

И. С. Дымов, Р. Е. Деревянко, Д. А. Котин

Автоматизированная система предупреждения засыпания водителя во время движения

В статье анализируются проблемы разработки новой автоматизированной системы распознавания и предупреждения засыпания водителя во время движения. Вопрос контроля физического состояния профессиональных водителей, находящихся в рейсе, рассмотрен как со стороны эффективности и качества его определения, так и с точки зрения повышения общей безопасности дорожного движения. Выполнен анализ существующих и используемых в настоящее время устройств определения перехода в стадию сна у находящихся за рулем водителей. Выявлены их преимущества и недостатки. Установлено, что главным негативным фактором, препятствующим массовому внедрению уже существующих систем предупреждения, является необходимость надевать на себя тот или иной контролирующий прибор перед началом движения. Проведенная проектно-исследовательская работа предлагает комплексный мониторинг физического и физиологического состояния человека за рулем как новый способ предупреждения его засыпания во время движения. Предложенные к рассмотрению варианты алгоритмической реализации могут применяться в грузовых и пассажирских транспортных средствах дальнего следования. Рассмотрены два отличных друг от друга варианта систем автоматического контроля состояния водителя. Первый подход предполагает применение датчиков биометрических параметров организма, датчиков пульса, температуры тела, давления рук на руль. Второй – использование следящих камер-детекторов. Как для первого, так и для второго варианта автоматизированной системы набор средств контроля устанавливается в салоне транспортного средства и не оказывает физического, столь раздражающего, воздействия на водителя. Разработан программный подход исключения ложных срабатываний предложенных устройств. В работе рассмотрены функциональные схемы разработанных автоматизированных систем, а также логическая структура анализа и принятия решений. Предложен набор воздействий, предназначенных для пробуждения водителя. Сделано заключение о технической перспективности предложенного подхода к проектированию автоматизированных систем.

Ключевые слова: автоматизированная система, предупреждение засыпания, транспортное средство, датчики состояния водителя, безопасность движения.

Введение

Вопрос безопасности водителей и пассажиров на дорогах является на сегодняшний день особо остро обсуждаемым. Анализ статистики ДТП пассажирского и грузового транспорта дальнего следования показал высокий процент происшествий, имевших место в результате засыпания водителя во время движения как в ночные часы, так и ранним утром.

Однако сон – это не монотонное отключение от внешнего мира и период пониженной активности, а особое состояние организма, характеризующееся закономерной последовательной сменой определенной активности в виде циклов, стадий и фаз. Сон состоит из двух последовательных фаз – медленной и быстрой, которые вместе составляют один цикл. Эпизод медленного сна состоит из нескольких стадий, которые отличаются между собой активностью головного мозга. При наступлении начальной стадии сна, т. н. дремоты или засыпания, интервал времени которой составляет всего 300–600 с, водитель может попасть в серьезную аварию [1].

Материалы и методы

Системы оповещения водителя о его состоянии

Каждый профессиональный автомобилист предпочитает свои, как ему кажется, эффективные методы борьбы со сном. Самыми распространенными способами "не заснуть" среди водителей пассажирских и грузовых транспортных средств (ТС) являются: использование громкой музыки на штатных автомагнитолах; употребление бодрящих кофеиносодержащих средств, таких как энергетические напитки, зеленый чай и кофе [2]. Но перечисленные меры малоэффективны, особенно в тех случаях, когда у человека присутствует недомогание, усталость или стресс. Для решения указанной выше проблемы возникает необходимость разработки интеллектуальных автоматизированных систем и комплексов, которые бы предупреждали водителя о наступлении дремоты.

Системы по предупреждению засыпания водителя за рулем последние несколько лет активно внедряют мировые ведущие автопроизводители, такие как Toyota, General Motors, Volvo (табл. 1).

