

УДК 629.113.06+612.821+612.223+616.2

В.В. САВЧЕНКО, канд. техн. наук

директор научно-инжинирингового центра «Бортовые системы управления мобильных машин» — начальник отдела систем активной безопасности и управления

E-mail: uus@tut.by

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 03.01.2018.

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ: ПЕРСПЕКТИВЫ МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Системы помощи водителю находятся на пике своего развития и уже активно применяются ведущими мировыми автопроизводителями как эффективный инструмент повышения безопасности движения (сокращение аварийности). Системы мониторинга усталости водителя на методологическом уровне и по функциональному назначению активно развиваются и обозначили тренд, в том числе перехода по ряду функций из категории систем-ассистентов в категорию систем активной безопасности, работающих в автоматическом режиме. Наиболее эффективный, имеющий наименьшую вероятность опасного отказа метод автоматической интерпретации функционального состояния водителя в части усталости водителя (глубокая релаксация, когда значительно возрастает количество ошибок водителя, которые могут привести к аварии, фаза функционального состояния водителя, предшествующая засыпанию) основывается на мониторинге и анализе параметров электродермальной активности. Методы автоматической интерпретации функционального состояния водителя позволяют расширить функциональные возможности ряда систем безопасности и повысить их эффективность. Показана актуальность мониторинга функционального состояния водителя до достижения транспортными средствами полной автономности движения.

Ключевые слова: мониторинг усталости, система поддержания работоспособности, системы активной безопасности, системы помощи водителю, функциональное состояние, уровень бдительности

Введение. Основным функциональным назначением систем активной безопасности автомобиля является предотвращение аварийной ситуации. На начальной стадии возникновения критической ситуации система автоматически просчитывает «тренд», неизбежно ведущий к возникновению нештатных ситуаций, при необходимости и возможности превентивно предотвращает его путем активного вмешательства в процесс управления автомобилем. Работая в автоматическом режиме, системы активной безопасности позволяют водителю в различных критических ситуациях сохранять контроль над автомобилем, прежде всего, курсовую устойчивость (сохранять движение по заданной траектории, противодействуя силам, вызывающим занос и опрокидывание) и управляемость автомобиля (способность автомобиля двигаться в заданном водителем направлении). Для реализации указанных функций они конструктивно (кинематически) связаны и взаимодействуют с тормозной системой автомобиля, повышая ее эффективность. Ряд систем активной безопасности взаимодействует с системой управления двигателем и регулируют величину крутящего момента.

В последнее время активно разрабатываются и применяются «продвинутое» системы помощи водителю» (Advanced Driver Assistance System —

ADAS), системы-ассистенты водителя, вспомогательные системы активной безопасности, предназначенные для помощи водителю при прогнозировании возникновения возможных сложностей у водителя при управлении автомобилем [1–2]. Кроме превентивного предупреждения водителя о возможной опасности, ряд систем автоматически осуществляет активное вмешательство в управление автомобилем, используя при этом алгоритмы управления двигателем, тормозную систему и рулевое управление [3–5]. В соответствии с функциональным назначением ADAS делятся на три большие группы: информационные системы, предоставляющие водителю результаты автоматического мониторинга параметров движения и ситуационной обстановки, для принятия решений при управлении автомобилем; системы предупреждения, предписывающие коррекцию алгоритмов деятельности по управлению транспортным средством в реальном масштабе времени; активные системы, работающие в автоматическом режиме, с функциональным назначением превентивной коррекции параметров движения при определении трендов отклонений от штатного режима с учетом ситуационной обстановки.

Системы-ассистенты водителя уже нашли массовое применение, например в Германии, на

новых легковых автомобилях [6]: адаптивный круиз-контроль (ACC/ACC Stop&Go) и система распознавания дорожных знаков устанавливается ориентировочно на 4 % выпускаемых автомобилей (данные за 2013 год), система помощи движению по полосе и автоматическая система аварийного торможения — на 10–11 % выпускаемых автомобилей, системы интеллектуального управления фарами и обнаружения сонливости — на 20–23 % выпускаемых автомобилей (рисунок).

Одним из перспективных направлений исследований по развитию эффективности функционирования алгоритмов, на основе которых работают системы активной безопасности (превентивные системы безопасности и системы-ассистенты водителя), является использование закономерностей (результатов), получаемых методами мониторинга и поддержания работоспособности водителей в реальном масштабе времени [7–10]. Фактическое текущее функциональное состояние водителя является дополнительной информацией для повышения адаптивности базовых алгоритмов систем активной безопасности [11]. В работе отмечается, что образовалась устойчивая тенденция использования как в исследовательских, так и в прикладных работах потенциала синергии динамики фактического состояния антропогенных систем и функциональных систем операторов, как взаимодополняющих методов и способов, направленных на повышение эффективности функционирования систем «человек — машина» в целом. Эти методы реализуются бортовыми электронными системами и информационно-аналитическими комплексами с использованием адаптивных алгоритмов. Обнаружение тренда к релаксации водителя фактически является командой к превентивной активизации активных систем безопасности.

Методологические аспекты проблемы. Сегодня используется два основных пути повышения эффективности функционирования водителей автомобилей. Первый из них связан с комплексной оптимизацией рабочей среды, основанный на учете психофизиологических характеристик во-

дителя и выработке профессионально важных качеств. Достаточно важным является учет эргономических требований, предъявляемых к рабочим местам. Однако особенности деятельности водителей таковы, что, следуя лишь первым путем, не представляется возможным учитывать и контролировать информационные перегрузки, факторы монотонии, изменения функционального состояния, нештатные и аварийные ситуации. Второй путь повышения надежности выполнения алгоритмов деятельности — это повышение надежности оператора, как лица, принимающего решения, и исполнителя алгоритмов деятельности. Этот путь предусматривает осуществление профессионального отбора, построение эффективного процесса профессиональной подготовки и переподготовки операторов, как правило, с использованием тренажеров для отработки редких действий, контроль функционального состояния и правильности выполнения алгоритмов деятельности непосредственно в процессе функционирования.

Особенностью рассматриваемой операторской деятельности является отсутствие у водителя достаточного объема информации о внешней среде, ее быстрая изменчивость, что не позволяет осуществлять долговременное прогнозирование и программирование своих действий по управлению автомобилем. Наиболее важными и профессионально значимыми психофизиологическими качествами, необходимыми для успешного выполнения деятельности по управлению автомобилем, обеспечивающими их безопасность функционирования, являются монотоностойчивость; готовность к экстренным действиям; высокий уровень бдительности; способность к постоянному прогнозированию динамики изменения внешней среды; сосредоточенное и устойчивое внимание; эмоциональная устойчивость; высокая мотивированность. Ситуация усугубляется тем, что далеко не каждый водитель способен проводить корректную самооценку функционального состояния в реальном масштабе времени.

Большинство аварий связаны с субъективными моментами в деятельности водителя и включают две составные части: аварийную ситуацию (например, помеха на пути следования) и несоответствующее ситуации функциональное состояние оператора (например, неготовность к экстренному действию или эмоциональный стресс). Выполнение экстренных, непрогнозируемых заранее алгоритмов деятельности требует от водителя эмоциональной устойчивости и готовности к экстренному действию, чтобы внезапная экстремальная ситуация не выступила бы в качестве стрессора, способного затруднить анализ ситуации и выполнение соответствующих алгоритмов деятельности, которые в штатных условиях выполняются без напряжения. