

УДК 629.3.017.5

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ И ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Н.Е. Сергиенко, доц., к.т.н., С.И. Кондрашов, проф., д.т.н., А.Н. Маренич, магистр, Н.Н. Павлова, асп., Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков

Аннотация. Рассмотрено взаимодействие систем оценки состояния водителя с тормозной системой автомобиля. Представлена структурная схема и математический аппарат управления.

Ключевые слова: водитель, автомобиль, система оценки, тормозная система, взаимодействие, анализ, экстренная остановка.

ВЗАЄМОДІЯ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВОДІЯ ТА ЕКСТРЕННОГО ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

М.Є. Сергієнко, доц., к.т.н., С.І. Кондрашов, проф., д.т.н., О.М. Маренич, магістр, Н.Н. Павлова, асп., Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків

Анотація. Розглянуто взаємодію систем оцінювання стану водія з гальмівною системою автомобіля. Подано структурну схему і математичний апарат керування.

Ключові слова: водій, автомобіль, система оцінки, гальмівна система, взаємодія, аналіз, екстрена зупинка.

INTERACTION OF SYSTEMS OF EVALUATION THE DRIVER'S HEALTH STATE AND VEHICLE EMERGENCY BRAKING

N. Sergienko, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), S. Kondrashov, Prof., D. Sc. (Eng.), A. Marenich, master, N. Pavlova, P. G., National Technical University «KhPI», Kharkiv

Abstract. Interaction of systems of evaluating the driver's health state and vehicle emergency braking evaluation is considered. The block diagram and the mathematical tools were analyzed.

Key words: driver, car, evaluation system, braking system, interaction, analysis, emergency stop.

Введение

Всемирной организацией охраны здоровья (ВОЗ) определено, что одной из важных причин ДТП является изменение состояния здоровья водителя, вызванное нарушениями и заболеваниями сердца (рис. 1) [1]. В Украине, США и других странах в период с 2012 по 2015 г. могли произойти крупные аварии, причиной которых была внезапная сердечная недостаточность водителей автобусов. Благодаря тому, что в салоне автобусов были пассажиры, которые смогли оценить ситуацию и остановить машину, удалось избежать большого числа человеческих жертв.



Рис. 1. Причины возникновения ДТП, связанные с нарушением и заболеванием сердца водителя

Из-за внезапных ухудшений состояния здоровья водителя и несвоевременных действий может возникнуть неконтролируемое движение автомобиля и, как следствие, ДТП. Учитывая вышеизложенное, исследование взаимодействия систем оценки изменения состояния здоровья водителя и управления автомобилем является актуальной задачей.

Анализ публикаций

Многие разработчики ведут работы по созданию автомобильных систем, задачей которых является предотвращение несчастных случаев. Инженеры компании «Ford» [2] представили радиолокационную установку, работающую по принципу адаптивного круиз-контроля (АКК). Датчики этой системы установлены на передней решетке автомобиля и в процессе движения анализируют дистанцию до ближайшего транспортного средства. В зависимости от заранее выбранного режима водителем, система контролирует скорость движения автомобиля и сохраняет безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля.

Приведенная выше система имеет два основных недостатка: радиолокационная техника работает некорректно при движении не по прямой дороге; в основном системы обеспечивают только плавное торможение. Для работы используется несколько радиолокаторов, что повышает стоимость устройства и автомобиля.

В настоящее время ведущие автопроизводители много внимания уделяют вопросу организации контроля состояния здоровья водителя. Такие компании как «Volvo» и «Mercedes-Benz» успешно внедрили и используют системы контроля утомляемости водителя, анализируя такие косвенные параметры как: манера управления рулевым колесом и нажатия на педаль подачи топлива, движение автомобиля в пределах дорожной разметки, время поездки. Недостатком данных систем является отсутствие прямого контроля изменения состояния здоровья водителя [3], что снижает достоверность оценки, скорость принятия решения. Таким образом, представленные аналоги не в состоянии заранее выявить опасные отклонения в состоянии водителя, которые могут стать причинами аварийной ситуации или ДТП.

