

УДК 639.3.067

doi:10.21685/2307-5538-2021-2-8

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

А. И. Нефедьев¹, Д. И. Нефедьев², С. А. Безбородов³, В. Г. Гусев⁴

^{1,4} Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

² Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

³ Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

¹ nefediev@rambler.ru, ² ndi200106@yandex.ru, ³ sabezborodov@volgmed.ru, ⁴ gusev.vl.g@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* При эксплуатации автомобилей водители часто сталкиваются с ситуациями, которые могут привести к серьезным дорожно-транспортным происшествиям. Таким образом, актуальной задачей является разработка системы контроля состояния водителя автомобиля. *Методы и материалы.* Развитие систем контроля показывает, что слежение с помощью видеокамеры только за лицом водителя или фиксации только параметров движения не позволяет точно оценить состояние водителя. Проблемой является надежность распознавания опасного состояния водителя в различных климатических и дорожных условиях. Для решения этой проблемы была разработана система контроля, основанная на сочетании различных датчиков в одной системе. *Результаты.* Для контроля состояния водителя с целью повышения безопасности дорожного движения была разработана система, состоящая из блока управления и двух видеокамер и позволяющая надежно обнаруживать опасное состояние водителя в различных климатических и дорожных условиях. *Выводы.* Таким образом, система контроля водителя позволит обеспечить существенное снижение количества дорожно-транспортных происшествий, особенно на загородных трассах.

Ключевые слова: автомобиль, система контроля, состояние усталости, сон, видеокамера, безопасность

Для цитирования: Нефедьев А. И., Нефедьев Д. И., Безбородов С. А., Гусев В. Г. Контроль состояния водителя во время движения автотранспортного средства // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 2. С. 60–65. doi:10.21685/2307-5538-2021-2-8

CONTROL OF THE DRIVER'S CONDITION WHILE DRIVING A CAR

A.I. Nefed'ev¹, D.I. Nefed'ev², S.A. Bezborodov³, V.G. Gusev⁴

^{1,4} Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

² Penza State University, Penza, Russia

³ Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

¹ nefediev@rambler.ru, ² ndi200106@yandex.ru, ³ sabezborodov@volgmed.ru, ⁴ gusev.vl.g@mail.ru

Abstract. *Background.* When operating cars, drivers often face situations that can lead to serious road traffic accidents (RTA). Thus, an urgent task is to develop a system for monitoring the condition of a car driver. *Materials and methods.* The development of monitoring systems shows that tracking with a video camera only the driver's face or fixing only the movement parameters does not allow an accurate assessment of the driver's condition. The problem is the reliability of recognition of the dangerous state of the driver in various climatic and road conditions. To solve this problem, a monitoring system was developed based on the combination of various sensors in one system. *Results.* To monitor the driver's condition in order to improve road safety, a system has been developed, consisting of a control unit and two video cameras, and allows reliably detecting the dangerous state of the driver in various climatic and road conditions. *Conclusion.* Thus, the driver control system will provide a significant reduction in the number of accidents, especially on suburban roads.

Key words: car, monitoring system, fatigue, sleep, video camera, safety

For citation: Nefediev A.I., Nefediev D.I., Bezborodov S.A., Gusev V.G. Control of the driver's condition while driving a car. *Izmereniya. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control.* 2021;2: 60–65. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2021-2-8

При эксплуатации автомобилей водители часто сталкиваются с ситуациями, которые могут привести к серьезным дорожно-транспортным происшествиям (ДТП). Производители непрерывно совершенствуют автомобили с целью обеспечения комфортного и безопасного их использования.

Состояние усталости водителя существенно снижает безопасность движения и увеличивает в 4 раза риск попадания в ДТП. Вероятность уснуть за рулем при коротких поездках в черте города относительно невелика, но она значительно возрастает из-за переутомления во время длительной поездки. Причем состояние водителя зависит как от времени суток, так и от интенсивности дорожного движения [1].

По статистике до 25 % водителей попадают в ДТП во время длительной поездки, причем усталость является одной из основных причин аварий. У водителя внимание снижается пропорционально времени нахождения за рулем. Согласно опубликованным исследованиям [2], уже через 4 часа вождения время реакции водителя увеличивается в два раза.

При управлении автомобилем требуется высокая концентрация внимания, при этом различные жизненно важные органы водителя испытывают значительную нагрузку. Продолжительные поездки, темное время суток, плохие погодные условия способствуют быстрому накоплению усталости, вызывая ухудшение внимания. Все эти факторы существенно повышают риск возникновения аварийной ситуации [1, 3].

