

4. В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, М.Г. Діктерук, С.І. Пастушенко Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин. – К.- Миколаїв: Видавництво РВВ МДАУ, 2004. – 286с.
5. Казак С.А. Динамика мостовых кранов М.: Машиностроение, 1968. – 332с.
6. Сергеев С.Т. Надёжность и долговечность подъёмных канатов. – К.: Техніка, 1968. – 238с.
7. Смехов А.А., Єрофеев Н.И. Оптимальное управление подъёмно-транспортных машин. 1975. - 239с.
8. Герасимьяк Р.П., Лешёв В.А. Анализ и синтез крановых электромеханических систем, СМЛ, 2008. – 192с.
9. Ловейкін В.С., Ярошенко В.Ф., Ромасевич Ю.О., Про можливість оптимізації режиму пуску механізму пересування кранового візка за різними критеріями. Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка», 2007. – № 3 (23). – С. 15-23
10. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Изд. 6-е, исправленное. М, «Энергия», 1977. – 432с.

УДК 629.017

М. В. ДЯЧУК, канд. техн. наук, Д. И. ПЕТРЕНКО, науч. соиск.

*Государственное высшее учебное заведение
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ КОЛЕСА

Актуальность. Очевидно, что «интеллектуализация» систем и агрегатов автомобиля является прогрессивным направлением повышения эффективности транспортных машин [1, 2]. К примеру, электроника контролирует функционирование двигателя (EMS), трансмиссии (ASR, TCS, EDS), тормозной системы (EBS, ABS), курсовую устойчивость (ESP, ESC), поперечную устойчивость (ARS) автомобиля [3]. Несомненное преимущество активного управления – оптимизация режимов работы систем, узлов, агрегатов; предотвращение нерегламентированных режимов, что повышает работоспособность, надежность и ресурс транспортного средства. В то же время, эффективность работы таких автоматических систем определяется совершенством алгоритмов управления. Таким образом, синтез

и оптимизация алгоритмов систем автоматического управления составляют научную задачу автомобильной мехатроники.

Анализ исследований. Развитием алгоритмов управления антиблокировочной системы занимались такие ученые, как: R.R. Guntur [3], T. Birch, T.D. Day, S.G. Roberts, Е.М. Гецович, А.К. Фрумкин [4] и др.

Постановка задачи. Моделирование антиблокировочной системы для одного колеса заключается в следующем: составлении динамической модели колеса, моделировании исполнительной части ABS, синтеза алгоритма работы управляющего контроллера.

Принятые допущения. В контексте упрощения задачи приняты следующие допущения: колесо абсолютно жесткое, нелинейная характеристика коэффициента сцепления шины с опорной поверхностью фиксирована для определенного типа дороги (характеристика « $\varphi_x - s$ »), не учитываются переходные характеристики работы клапанов модулятора, пренебрегаются силы сопротивления качению колеса ввиду малости влияния.

Основная часть. В качестве объекта моделирования выбрано автомобильное колесо 205/60R15 с гидравлической тормозной системой, оснащенной ABS. В модели ABS принят закрытый цикл управления с угловым ускорением, как критерием блокирования колеса.

Рассмотрим плоскую динамику движения колеса в тормозном режиме. При движении на колесо действуют: вертикальная нагрузка, реакция дороги, тормозной момент, а также силы инерции (рис. 1). Получим выражения для этих величин. Реакция дороги R_x :

$$R_x = \varphi_x \cdot R_z = \varphi_x \cdot m_{gw} \cdot g ,$$

где φ_x – продольный коэффициент сцепления; m_{gw} – масса колеса с вертикальной нагрузкой; g – ускорение свободного падения.

