

Потери мощности на качение у трактора с серийной подвеской выше, чем с опытной, причем разница в значениях P_f увеличивается с ухудшением качества опорной поверхности. Это обусловлено меньшей жесткостью и большим ходом опытной подвески, обеспечивающим снижение СКО нормальных реакций дороги σ_d . В частности, при $\sigma_d = 10$ мм значение $\sigma_{F_{\text{ш}}}$ снижается с 1710 Н до 944 Н. При использовании простейшей линейной зависимости $F_f(F_{\text{ш}})$ значения P_f для серийной и опытной подвесок практически одинаковы, что свидетельствует о непригодности этой зависимости для статистического анализа мощностного баланса тракторного агрегата. Ошибка вычислений при этом возрастает с увеличением жесткости подвески и σ_d .

Проведенные исследования показывают, что при анализе мощностного баланса трактора необходимо учитывать нелинейные характеристики подвески и шины, а также нелинейную зависимость $F_f(F_{\text{ш}})$.

Результаты теоретических исследований подтверждаются лабораторно-полевыми испытаниями, проведенными в Могилевском машиностроительном институте и изложенными в работе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Т а р а с и к В.П. Проектирование колесных тягово-транспортных машин. — Мн., — 1984.
2. К у т ь к о в Г.М. Тяговая динамика тракторов. — М., 1980.
3. С о б о л е в с к и й А.Р., Т а р а с и к В.П. Влияние параметров подвески на энергетический баланс колесного трактора класса 14 кН // Динамика и надежность мобильных с.-х. машин // Тез. докл. обл. семинара-совещ. — Гомель, 1983. — С. 90—94.
4. Колесные тракторы для работы на склонах / П.А.Амельченко, И.П.Ксенович, В.В.Гуськов и др. — М., 1978.

УДК 629.113-598

О.Б.КАПЕЛИН, Ф.Л.ПЕКЕР

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ

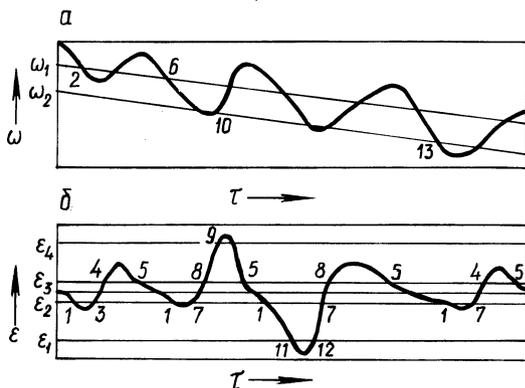
Для анализа различных алгоритмов управления антиблокировочными тормозными системами (АБС) разработан программный модуль (ПМ), позволяющий моделировать на ЭВМ процесс торможения автомобиля с гидравлической АБС.

Программный модуль включает головную программу (в которой выполняются ввод исходных данных, организация вычислений и построение графиков на АЦПУ) и ряд подпрограмм, где моделируются колесо автомобиля [1], тормозной гидропривод [2], логика работы АБС, а также обеспечивается печать результатов вычислений. Подпрограмма моделирования гидропривода дает возможность выполнять расчет его динамики без учета, а также с учетом сжимаемости рабочей жидкости.

ПМ позволяет моделировать многофазовые алгоритмы функционирования АБС, работа которых построена на задании постоянных значений (уставок) по угловому ускорению (до четырех уставок) и по угловой скорости колеса (до двух уставок).

Рис. 1. Точки переключения фаз работы алгоритма управления АБС:

ω — угловая скорость колеса; ω_1 и ω_2 — пороговые значения угловой скорости колеса; ϵ — угловое ускорение (замедление) колеса; ϵ_1 — ϵ_4 — пороговые значения углового ускорения (замедления) колеса; τ — время



На рис. 1, а, б показано изменение во времени угловой скорости и углового ускорения ϵ колеса при работе АБС. Пересечения текущих значений ω и ϵ с линиями, определяющими уставки ω_1 и ω_2 ; $\epsilon_1, \dots, \epsilon_4$, образуют 13 характерных точек, которые соответствуют смене фаз работы алгоритма (табл. 1).

При достижении значений угловых замедлений (ускорений) или угловой скорости колеса, соответствующих какой-либо уставке, происходит смена фазы алгоритма в соответствии с моделируемым законом управления АБС.

При моделировании алгоритма разработчик АБС выбирает количество фаз и вид каждой фазы (подъем, сброс или отсечка давления), количество и вид уставок (по ω и по ϵ). Далее выбираются характерные точки (см. рис. 1), соответствующие той или иной фазе алгоритма (табл. 1). Перед выполнением расчетов в исходных данных указывается признак обработки той или иной фазы для конкретной точки.

Подпрограмма печати выдает следующие текущие значения параметров: время с начала торможения, продольное замедление оси колеса, угловая скорость и угловое ускорение (замедление) колеса, давление в колесном тормозном цилиндре, проскальзывание колеса и признак обрабатываемой фазы торможения.

С помощью данного ПМ моделировался пятифазовый алгоритм (табл.2).

В качестве исходных данных были приняты характеристики колеса автомобиля ВАЗ-2109. Один из вариантов расчета процесса его торможения на сухом асфальтовом покрытии приведен на рис. 2, а—в. Графики на рис. 3 позволяют оценить влияние уставок в алгоритме АБС и характеристик используемых шин на тормозной путь колеса.

