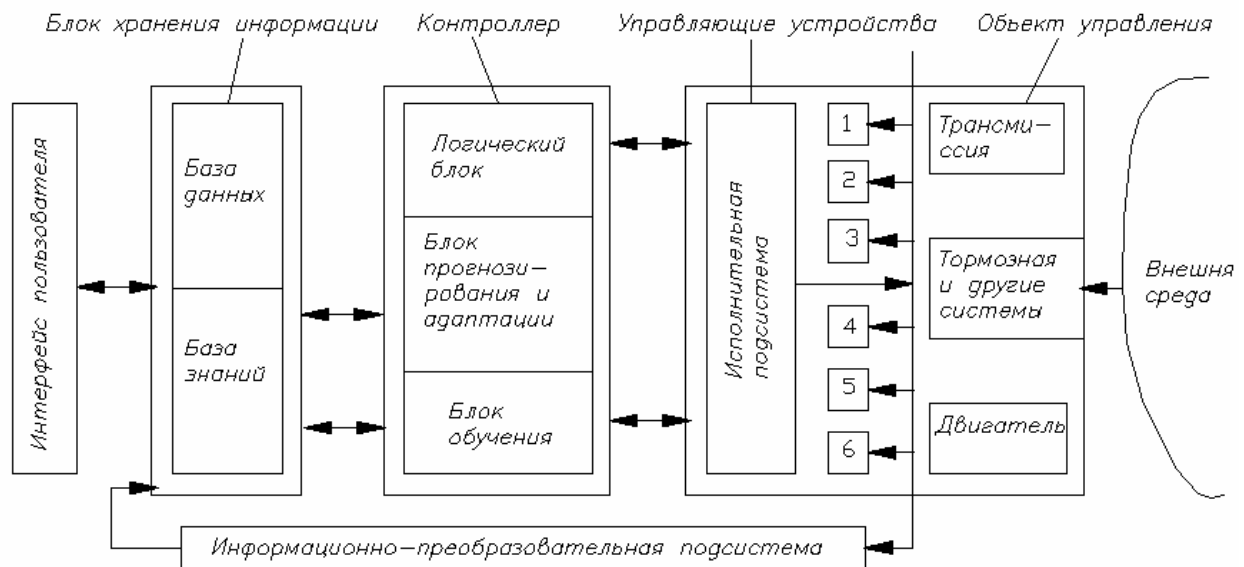


Рис.2. Функциональная схема ИСУ

Информация с датчиков поступает через информационно-преобразовательную подсистему в нечеткий контроллер, где в два этапа (распознавание программы управления и непосредственное переключение ступени КП) осуществляется вывод четкого сигнала управления. Сигнал поступает к электромагнитным клапанам, которые ответственны за подачу масла гидроцилиндрам управления синхронизаторами и в рабочие полости сцепления.

Как было отмечено выше, вывод четкого решения происходит в два этапа. На первом этапе необходимо распознать тип программы управления переключением передач (экономичная или динамичная). Это осуществляется при помощи встроенной программы. Для этого необходимо получить информацию с датчиков о переменных: ускорения автомобиля, положения педали акселератора и скорости нажатия на педаль акселератора. Переменные нормируются, а затем, используя функции принадлежности и анализируя продукционные правила, осуществляется выбор программы управления. Принцип работы программы показан на рисунке 3.

Продукционные правила нечеткой логики выглядят следующим образом:

1. If (gamma is l) and (gamma\* is l) and (a is l) then (programm is dinam)(1)
2. If (gamma is l) and (a is l) then (programm is dinam)(1)
3. If (gamma is l) and (a is vl) then (programm is dinam)(1)
4. If (gamma is l) and (gamma\* is l) and (a is vl) then (programm is dinam)(1)
5. If (gamma is m) and (gamma\* is m) and (a is m) then (programm is dinam)(1)
6. If (gamma is l) and (gamma\* is m) and (a is s) then (programm is dinam)(1)
7. If (gamma is s) and (gamma\* is s) and (a is vs) then (programm is econom)(1)
8. If (gamma is s) and (a is vs) then (programm is econom)(1)
9. If (gamma is s) then (programm is econom)(1)
10. If (gamma is m) and (gamma\* is s) and (a is vs) then (programm is econom)(1)