Коэффициент сцепления φ_x шины с дорожной поверхностью определяется интерполяцией заданных таблиц [1] в зависимости от коэффициента скольжения s (рис. 2). Коэффициент скольжения колеса выразим следующим образом:

$$s = 1 - V_{theor} / V_{real} = 1 - \omega_{theor} \cdot r_{eff} / (\omega_{real} \cdot r_{eff}) = 1 - \omega_{theor} / \omega_{real} ,$$

где V_{theor} , ω_{theor} – теоретические линейная и угловая скорость колеса соответственно; V_{real} , ω_{real} – фактические линейная и угловая скорость колеса соответственно, r_{eff} – динамический радиус качения колеса.

Тормозной момент M_b для дискового тормоза:

$$M_b = 2 \cdot A_p \cdot p_b \cdot \mu_b \cdot R_{fric} ,$$

где A_p – площадь поршня колесного тормозного цилиндра; p_b – давление в тормозном гидроприводе; μ_b – коэффициент трения фрикционных накладок с тормозным диском;

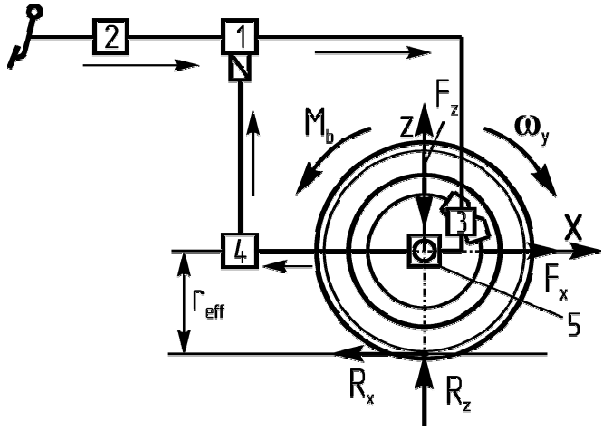


Рис. 1. Схема действия сил на колесо в тормозном режиме и контур управления ABS: 1 – гидравлический модулятор; 2 – главный тормозной цилиндр; 3 – колесный тормозной цилиндр; 4 - ECU; 5 – датчик вращения колеса.

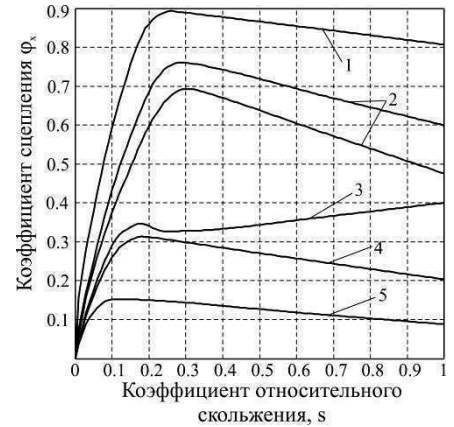


Рис. 2. Зависимости коэффициента сцепления от коэффициента скольжения: 1 – сухой асфальт; 2 – мокрый асфальт; 3 – свежесыпавший снег; 4 – укатанный снег; 5 – лед.