В то же время современный рынок электронного оборудования представляет большое количество устройств, которые могли бы оценить состояние водителя и указать на невозможность дальнейшего продолжения движения (табл. 2). Все они обладают теми или иными недостатками, ограничивающими их массовое применение [3; 4].

Таблица 1. Способы предупреждения засыпания водителя за рулем
Table 1. The warning methods against driver falling asleep in-traffic

Компания-производитель	Принцип работы устройства
Toyota	Мониторинг положения глазных яблок и частоты колебаний век водителя через бортовой компьютер и камеры
General Motors	Контроль с помощью камер-детекторов движения, фиксирующих изменение положения головы и слипание глаз водителя
Volvo	Идентификации состояния водителя за счет отслеживания движения глаз с помощью находящихся в кабине автомобиля инфракрасных датчиков

Таблица 2. Оборудование для предупреждения засыпания водителя за рулем
Table 2. The warning devices against driver falling asleep in-traffic

Название	Принцип работы	Недостатки
Vigo	Отслеживание закономерности и частоты движения глаз, а также их моргания при использовании инфракрасных сенсоров и акселерометра	Необходимость наличия отдельного Bluetooth-устройства передачи данных, которое не входит в базовый комплект
StopSleep	Непрерывное измерение проводимости кожи водителя на пальцах руки	Ограничение движения пальцев руки в связи со спецификой ношения устройства на двух пальцах. Неудобство вождения ТС с механической коробкой переключения передач
VIGITON	Непрерывный контроль физиологического состояния водителя. Производит оповещение других участников движения о том, что ТС неуправляемо – включение внешних аварийных световых и звуковых сигналов	Большие массогабаритные показатели. Необходимость установки до 7 взаимосвязанных устройств непосредственно перед водителем, что очевидно будет ограничивать обзор дороги
Antisleep	Реагирование на наклон головы вниз	Трудности настройки начального уровня наклона из-за отличий в конструкциях кузовов различных ТС. Отсутствие срабатываний на боковые наклоны головы
Avita "Антисон"	Прослушивание и определение ритмов сердечных сокращений	Крайне низкое время работы без дополнительной подзарядки

Принцип работы присутствующих на рынке технологий имеет схожий характер – мониторинг физического состояния водителя, выявление отклонения от параметров нормального состояния и предупреждение [5; 6]. Однако при использовании рассмотренных вариантов не все приборы способны с высокой точностью определить состояние водителя и отреагировать заблаговременно. Но главным недостатком является необходимость того, что водитель обязан каждый раз надевать на себя перед выездом тот или иной прибор. Присутствие человеческого фактора, оказывающего влияние на оборудование подобного рода, отрицательно сказывается на работе системы предупреждения в целом.

Результаты и обсуждение

Система с применением датчиков, контролирующих состояние водителя

В целях устранения недостатков существующих аналогов и повышения безопасности участников движения за счет рациональности и доступности систем автоматического определения засыпания водителей авторами проведена проектно-исследовательская работа по созданию собственной системы идентификации и оповещения. Разработанный способ контроля состояния водителя заключается в том, что автоматизированная система осуществляет непрерывный мониторинг физиологического состояния водителя, ориентируясь на сигналы, которые поступают с расположенных внутри салона ТС датчиков (рис. 1).

В качестве устройств идентификации состояния водителя используется набор датчиков: датчик пульса, датчик температуры и датчик давления рук на руль. Все указанные средства измерения расположены на оплетке рулевого колеса ТС. Сигналы обратных связей состояния водителя поступают в систему управления, где анализируются. На основании этого принимается решение о необходимости подачи предупреждающего светового и звукового сигналов.

Следует отметить, что рассмотренная система, по мнению авторов, предпочтительна для практической реализации, поскольку сочетает в себе свойства эффективной работы с невысокой стоимостью, в сравнении с существующими аналогами. Именно этот конструктивный подход авторский коллектив предполагает

взять за основу при разработке опытного образца автоматизированной системы предупреждения засыпания водителя.