Развитие утомления связано с дефицитом сна, временем суток и характером работы. Основной причиной нарушения любой профессиональной деятельности является усталость, наступление которой происходит незаметно, при этом время реакции водителя увеличивается. При этом снижается внимание и бдительность, что повышает риск возникновения аварийной ситуации.

Вероятность повышения засыпания имеет циркадианный ритм, при этом его максимальные значения достигаются в 6 ч утра. Вероятность ДТП значительно возрастает между 3:00 и 5:00 ч. На риск возникновения ДТП влияет продолжительность бодрствования, продолжительность поездки, наличие/отсутствие остановок для отдыха и т.д. [2].

Существует множество методов оценки состояния водителя во время движения. Наиболее часто состояние водителя определяется с помощью видеонаблюдения. В соответствии с этим методом осуществляется прямой контроль с помощью видеокамеры за мимикой лица и глазами водителя, что дает возможность определить отклонение состояния от нормы по мимике и движению зрачков глаз, отклонению положения головы от вертикального [4].

Крупные автопроизводители автомобилей внимательно относятся к безопасности жизни и здоровья водителя и сохранности его автомобиля и разрабатывают различные системы контроля состояния водителя. Если раньше безопасность водителя обеспечивалась конструкцией автомобиля, наличием ремней и подушек безопасности, то сейчас быстрыми темпами развиваются электронные системы, задачей которых является предотвращение аварийной ситуации на стадии ее зарождения.

В прошлом такие системы контроля в основном являлись информационными и предназначались для оповещения водителя о наступлении состояния утомления. Современные системы контроля получили возможность вмешиваться в процесс управления транспортным средством и предупреждать ДТП.

Современные системы контроля состояния водителя позволяют определять опасное состояние водителя – замедленную реакцию, усталость, сонное состояние и др. Известно много разновидностей таких систем.

Систему контроля водителя впервые разработала и запатентовала японская фирма Nissan в 1977 г. Система анализировала состояние водителя и стиль управления автомобилем. Параметры определялись в начале поездки для оценки скорости реакции водителя, эти значения принимались за эталонные, после этого система контроля непрерывно отслеживала скорость реакции. Если обнаруживалось, что время реакции водителя увеличилось, то подавала звуковое сообщение с рекомендацией отдыха.

Система контроля «Attention Assist» (Mercedes-Benz) работает по принципу слежения за физической возможностью водителя управлять автомобилем и при необходимости информирует его о необходимости остановки и отдыха [5, 6]. Система осуществляет контроль поведенческих факторов: оценка поведения и направление взгляда водителя, движение автомобиля.

Работа системы контроля «DAC» (Volvo) основана на отслеживании характера движения автомобиля и работает совместно с системой предупреждения выезда из полосы движения («LDW»). Состояния усталости у водителя система контроля обнаруживает по отклонению от заданных параметров движения.

Система контроля водителя «Emergency Assist» (фирма Volkswagen) следит за работой рулем и частично перехватывает управление автомобилем при возникновении опасной ситуации. Если система считает, что водитель не в состоянии управлять автомобилем, она перехватывает управление автомобилем, при этом задействуется проактивная система безопасности (натяжение ремня безопасности), останавливает автомобиль и выполняет аварийный вызов [7, 8].

Система контроля фирмы Ford следит за состоянием водителя, за нахождением автомобиля в полосе движения, и распознает дорожные знаки. Оценка состояния водителя производится на основе анализа скорости, продольного и поперечного ускорения автомобиля, действий водителя, дорожных условий и биометрических показателей водителя – температуры тела, частоты сердечных сокращений и частоты дыхательных движений [7, 8].

Существуют два метода построения систем контроля. Первый метод реализуют фирмы Mercedes, Volkswagen, Skoda, Volvo, осуществляя контроль состояния водителя только по параметрам движения автомобиля.

Второй метод контроля состояния водителя используют японские фирмы, анализируя психоэмоциональное состояние водителя. В таких системах используются видеокамера, которая фиксирует положение головы, характер движения зрачков глаз, частоту морганий, мимику и жесты водителя, частоту дыхательных движений.

Независимо от метода построения система контроля усталости водителя в течение 15–30 мин после начала движения собирает и анализирует информацию от датчиков и видеокамер, определяет стиль езды водителя и условия дорожного движения. Полученная информация принимается за эталонную, и вся дальнейшая поступающая информация сравнивается с эталонной, что и позволяет распознать состояние усталости водителя [9].