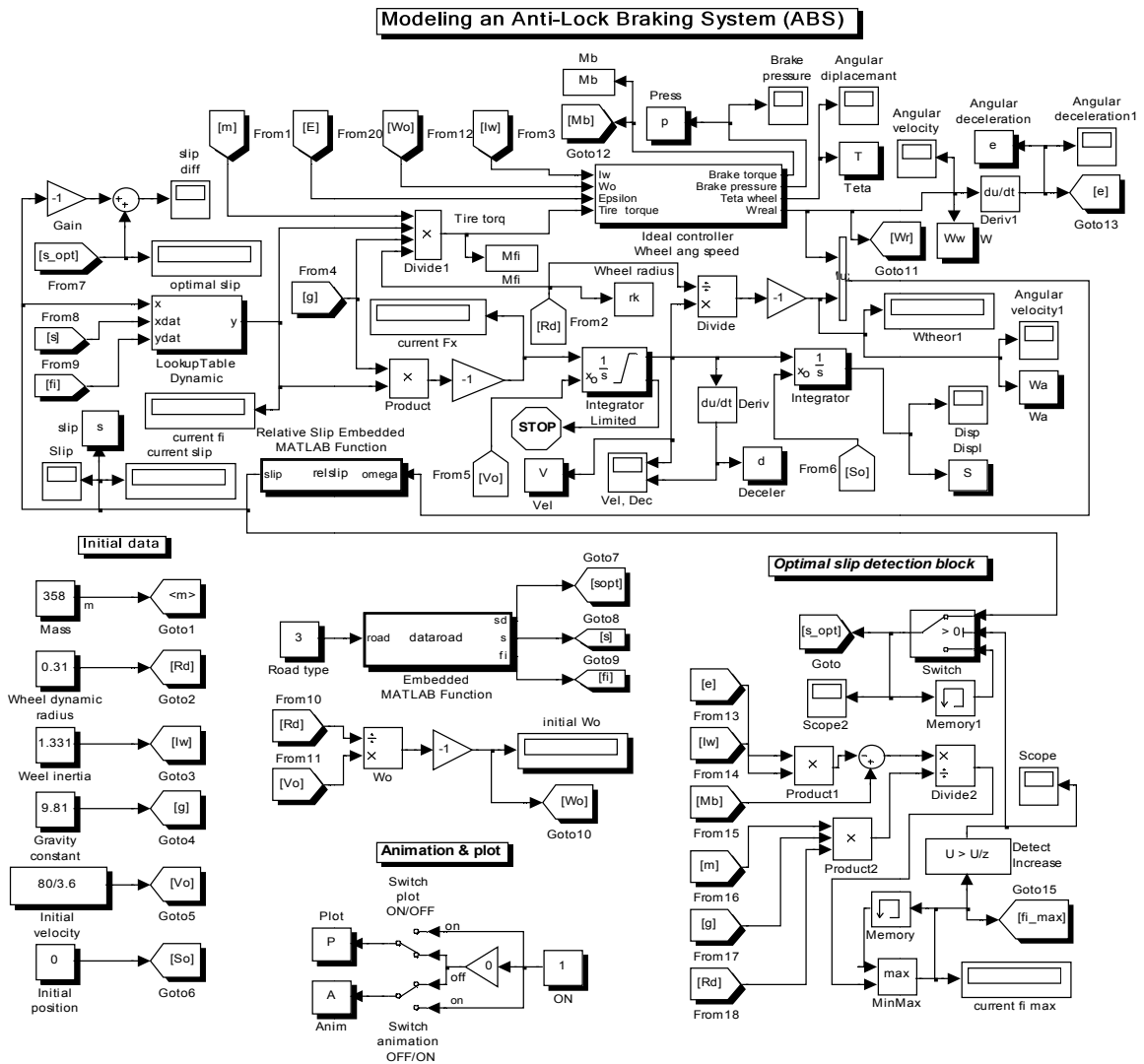


Рис. 3. Simulink модель ABS колеса.

R_{fric} – средний радиус трения.

Уравнения движения не связанного с автомобилем колеса в тормозном режиме:

$$\begin{cases} m_{gw} d^2 x/dt^2 = R_x \\ J_w d^2 \phi/dt^2 = M_b + R_x \cdot r_{eff} \end{cases} \quad \text{ИЛИ} \quad \begin{cases} d^2 x/dt^2 = R_x / m_{gw} \\ d^2 \phi/dt^2 = (M_b + R_x \cdot r_{eff}) / J_w \end{cases}$$

где $J_w = m_{gw} \cdot r_{eff}^2 / 2$ - момент инерции колеса.

Далее представлены MATLAB/Simulink модули в развернутом виде для численного решения уравнений движения колеса с регулируемым тормозным моментом (рис. 3 - 6).