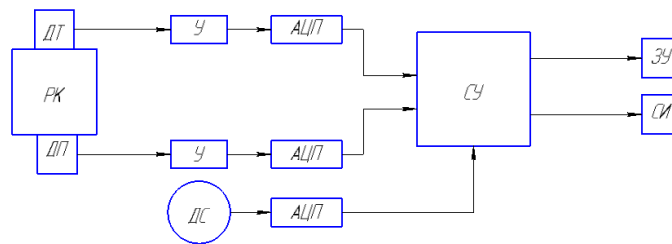


Рис. 1. Функциональная схема "датчиковой" системы предупреждения засыпания водителя во время движения; РК – рулевое колесо;

ДТ – датчик температуры; ДП – датчик пульса; ДС – датчик скорости (спидометр ТС); У – усилитель сигнала; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; СУ – система управления (микроконтроллер); ЗУ – звуковое устройство; СИ – световая индикация

Fig. 1. The flow diagram of the warning sensor system against driver falling asleep in-traffic:

ДТ – the temperature sensor; ДП – the heart rate monitor; ДС – the speed sensor (speedometer); У – the signal amplifier; АЦП – the analog-digital converter; СУ – the control system (microcontroller); ЗУ – the sound device; СИ – the light indication

В процессе подготовки системы к непосредственному использованию в ТС в микроконтроллер записываются возможно допустимые (эталонные) показатели состояния водителя. В процессе работы эталонные значения сравниваются с фактическими показателями состояния. При этом базовые значения во время движения корректируются вниз от начально внесенных, в зависимости от текущей скорости движения, в соответствии с приведенными ниже значениями (табл. 3).

Таблица 3. Поправочные коэффициенты автоматизированной системы контроля
 Table 3. The correction factors of the automated control system

Параметр	Эталонное значение, о. е.	Фактическое значение, о. е.		
		Скорость ТС до 60 км/ч	Скорость ТС от 60 до 90 км/ч	Скорость ТС свыше 90 км/ч
Температура тела	1	не менее 0,97	не менее 0,98	не менее 0,99
Сердцебиение	1	не менее 0,87	не менее 0,9	не менее 0,93
Давление на руль	1	не менее 0,5	не менее 0,7	не менее 0,9

Система без использования датчиков, контролирующих состояние водителя

Альтернативным подходом для решения проблемы определения и предупреждения засыпания водителя во время движения может являться использование двух взаимодействующих между собой камер-фиксаторов, расположенных на внутренних арках салона ТС строго напротив водительского кресла. Суть такого подхода заключается в том, что система осуществляет непрерывный мониторинг положения зрачков водителя (рис. 2).

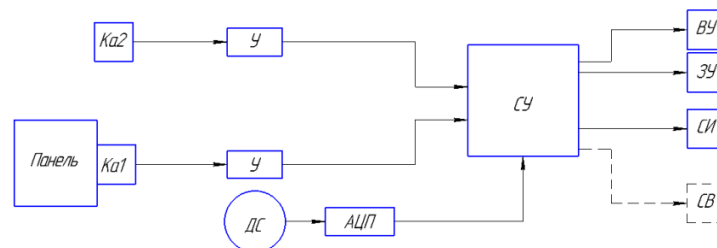


Рис. 2. Функциональная схема "бездатчиковой" системы предупреждения

засыпания водителя во время движения; ДС – датчик скорости (спидометр ТС); У – усилитель сигнала; АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; СУ – система управления (микроконтроллер);

ВУ – вибрационное устройство; ЗУ – звуковое устройство; СИ – световая индикация;

Ка₁ – камера 1; Ка₂ – камера 2; СВ – система впрыска

Fig. 2. The flow diagram of warning sensorless system against driver falling asleep in-traffic:

ДС – the speed sensor (speedometer); У – the signal amplifier; АЦП – the analog-digital converter; СУ – the control system (microcontroller); ВУ – the vibrating device; ЗУ – the sound device; СИ – the light indication; Ка₁ – the camera 1; Ка₂ – the camera 2; СВ – the injection system