Блок управления собирает и анализирует все данные с датчиков и видеокамер. При выявлении опасного состояния система предупреждает водителя голосовым или звуковым сигналом (при этом может использоваться разная громкость и тональность сигнала в зависимости от уровня опасности). При высоком уровне вероятности аварии блок управления снижает скорость или полностью останавливает автомобиль и включает аварийную сигнализацию.

История развития систем контроля показывает, что слежение с помощью видеокамеры только за лицом водителя или фиксации только параметров движения не позволяет точно оценить состояние водителя. По этой причине развитие систем контроля за состоянием водителя пошло по пути сочетания различных датчиков в одной системе.

Основная цель применения таких систем – своевременное распознавание признаков утомления водителя и выдача предупреждений для обеспечения его безопасности и предотвращения ДТП.

Рассмотрим систему, представленную на рис. 1 и состоящую из следующих основных взаимодействующих компонентов автомобильного транспорта: водитель, автомобиль, дорога и внешняя среда.

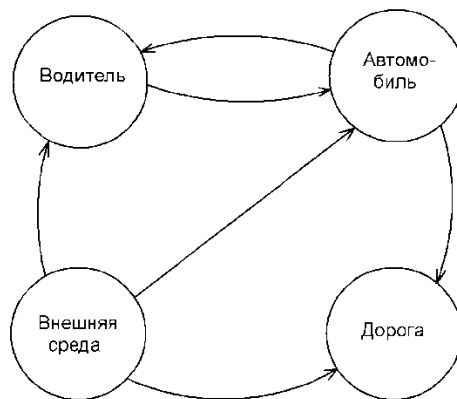


Рис. 1. Система «водитель–автомобиль–дорога–внешняя среда»

К внешней среде относятся время суток, погодные условия, рельеф местности, дорожная инфраструктура, пешеходы, т.е. все, что влияет на движение и находится за пределами автомобиля и оказывает влияние на автомобиль, водителя и дорогу.

Безопасность дорожного движения всецело зависит от всех компонентов, входящих в систему. Очевидно, что получить абсолютно безопасную систему невозможно, поскольку в нее входит водитель, ошибки которого имеют определяющее значение как для качества работы системы, так и для работоспособности системы в целом.

Безопасность дорожного движения в значительной степени зависит от технического состояния автомобиля, состояния водителя, трафика, а также от состояния внешней среды. Вероятность аварийного состояния $P_{ав}$ можно определить как

$$P_{ав} = P_{ac} + P_{cb} + P_{oc},$$

где P_{ac} – вероятность аварийного состояния автомобиля; P_{cb} – вероятность опасного состояния водителя; P_{oc} – вероятность опасного состояния внешней среды.

В существующих системах сбор данных о состоянии водителя часто осуществляется с помощью датчиков, установленных в салоне автомобиля на руле (датчики пульса, проводимости и температуры) и на лобовом стекле (видеокамера). Система контроля состояния водителя на основе анализа полученных данных выявляет отклонения от заданных значений и на основе полученной информации либо предупреждает водителя, либо останавливает автомобиль.

Основная проблема таких систем заключается в том, что зимой большинство датчиков или не работает, или передает в блок управления некорректную информацию. Например, при низкой температуре окружающей среды водитель может надеть перчатки, что делает невозможным измерение температуры, проводимости и пульса датчиками, расположенными на руле. Многие современные автомобили имеют функцию подогрева руля, что также делает невозможным измерение температуры с помощью датчиков на руле. При ярком солнечном свете водитель может находиться в солнцезащитных очках, при этом слежение за зрачками его глаз также невозможно. Таким образом, условия внешней среды могут блокировать работу системы контроля состояния водителя, в состав которой входят указанные датчики.

Из всего многообразия параметров, позволяющих прямо или косвенно оценить состояние водителя, должны быть выбраны минимально необходимые параметры, которые позволяют с высокой степенью вероятности обнаружить усталость, момент засыпания или неадекватное состояние водителя. К числу таких параметров можно отнести скорость и ускорение автомобиля, положение педали акселератора, положение рук на руле, положение головы, наличие зевоты и контроль полосы движения [9].

Для контроля состояния водителя с целью повышения безопасности дорожного движения была разработана система, структурная схема которой представлена на рис. 2.