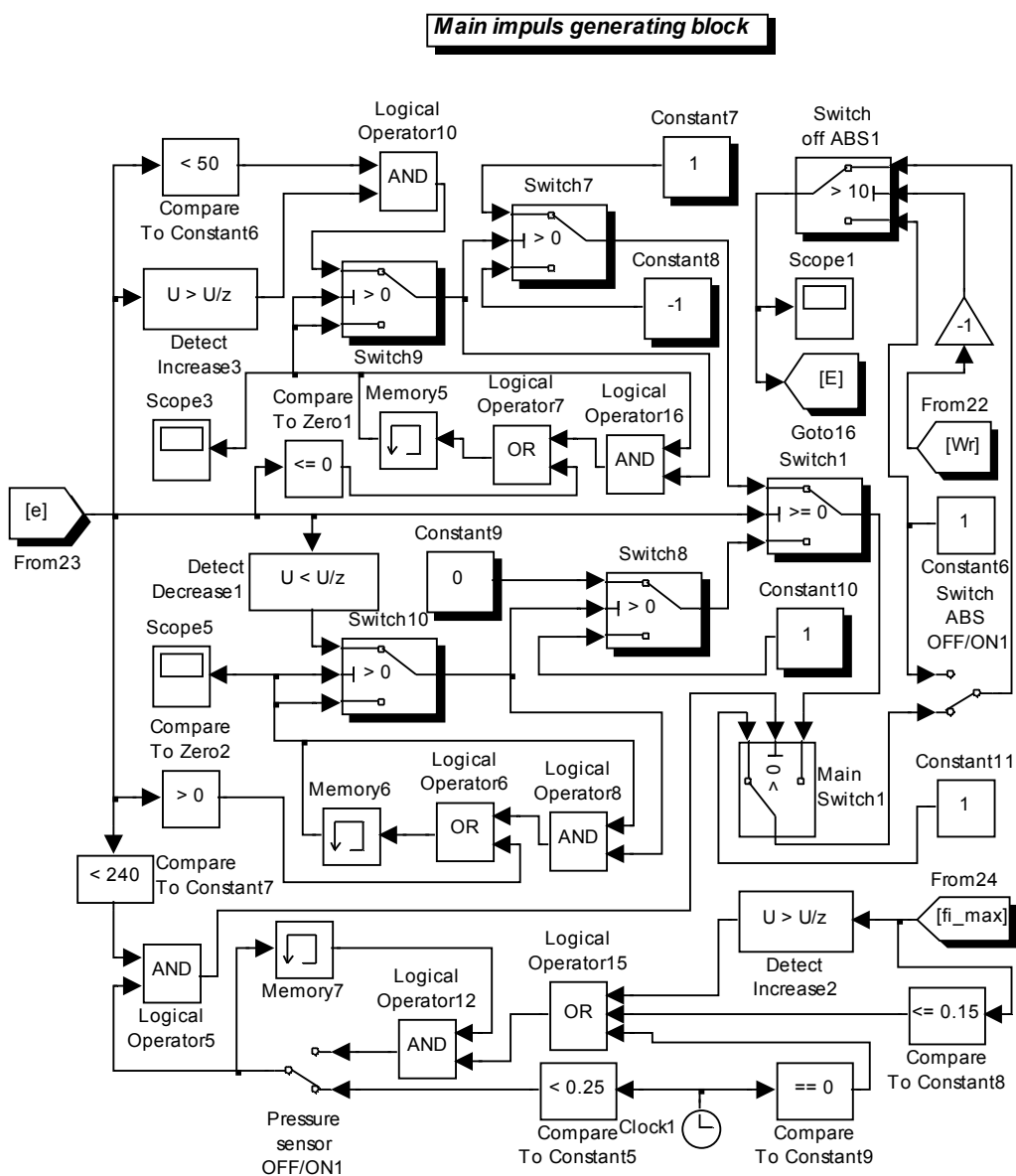


Рис. 4. Simulink модель алгоритма функционирования генератора импульсов контроллера ABS.