Каждая камера фиксирует положение зрачков водителя и передает информацию о их присутствии в заданном диапазоне видимости в цифровую систему управления. При отсутствии зрачков в зоне видимости одной из камер происходит опрос другой. При условии что информация об отсутствии зрачков в области действия подтверждается и на второй камере, происходит оповещение водителя путем светового, звукового и вибрационного сигналов, а также подачи в салон освежающего запаха типа "мята". Автоматизированная система без использования датчиков, также как и предлагаемая датчиковая система (рис. 1) определяет интенсивность подачи предупреждающих сигналов в зависимости от скорости передвижения ТС.

Алгоритм работы системы с использованием датчиков

Для того чтобы минимизировать наличие ложных срабатываний, в системе предусмотрена подача оповещения о наступлении состояния дремоты только при совокупности всех отклонений от состояния бодрости водителя. При наличии отклонения какого-либо одного (или двух) параметров от эталонных значений происходит только световая индикация, фиксирующая возможное начало засыпания. Логическая структура работы предложенного устройства предупреждения засыпания водителей представлена на рис. 3.

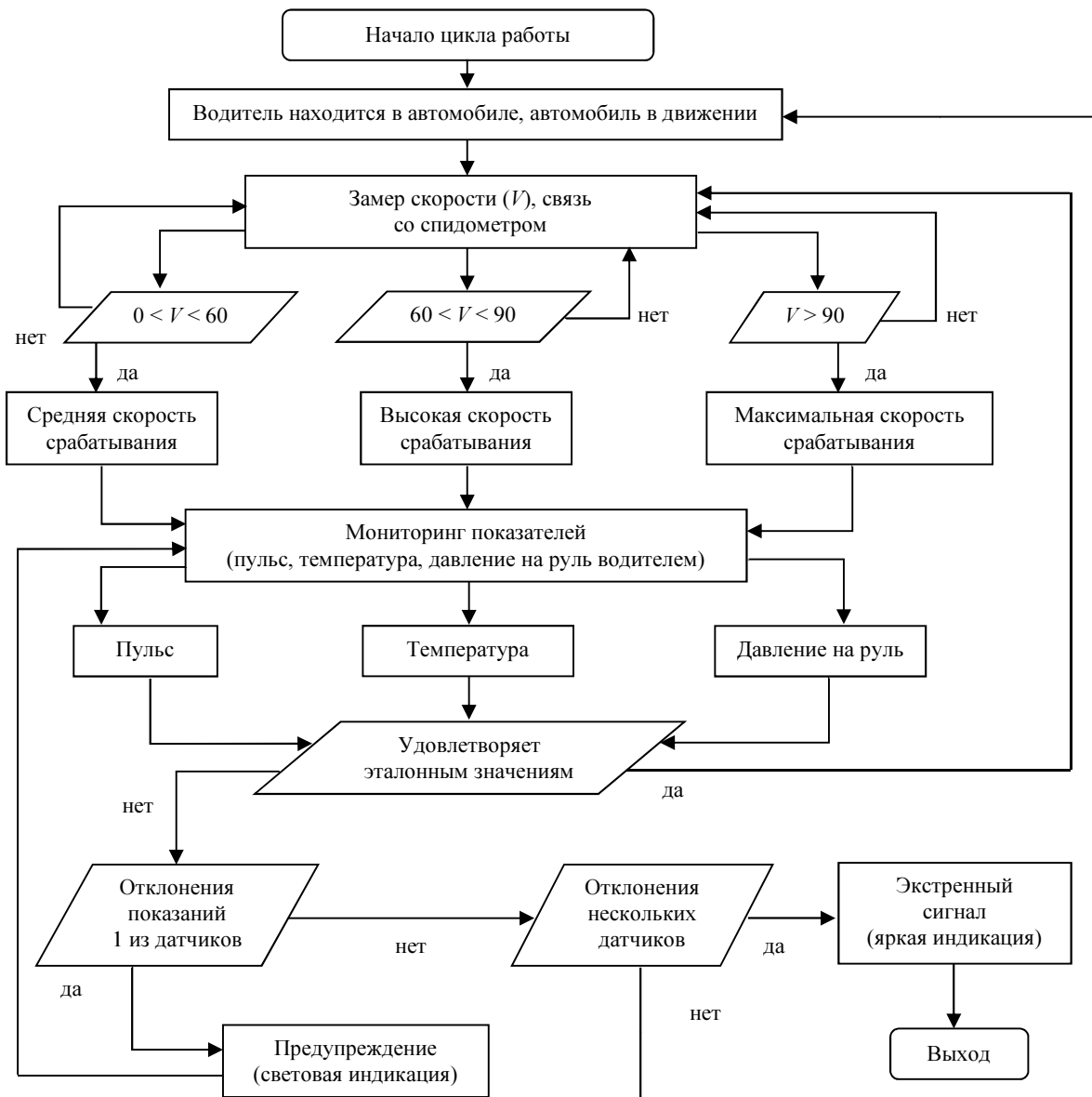


Рис. 3. Логическая структура анализа и принятия решения о засыпании водителя
 Fig. 3. The logical structure of analysis and decision-making about the driver falling asleep

Заключение

В статье обоснована целесообразность применения автоматизированных систем и комплексов предотвращения засыпания водителей в ходе движения ТС. Повышение безопасности на дорогах, жизнь и здоровье участников движения имеют максимальный приоритет.