Исследования и разработки, направленные на создание автоматизированных систем для различных транспортных средств, сегодня являются особенно актуальными в направлении создания интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Последние делят на две подгруппы: одна занимается созданием оптимальной дорожной инфраструктуры, внедряя инновационно-коммуникативные технологии для упрощения процедуры вождения; вторая – автоматизацией транспортного средства с целью устранения опасных последствий, вызванных некорректным управлением водителем, и выявлением опасных факторов, действующих на водителя в процессе движения. Исследования в этом направлении подпадают под выполнение Отраслевой программы повышения безопасности дорожного движения Украины на период до 2018 года [4].

Цель и постановка задачи

Для повышения безопасности эксплуатации автомобильного транспорта целесообразно проведение теоретических исследований процесса взаимодействия системы оценки состояния здоровья водителя с тормозной системой автомобиля и предварительное сопоставление результатов с действующими нормативами.

Моделирование процесса взаимодействия систем оценки здоровья водителя и тормозной системы

Взаимодействие системы оценки состояния с тормозной системой автомобиля можно представить в виде структурной схемы (рис. 2). В процессе управления на водителя действуют внешние факторы А, которые влияют на его состояние здоровья и утомляемость при управлении автомобилем. Система оценки состояния водителя (СОСВ) постоянно анализирует его параметры. Если СОСВ выявляет опасное отклонение состояния, то сигнал поступает на усилитель (У), который включает исполнительное устройство экстренного торможения (ИУЭТ) [5].

Далее включается привод тормозных механизмов колес. При этом необходимо учитывать параметры движения и дорожные условия. Для обеспечения эффективного торможения с учетом поведения автомобиля и задаваемых приводами усилий в тормозных

механизмах может быть предусмотрена цепь самонастройки (ЦС) (А.Н. Туренко, С.Н. Шуклинов [6]). Ее задача – обеспечить эффективное торможение транспортного средства.

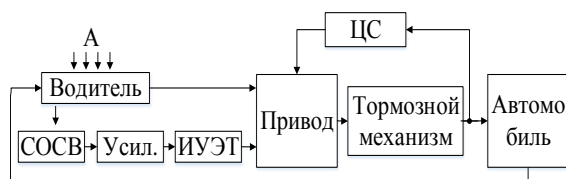


Рис. 2. Структурная схема систем оценки состояния водителя и экстренной остановки автомобиля

Последовательность обработки сигнала СОСВ показана на рис. 3. СОСВ способна определить изменение состояния водителя, когда он потеряет способность безопасно управлять автомобилем [4]. В этом случае подается управляющий сигнал с микроконтроллера на операционный усилитель к ИУЭТ – электромагнитному клапану системы экстренного торможения.

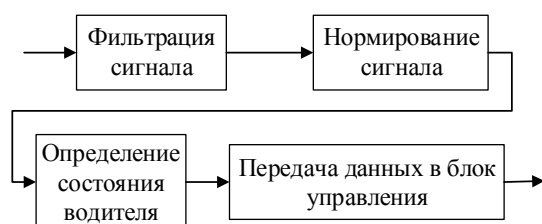


Рис. 3. Порядок обработки сигнала СОСВ

При перемещении золотника ИУЭТ полость вакуумного усилителя соединяется с впускным коллектором ДВС. За счет вакуума мембрана действует через шток на поршень главного тормозного цилиндра. Рабочая жидкость подается под давлением к рабочим цилиндрам тормозных механизмов. Автомобиль замедляется и останавливается.

Система оценки состояния водителя действует посредством факторов Φ_i :

$$\Phi_1 \vee \Phi_2 \vee \Phi_3 \dots \vee \Phi_i \Rightarrow M_{\text{ТОРМ}}(\text{макс}).$$

В случае, когда один или несколько факторов Φ_i одновременно принимают значение 1, то это означает: водитель не в состоянии безопасно управлять транспортным средством и необходима экстренная остановка машины без участия водителя.