Результаты расчета показывают, что при торможении колеса на однородной поверхности давление в тормозном приводе близко к некоторому значению, соответствующему оптимальному характеру торможения колеса без его блокирования. Амплитуда и частота колебаний зависят от параметров всей системы, но прежде всего от уровня уставок, которые определяют функционирование АБС. Расчетным путем определены уставки, позволяющие получить максимальную эффективность торможения колеса для пятифазового алгоритма работы АБС: $\epsilon_1 = -820 \text{ рад/с}^2$, $\epsilon_2 = -105 \text{ рад/с}^2$, $\epsilon_3 = 10 \text{ рад/с}^2$, $\epsilon_4 = 490 \text{ рад/с}^2$, $\omega_1 = 0,85\omega_a$, $\omega_2 = 0,7\omega_a$, где ω_a — скорость автомобиля, приведенная к скорости колеса.

Табл. 1. Отработка фаз работы алгоритма управления АБС

Наименование фазы	Номера точек (рис. 1)
Быстрый сброс давления	1, 2, 6, 11, 13
Медленный сброс давления	1, 2, 6, 7, 12, 13
Отсечка давления	1, 2, 3, 4*, 6, 7, 8, 10, 13
Медленный подъем давления	3, 5
Быстрый подъем давления	5, 9

* Возможен вариант, когда при достижении точки 4 команда не обрабатывается.

Табл. 2. Моделирование пятифазового алгоритма управления АБС

Наименование фазы	Номера точек (рис. 1)
Быстрый сброс давления	11
Медленный сброс давления	2, 12
Отсечка давления	1, 3, 8, 10
Медленный подъем давления	5
Быстрый подъем давления	9

ПМ позволяет оценить влияние используемых шин на процесс торможения колеса. Как видно из рис. 3, наименьший тормозной путь колеса автомобиля ВАЗ-2109 соответствует случаю использования шин со следующими характеристиками: $I_{\kappa} = 0,534 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{с}^2$, $c_z = 152,1 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$, $R_{\kappa.c} = 0,286 \text{ м}$ (I_{κ} — момент инерции колеса, c_z — нормальная жесткость, $R_{\kappa.c}$ — радиус качения в свободном режиме).

С помощью ПМ исследовано также влияние на процесс торможения

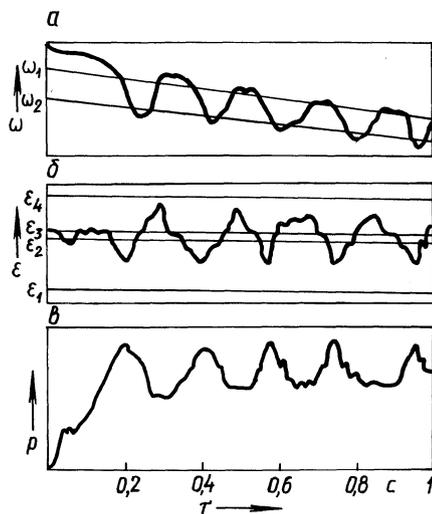
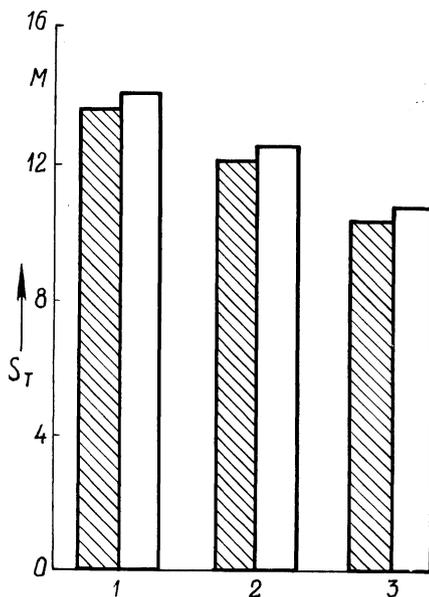


Рис. 2. Процесс торможения колеса автомобиля ВАЗ-2109 на сухом асфальте (p — давление рабочей жидкости в колесном тормозном цилиндре)

Рис. 3. Влияние типа шин на тормозной путь S_T колеса автомобиля ВА3-2109 с АБС:

1 - $I_{\kappa} = 0,493 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$, $c_z = 147,98 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$, $R_{\kappa.с} = 0,288 \text{ м}$; 2 - $I_{\kappa} = 0,534 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$, $c_z = 152,10 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$, $R_{\kappa.с} = 0,286 \text{ м}$; 3 - $I_{\kappa} = 0,551 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$, $c_z = 131,32 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$, $R_{\kappa.с} = 0,280 \text{ м}$;
 □ $\omega_1 = 0,22 \text{ рад/с}$, $\omega_2 = 0,40 \text{ рад/с}$;
 ▨ $\omega_1 = 0,15 \text{ рад/с}$, $\omega_2 = 0,30 \text{ рад/с}$



колеса автомобиля ряда параметров гидропривода АБС (диаметра поршня модулятора, длины и диаметров гидролиний, типа тормозной жидкости). С помощью ПМ можно выполнять анализ работы различных алгоритмов, а также выбирать конкретные значения параметров АБС (уставки по ω и ϵ , диаметр и длину гидролиний, диаметр поршня модулятора и т.п.).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Разработанный ПМ позволяет моделировать различные алгоритмы работы АБС. ПМ реализован на языке ПЛ/1 в операционной системе виртуальных машин.
2. Предлагаемый способ анализа и выбора характеристик алгоритма применим для расчета законов управления АБС, имеющих до четырех уставок по ускорению (замедлению) колеса и до двух уставок по его угловой скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. — М., 1986.
2. Метлюк Н.Ф., Аветушко В.П. Динамика пневматических приводов автомобилей. — М., 1980.