

В. М. Зотов, В. В. Бумагин, Т. Н. Зотова (Волгоград, ВолГУ, ВолГМУ). **Математическая модель автоматизированной тормозной системы колеса автомобиля.**

Основной задачей автоматизированной тормозной системы автомобиля является уменьшение его тормозного пути без потери управляемости автомобиля. Это достигается встроенной в тормозной механизм колеса антиблокировочной системой (АБС). С помощью АБС тормозной момент $M_{\text{тор}}$ на колесе меняется так, чтобы не допустить блокировки колеса и чтобы значение коэффициента продольного сцепления φ колеса с поверхностью дороги находилось вблизи своего максимального значения φ_m .

Существующие математические модели АБС представляют собой подпрограмму в рамках программы, реализующей численное решение математической модели процесса торможения колеса. В подпрограмме проверяется текущее значение коэффициента продольного проскальзывания S колеса и, если оно превышает некоторую заданную величину S^* , АБС «принимает решение» ослабить силу сжатия тормозных колодок на колесе. Недостатком таких моделей является увеличение громоздкости основной программы, а также относительно большое затрачиваемое время на команды сравнения и перехода на каждом цикле счета. Если решение осуществляется с контролем точности при начальном шаге интегрирования $\Delta t = 0,0001$ с. (наиболее оптимальный шаг при погрешности счета не выше исходных данных), то таких циклов сотни тысяч, что приводит к увеличению времени счета на 15% и более. Кроме того, в моделях АБС в виде подпрограмм не учтены следующие требования к автоматизированным тормозным системам: 1) тормозная система должна быть эффективна при любых режимах торможения автомобиля и на любых поверхностях дороги (существующие модели описывают движение колеса в режиме экстренного торможения); 2) наличие АБС в тормозном механизме предполагает, что, начиная с момента времени t^* , при котором $S = S^*$, значение $M_{\text{тор}}$ периодически меняется в некоторых заданных пределах с частотой работы электронного блока управления АБС (в существующих моделях амплитуда и монотонность функции $M_{\text{тор}}(t)$ определяется состоянием поверхности дороги).

Цель работы, представленной данным сообщением, — создание математической модели автоматизированной тормозной системы колеса, пригодной для описания различных режимов торможения автомобиля без указанных выше недостатков.

Рассмотрим **модель № 1 автоматизированной тормозной системы колеса**, представленной в виде степенной функции вида:

$$M^* = M_0(t^*)^n, \quad M_{\text{тор}} = M^* + \text{sign}(S^8 - S)M_0(t - t^*)^n, \quad (1)$$

где M_0 и n — эмпирические параметры, характеризующие скорость нарастания $M_{\text{тор}}$ на колесе; t^* — момент времени, при котором функция $\text{sign}(S^* - S)$ меняет значение ($t^* = 0$, если $t = 0$). Достоинство модели № 1 — упрощение программы, описывающей процесс торможения колеса, и уменьшение времени счета из-за отсутствия команд сравнения и перехода. Недостаток модели — зависимость частоты и амплитуды изменения $M_{\text{тор}}(t)$ от состояния поверхности дороги, что негативно сказывается на поперечной устойчивости движения колеса по поверхности типа «зебра» или «микст».

Для устранения этих недостатков в модели необходимо учесть работу электронного блока АБС, который изменяет значение $M_{\text{тор}}(t)$ в тормозном механизме с заданной частотой, превышающей частоту изменения типа поверхности дороги. В этом случае **модель № 2 автоматизированной тормозной системы колеса** можно представить совокупностью функций:

$$M_{\text{тор}} = \begin{cases} M_0 t^n, & \text{при } t \leq t^*, \\ M^*(1 + \mu \sin 2\pi\nu(t - t^*)), & \text{при } t > t^*, \end{cases} \quad (2)$$

где ν — частота срабатывания электронного блока АБС; t^* — момент времени, при котором $S = S^*$, $M^* = M_0(t^*)^n$, причем $S^* \leq 0,22S_m$ (S_m — значение коэффициента S , при котором $\varphi = \varphi_m$). Безразмерный коэффициент μ задает амплитуду колебаний $M_{\text{тор}}$ относительно M^* и определяется условием сшивки уравнений в (2): для обоих уравнений значения $M_{\text{тор}}(t)$ и их первых производных в момент времени t^* равны между собой. Отсюда $\mu = n/(2\pi\nu t^*)$. Модель № 2 позволяет варьировать основные ее характеристики в зависимости от технических особенностей тормозного механизма, типа поверхности дороги и режима торможения автомобиля. Графики функции $M_{\text{тор}}(t)$ для указанных моделей (см. рис. 1–2) получены при одинаковых конструктивных характеристиках тормозной системы для поверхности «сухой асфальт».

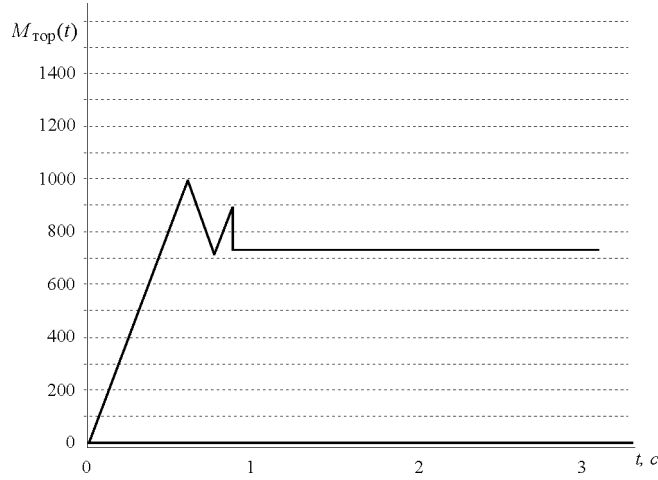


Рис. 1. График тормозного момента $M_{\text{тор}}(t)$ при $S^* = 0,3$ (Модель № 1)

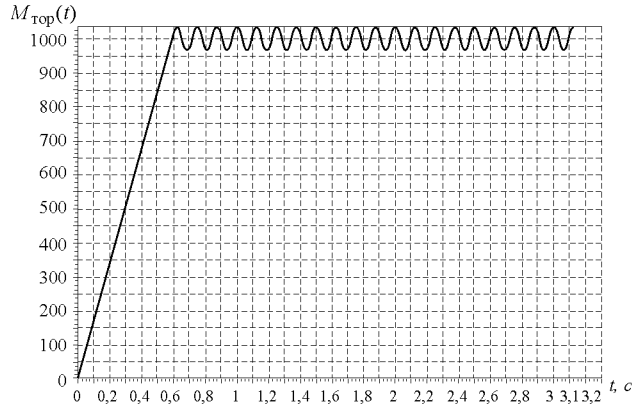


Рис. 2. График тормозного момента $M_{\text{тор}}(t)$ при $\nu = 8$ Гц, $S^* = 0,3$ (Модель № 2)