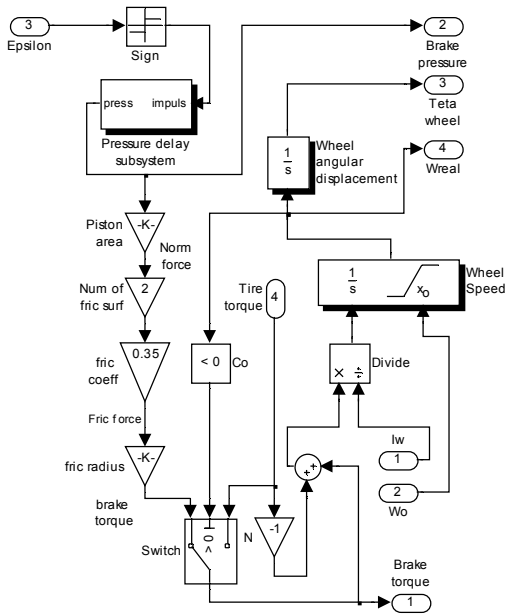


Рис. 5. Simulink модель исполнительной части ABS (подфункция Ideal Controller).

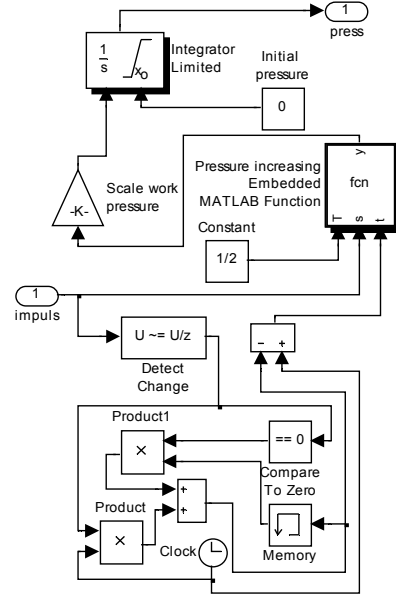


Рис. 6. Simulink модель работы модулятора части ABS (подфункция Pressure delay subsystem).

Результаты. Смоделируем работу системы при торможении колеса на мокром асфальте и сравним выходные характеристики с аналогичными при выключенной ABS (рис. 7 - 10).

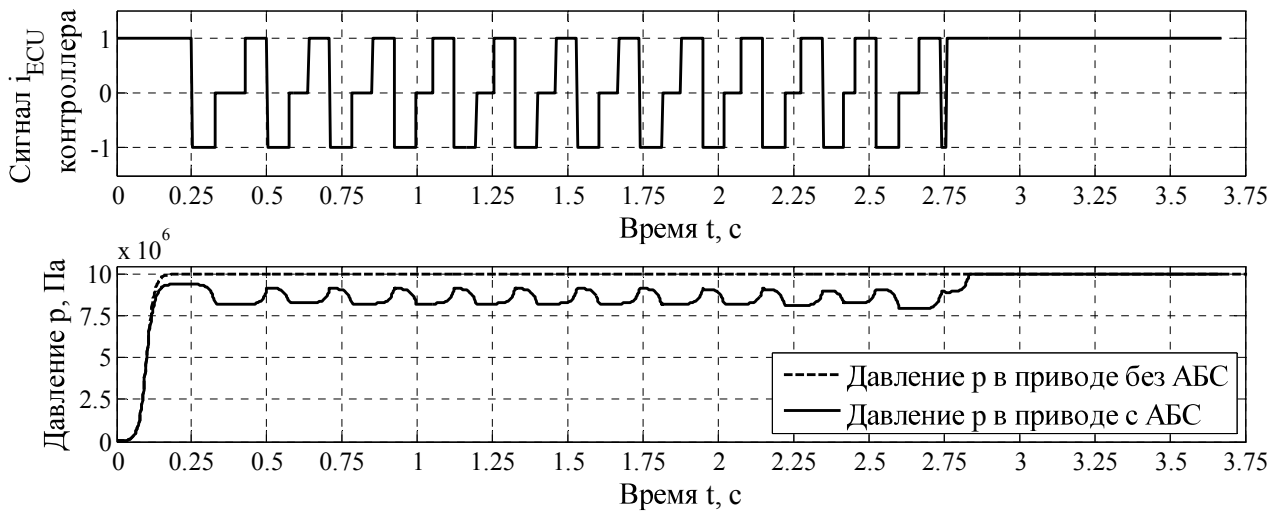


Рис. 7. Графики сигнала контроллера (вверху) и давления в приводе РТЦ (внизу) в зависимости от времени.