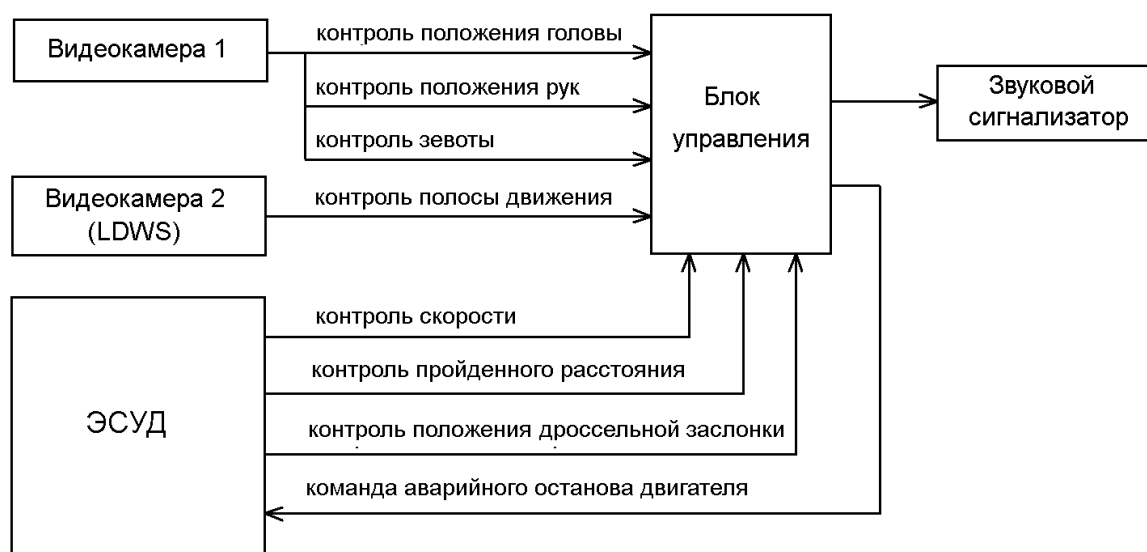


Рис. 2. Система контроля состояния водителя

Блок управления обрабатывает информацию, поступающую от двух видеокамер и от электронной системы управления двигателем (ЭСУД). Видеокамера 1 установлена в салоне автомобиля и предназначена для контроля положения головы водителя, контроля положения рук и контроля зевоты. При засыпании водителя или при его плохом состоянии голова часто наклоняется вперед или вбок. Если голова водителя находится в таком положении более 3 с, блок управления через звуковой сигнализатор выдаст предупреждающий сигнал.

Видеокамера 2 установлена за салонным зеркалом заднего вида и выполняет функции слежения за дорожной обстановкой, в том числе за выходом автомобиля из полосы движения (Lane Departure Warning System – LDWS). От ЭСУД поступает информация о скорости автомобиля, о положении дроссельной заслонки, о пройденном расстоянии.

Если положение головы, положение рук выходят за разрешенный диапазон или обнаруживается зевота, блок управления подает звуковой сигнал, и если водитель не изменил позы и никак не отреагировал на сигнал блока управления, то через некоторое время после подачи звукового сигнала блок управления останавливает автомобиль, подавая на ЭСУД команду аварийного останова двигателя и включая аварийную сигнализацию. Таким образом, система контроля состояния водителя позволяет обнаружить начальную стадию ухудшения состояния водителя, что позволит предотвратить ДТП.

Безопасность дорожного движения является безусловным приоритетом при разработке различных систем контроля состояния водителя. Системы контроля усиливают бдительность водителя с помощью звуковых сигналов, выдают рекомендации для отдыха после определенного времени нахождения за рулем или при обнаружении сильной усталости, что позволяет существенно снизить количество ДТП, особенно на загородных трассах.

Список литературы

1. Система распознавания усталости водителя. URL: <http://znanieavto.ru/komfort/datchik-ustalosti-voditelya.html> (дата обращения: 10.03.2021).
2. Дементенко В. В., Дорохов В. Б. Оценка эффективности систем контроля уровня бодрствования человека оператора с учетом вероятностной природы возникновения ошибок при засыпании // Журнал высшей нервной деятельности. 2013. Т. 63, № 1. С. 24–32.
3. Система контроля состояния водителя. URL: <http://systemsauto.ru/active/monitoring-condition-driver.html> (дата обращения: 10.03.2021).
4. Williamson A., Lombard D. A., Folkard S. [et al.]. The link between fatigue and safety // *Accid. Anal. Prev.* 2011. Vol. 43, № 2. С. 498–515.
5. Герус С. В., Дементенко В. В., Шахнарович В. М. Система мониторинга состояния водителя и безопасность на автомобильном транспорте // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2009. № 8. С. 46–52.
6. Шок-исследование: каждый третий водитель хотя бы раз засыпал за рулем. URL: <https://www.zr.ru/content/news/907509-kazhdyj-tretij-voditel-v-rossii/> (дата обращения: 10.03.2021).
7. Утомление и усталость водителя – причина аварий и автокатастроф. URL: <https://www.drive2.ru/c/564657/> (дата обращения: 10.03.2021).
8. Самофалов, И. В., Нефедьев А. И. Интеллектуальная система контроля психоэмоционального состояния водителя автотранспортного средства // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2020. № 2. С. 46–49.
9. Бонч-Бруевич В. В., Дементенко В. В., Кремез А. С., Макаев Д. В. Дистанционный контроль бодрствования водителя в рейсе // Автоматизация в промышленности. 2015. № 2. С. 33–35.