Анализируя результаты предложенных подходов к проектированию системы определения и предупреждения засыпания водителя во время движения, можно сделать следующие выводы:

- 1) предложены режимы многофункционального контроля состояния водителя ТС как при использовании датчиков его физического состояния, так и при их отсутствии;
- 2) рассмотрена процедура адаптации каждой из предложенных автоматизированных систем под значение текущей скорости передвижения ТС;
- 3) определены пути для минимизации возможных ложных срабатываний устройств за счет последовательного определения физиологического состояния водителя.

Следующим этапом работы должна стать аппаратная реализация представленных методов и подходов, а также исследование опытного образца на реальном ТС.

Библиографический список

1. Петров А. М., Гиниатуллин А. Р. Нейробиология сна: современный взгляд. Казань : КГМУ, 2012. 109 с.
2. Горшенин А. А., Липатов Е. Ю. Анализ устройств для контроля состояния водителя // Известия ВолгГТУ. 2013. Т. 6, № 10 (113). С. 51–53.
3. Чубарев К. С. Новые услуги в автосервисе // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. № 3 (13). С. 108–110.
4. Корнеев Н. В., Гребенников А. В. Программно-аппаратная реализация бортовых оперативно-соответствующих экспертных систем на транспорте // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 4. С. 116–122.
5. Тлупова Т. Г. Новый метод оценки влияния величины зрачка на разрешающую способность зрения при изменении световых условий // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 3. С. 126–127.
6. Лашков И. Б., Смирнов А. В., Кашевник А. М. Исследование и разработка подхода к построению интеллектуального мобильного сервиса для автоматизированной поддержки водителя транспортного средства // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15, № 6. С. 1130–1138.