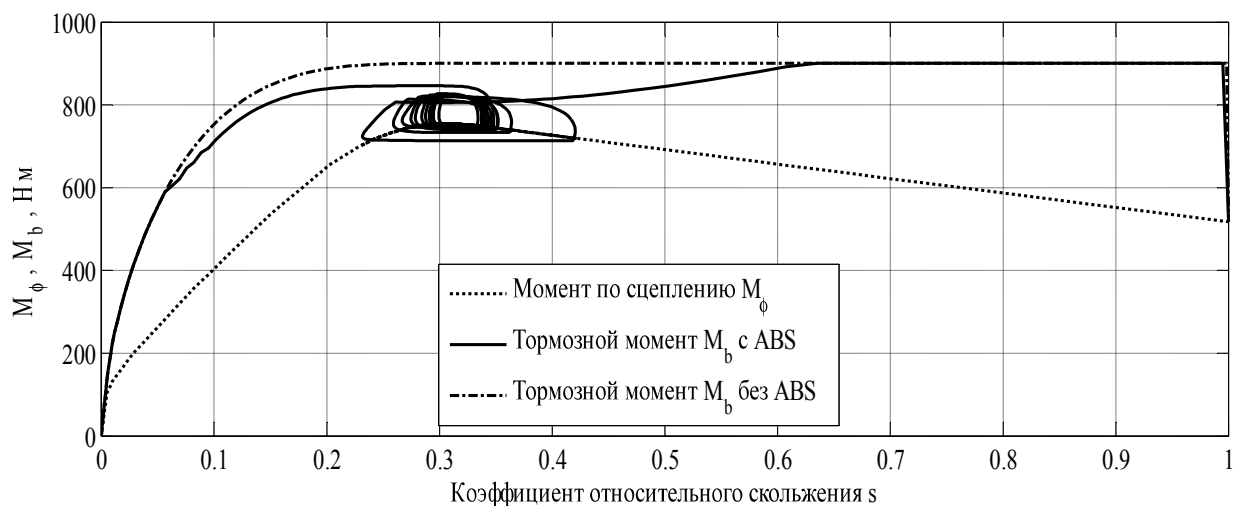


Рис. 8. График изменения тормозного момента M_b и момента по сцеплению M_ϕ в зависимости от относительного скольжения колеса s .

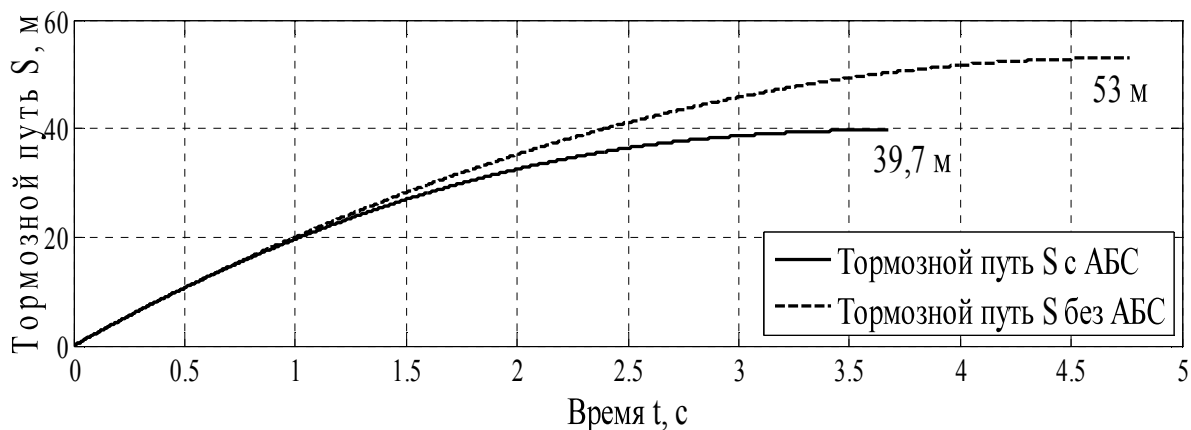


Рис. 9. График изменения тормозного пути S в зависимости от времени t .