References

1. *Sistema raspoznavaniya ustalosti voditelya* = Driver fatigue recognition system. (In Russ.). Available at: <http://znanieavto.ru/komfort/datchik-ustalosti-voditelya.html> (accessed 10.03.2021)
2. Dementienko V.V., Dorokhov V.B. Evaluation of the effectiveness of systems for monitoring the level of wakefulness of a human operator, taking into account the probabilistic nature of errors when falling asleep. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti* = Journal of Higher Nervous Activity. 2013;63(1):24–32. (In Russ.)
3. *Sistema kontrolya sostoyaniya voditelya* = Driver status monitoring system. (In Russ.). Available at: <http://systemsauto.ru/active/monitoring-condition-driver.html> (accessed 10.03.2021).
4. Williamson A., Lombard D.A., Folkard S. [et al.]. The link between fatigue and safety. *Accid. Anal. Prev.* 2011;43(2):498–515.
5. Gerus S.V., Dementienko V.V., Shakhnarovich V.M. Driver status monitoring system and safety in road transport. *Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika* = Biomedical technologies and radio electronics. 2009;8:46–52. (In Russ.)

6. *Shok-issledovanie: kazhdyj tretiy voditel' khotya by raz zasypal za rulem* = Shock study: every third driver has fallen asleep at the wheel at least once. (In Russ.). Available at: <https://www.zr.ru/content/news/907509-kazhdj-tretij-voditel-v-rossi/> (accessed 10.03.2021).
7. *Utomlenie i ustalost' voditelya – prichina avariij i avtokatastrof* = Fatigue and fatigue of the driver-the cause of accidents and car accidents. (In Russ.). Available at: <https://www.drive2.ru/c/564657/> (accessed 10.03.2021).
8. Samofalov I.V., Nefed'ev A.I. Intelligent system for monitoring the psychoemotional state of a motor vehicle driver. *Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport* = Energy and resource conservation: industry and transport. 2020;2:46–49. (In Russ.)
9. BonchBruevich V.V., Dementienko V.V., Kremez A.S., Makaev D.V. Remote monitoring of the driver's wakefulness during the flight. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* = Automation in industry. 2015;2: 33–35. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Алексей Иванович Неведьев

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры электротехники,
Волгоградский государственный
технический университет
(Россия, г. Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 28)
E-mail: nefediev@rambler.ru

Alexei I. Nefed'ev

Doctor of technical sciences, professor,
professor of sub-department
of electrical engineering,
Volgograd State Technical University
(28 V.I. Lenin avenue, Volgograd, Russia)

Дмитрий Иванович Неведьев

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры информационно-
измерительной техники и метрологии,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: ndi200106@yandex.ru

Dmitry I. Nefed'ev

Doctor of technical sciences, professor,
professor of sub-department of information
and measuring technology and metrology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Сергей Александрович Безбородов

кандидат технических наук,
заведующий кафедрой биотехнических систем
и технологий,
Волгоградский государственный медицинский
университет
(Россия, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, 1)
E-mail: sabezborodov@volgmed.ru

Sergey A. Bezborodov

Candidate of technical sciences,
head of sub-department of biotechnical systems
and technologies,
Volgograd State Medical University
(1 Pavshikh Bortsov square, Volgograd, Russia)

Владимир Георгиевич Гусев

аспирант,
Волгоградский государственный
технический университет
(Россия, г. Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 28)
E-mail: gusev.vl.g@mail.ru

Vladimir G. Gusev

Postgraduate student,
Volgograd State Technical University
(28 V.I. Lenin avenue, Volgograd, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 29.03.2021

Поступила после рецензирования/Revised 05.04.2021

Принята к публикации/Accepted 15.04.2021