References

1. Petrov A. M., Giniatullin A. R. Neurobiologiya sna: sovremenniy vzglyad [Neurobiology of sleep: modern look]. Kazan : KGMU, 2012. 109 p.
2. Gorshenin A. A., Lipatov E. Yu. Analiz ustroystv dlya kontrolya sostoyaniya voditelya [Analysis of devices for monitoring the condition of the driver] // Izvestiya VolgGTU. 2013. V. 6, N 10 (113). P. 51–53.
3. Chubarev K. S. Novye uslugi v avtoservise [New services in car-care centers] // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2010. N 3 (13). P. 108–110.
4. Korneev N. V., Grebennikov A. V. Programmno-apparatnaya realizatsiya bortovykh operativno-sootvetstvuyuschih ekspertnykh sistem na transporte [Software and hardware implementation of on-board operational-relevant expert systems for transport] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2014. V. 16, N 4. P. 116–122.
5. Tlupova T. G. Novyi metod otsenki vliyaniya velichiny zrachka na razreshayuschuyu sposobnost zreniya pri izmenenii svetovykh usloviy [A new method for estimating the effect of the pupil's value on the resolution of vision when the light conditions change] // Vestnik novykh meditsinskih tehnologiy. 2008. V. 15, N 3. P. 126–127.
6. Lashkov I. B., Smirnov A. V., Kashevnik A. M. Issledovanie i razrabotka podhoda k postroeniyu intellektualnogo mobilnogo servisa dlya avtomatizirovannoy podderzhki voditelya transportnogo sredstva [Research and development of an approach to building an intelligent mobile service for the automated support of a vehicle driver] // Nauchno-tehnicheskiy vestnik informatsionnykh tehnologiy, mehaniki i optiki. 2015. V. 15, N 6. P. 1130–1138.

Сведения об авторах

Дымов Илья Сергеевич – пр. К. Маркса, 20, г. Новосибирск, Россия, 630073; Новосибирский государственный технический университет, аспирант; e-mail: ildymov@mail.ru

Dymov I. S. – 20, K. Marks Pr., Novosibirsk, Russia, 630073; Novosibirsk State Technical University, Ph. D. Student; e-mail: ildymov@mail.ru

Деревянко Роман Евгеньевич – пр. К. Маркса, 20, г. Новосибирск, Россия, 630073; Новосибирский государственный технический университет, аспирант; e-mail: romder3@yandex.ru

Derevyanko R. E. – 20, K. Marks Pr., Novosibirsk, Russia, 630073; Novosibirsk State Technical University, Ph. D. Student; e-mail: romder3@yandex.ru

Котин Денис Алексеевич – пр. К. Маркса, 20, г. Новосибирск, Россия, 630073; Новосибирский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент; e-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

Kotin D. A. – 20, K. Marks Pr., Novosibirsk, Russia, 630073; Novosibirsk State Technical University, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor; e-mail: d.kotin@corp.nstu.ru

I. S. Dymov, R. E. Derevyanko, D. A. Kotin

Automation warning system against driver falling asleep in-traffic

The paper is devoted to the development of a new automation recognition and warning system against driver falling asleep in-traffic. The issue of the physical condition control of professional drivers on the voyage has been considered both on the part of efficiency and quality of its determination, and in terms of improving overall road safety. The existing and widely used devices for determining the transition to the stage of sleep of drivers being in-traffic have been analyzed. Their advantages and disadvantages have been detected. It has been established that the main negative factor preventing the mass introduction of pre-existing warning systems is the need to wear one or another monitoring device before starting the movement. Carried out project research work has proposed a complex monitoring of the physical and physiological condition of driving person as a new warning method against falling asleep in-traffic. The proposed variations of algorithmic implementations can be used in long-distance trucks and passenger vehicles. Two different versions of the automatic control status of the driver physical condition have been considered. The first approach has proposed the use of sensors of the biometric parameters of body, pulsus, body temperature, and hands on wheel pressure sensors. The second one has proposed using the tracking cameras. Both for the first and second versions of the automation system a toolset of control devices is being installed inside the vehicle and have no physical, so irritating action on the driver. Software approach for the false operation rejection of the devices has been developed. The paper considers the flow diagrams of the automatic systems and logical structure of analysis and decision-making. The set of impacts intended for driver's awakening has been proposed. The conclusion about the engineering perspectives of the proposed approach of projected automation systems has been made.

Key words: automation system, falling asleep warning, transportation vehicle, driver physical condition sensors, safety of traffic.