Процесс торможения автомобиля необходимо рассматривать как нестационарный процесс; его можно описать уравнением силового баланса [1]

$$P_i - P_B - P_\psi = P_T, \quad (1)$$

где P_i – сила инерции автомобиля, $P_i = m_x \cdot \delta_{\text{вр}} \cdot (dV_a / dt)$; P_B – сила сопротивления движению автомобиля со стороны воздуха, $P_B = k_b \cdot F_a \cdot V_a^2$; P_ψ – сила дорожного сопротивления движению автомобиля, $P_\psi = m_x \cdot g \cdot \psi$; P_T – тормозная сила, формируемая в пятне контакта тормозных колес, $P_T = p K_{\text{ТК}}$.

Учитывая вышеприведенное, уравнение (1) можно переписать в виде

$$m_x \cdot \delta_{\text{вр}} \cdot (dV_a / dt) - k_b \cdot F_a \cdot V_a^2 - m_x \cdot g \cdot \psi = p K_{\text{ТК}}, \quad (2)$$

где m_x – масса автомобиля; $\delta_{\text{вр}}$ – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля; V_a – скорость движения автомобиля; t – независимая переменная; $t \in [t_0, t_m]$ (t_0 – время начала процесса, t_m – время торможения колесной машины); k_b , F_a – коэффициент обтекаемости и лобовая площадь машины; g – ускорение свободного падения; ψ – коэффициент сопротивления дороги; $p(t)$ – управляющее воздействие тормозного привода, подведенное к тормозным колесам автомобиля; $K_{\text{ТК}}$ – коэффициент эффективности тормозных механизмов колес автомобиля.

Для уравнения (2) следует записать начальные условия в виде

$$V_a(t_0) = V_0,$$

где V_0 – скорость машины в начальный момент формирования тормозной силы на колесах в начальный момент времени t_0 .

Решив уравнение (2) относительно старшей производной и обозначив $a = (k_b F_a) / (m_x \delta_{\text{вр}})$, $c = (g \psi) / \delta_{\text{вр}}$, $b = K_{\text{ТК}} / (m_x \delta_{\text{вр}})$, $u(t) = p(t)$, $x(t_0) = V_0$, получим

$$x(t) = ax_2(t) + c + b u(t); \quad x(t_0) = V_0, \quad (3)$$

где $x(t) = (dV_a) / (dt)$ – замедление колесной машины в момент времени t ; $t \in [t_0, t]$.

Процесс торможения колесной машины определяется ее замедлением $x(t)$, а также величиной управляющего воздействия $u(t)$ и темпом его формирования. В качестве параметра оценки состояния колесной машины примем ее замедление $x(t)$. Система уравнений состояния объекта состоит из уравнения, определяющего параметр оценки состояния (3), и уравнения, определяющего изменение этого параметра во времени. Уравнение изменения замедления колесной машины получим дифференцированием (3), и, после введения обозначений $x = x_1$ и $u_1(t) = (du(t))/(dt)$, систему уравнений состояния объекта можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{x} = x_1 \\ \dot{x}_1 = a_1 x_1 + b u_1, \end{cases}$$

где $\dot{x}_1$ – скорость изменения замедления колесной машины; $a_1 = 2ax$ – коэффициент, характеризующий нестационарность процесса; $u_1(t)$ – скорость изменения управляющего воздействия $u(t)$ на входе в тормозящие колеса.

Используя известные уравнения, описывающие динамику автомобиля при торможении, была создана программа модели тормозной динамики автомобиля в среде LabView. Исходные параметры автомобиля выбраны в соответствии с ГОСТ Р 51709-2001 и представлены на рис. 4.