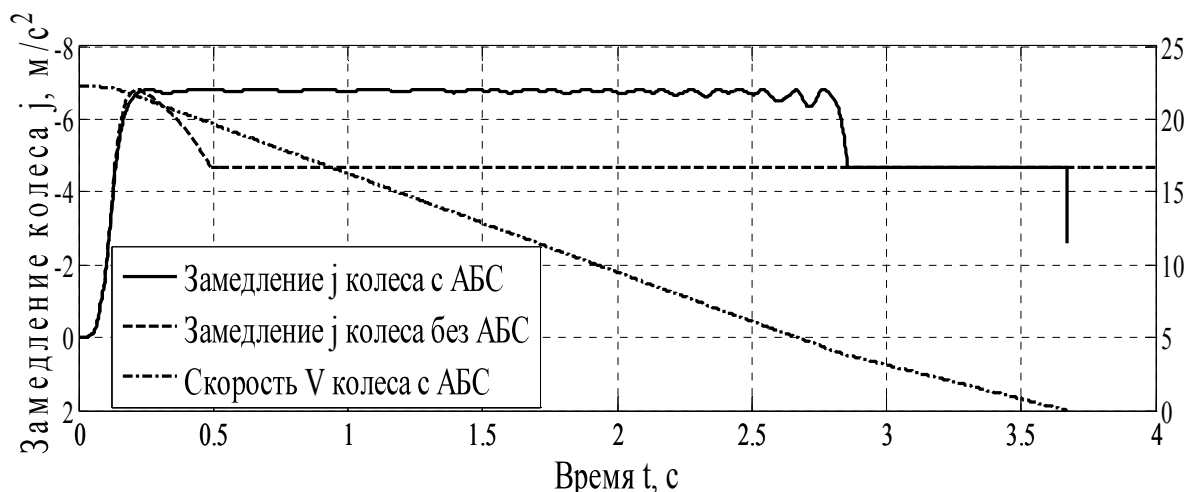


Рис. 10. Графики изменения линейных замедления j и скорости V колеса.

Выводы. Сравнение тормозных путей на рис. 9 демонстрирует, что эффективность торможения для случая мокрого асфальта составляет более 25 % от нерегулируемого тор-

можения (39,7 м и 53 м відповідно). ABS дозволяє тримати оптимальне подовжнє сцеплення і реалізувати сповільнення околом 7 м/с^2 , в той час як заблоковане колесо – тільки $4,8 \text{ м/с}^2$ (рис. 10). Регулювання організоване по принципу трьохфазного циклу і характеризується ефективністю на всіх типах доріг (см. рис. 2). Алгоритм управління представлений унікальною логічною структурою і забезпечує регулювання на переходному і установившійся процесах гальмування.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник Bosch. Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
2. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р, 2001, 272 с.
3. R. Rajamani. Vehicle dynamics and control. University of Minnesota, USA: Springer, "Mechanical engineering series", 2006. – 485 p.
4. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

УДК 629.11.012.814

М.В. ДЯЧУК, канд. техн. наук.

*Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Актуальність проблеми. Як можна спостерігати, досягнення ІТ- та мікроелектронної індустрій все глибше впроваджуються у конструкцію сучасних транспортних засобів (ТЗ) у виді «інтелектуальної» частини мехатронних систем. Ідеї контролю динаміки та руху автомобіля реалізовано у системах ESP, TCS, VDC, ECAS та багатьох інших. Розробка таких систем стає важливим засобом удосконалення експлуатаційних властивостей ТЗ та прибутковою комерційною діяльністю, що демонструють компанії MECHANICAL