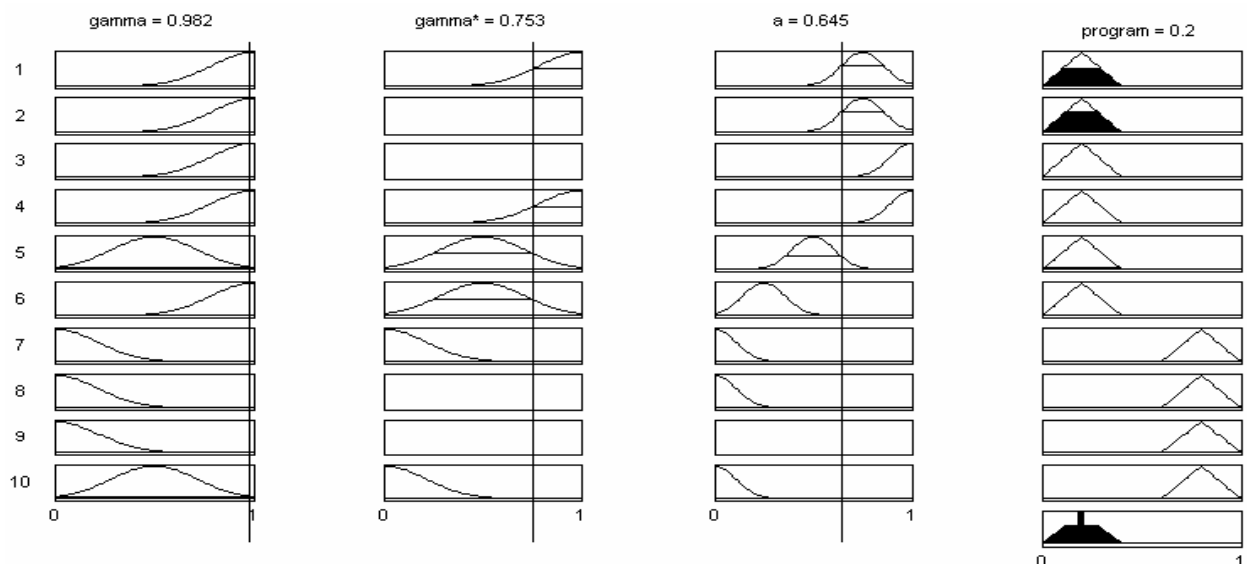


Рис.3. Распознавание программы управления (динамичная программа)

После распознавания программы управления необходимо организовать процесс переключения передач. Для этого был разработан алгоритм управления с использованием нечеткой логики. Он позволяет реализовывать одну из характеристик переключения передач (зависимость положения педали акселератора от скорости автомобиля): экономичную или динамичную программы.

Алгоритм управления КП включает в себя ядро алгоритма, т. е. последовательность операций управления трансмиссией в соответствии с базовыми характеристиками, и алгоритм адаптации с применением ТИИ и ТНМ. Алгоритм управления КП в общем случае может быть представлен разными режимами управления. При выборе режима движения автомобиля водитель по своему усмотрению может задать динамичный или экономичный режим движения. Режим движения может быть выбран автоматически исходя из анализа степени нажатия водителем педали акселератора.

#### Литература

1. *Тарасик В.П.* Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / *В.П.Тарасик, С.А.Рынкевич* – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 510 с.
2. *Тарасик В.П.* Математическое моделирование технических систем. — Мн.: Дизайн-ПРО, 1997. – 640 с.: ил.

#### **Славинский Артур Александрович**

Магистрант кафедры “Автомобили”

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(29) 240-30-72

#### **Рынкевич Сергей Анатольевич**

канд. техн. наук, доцент кафедры “Автомобили”

Белорусско-Российский университет, г. Могилев

Тел.: +375(29) 740-15-20

E-mail: [rynkev@tut.by](mailto:rynkev@tut.by)