Wheel Mass (kg)	Iw (kg·m ²)	Drive Torque (N·m)
1500	5	0
Brake Torque (N·m)	g (m/s ²)	Wheel Radius (m)
490	9.81	0.181
mufactor	Initial Vehicle Speed (Vo)	
0.8	1.11	

Рис. 4. Исходные параметры автомобиля 2-го класса

Симуляция торможения (рис. 5) при заданных параметрах автомобиля показала, что его параметры замедления и тормозного пути находятся в пределах регламента ГОСТ.

Изменение скорости и тормозного пути в первую очередь определяется законом воздействия исполнительного механизма системы экстренного торможения на главный тормозной цилиндр.

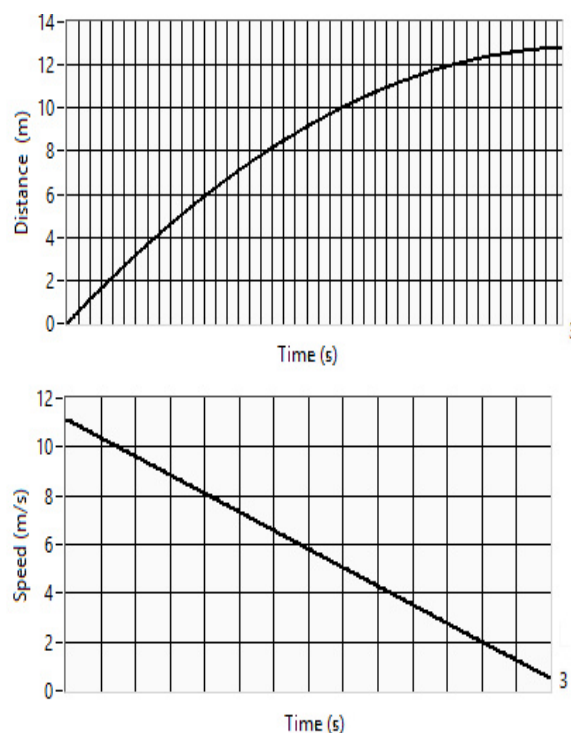


Рис. 5. Результаты симуляции процесса экстренного торможения

На значения указанных параметров движения автомобиля будут влиять условия взаимодействия колес с опорной поверхностью, состояние шин и др.

Выводы

При предельных отклонениях в состоянии здоровья водителя СОСВ взаимодействует с системой экстренного торможения автомобиля, которая обеспечивает остановку автомобиля. Результаты моделирования подтвердили эффективность системы. Выбор рационального количества выявляемых факторов при оценке состояния водителя, а также оптимизация алгоритма остановки является перспективным направлением исследований. Внедрение комплексной системы позволит повысить безопасность движения автомобильного транспорта.

Литература

1. Чураков Е.П. Оптимальные и адаптивные системы: учебное пособие для вузов / Е.П. Чураков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.
2. Amodeo M. Wheel slip control via second-order sliding-mode generation / M. Amodeo, A. Ferrara, R. Terzaghi, C. Vecchio // IEEE Transactions on Intelligent Transpor-

- tation Systems. – 2010. – Vol. 11(1). – P. 122–131. doi:10.1109/TPTS.2009.2035438.
3. Сергиенко Н.Е. Система контроля состояния водителя во время управления транспортным средством / Н.Е. Сергиенко, А.Н. Маренич // Вестник Технического университета. – 2010. – С. 644–651.
 4. Галузева програма забезпечення безпеки руху на автомобільному транспорті на 2016 – 2018 роки. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua>.
 5. Anwar S. An antilock-braking algorithm for an eddy-current-based brake-by-wire system / S. Anwar, B. Zheng // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2007. – Vol. 56(3). – P. 1100–1107. doi: 10.1109/TVT.2007.895604.
 6. Туренко А.Н. Адаптивное тормозное управление колесных машин / А.Н. Туренко, С.Н. Шуклинов // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2010. – №5. – С. 24–28.
- Рецензент: С.И. Ломака, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
- Статья поступила в редакцию 14 сентября 2016 г.
-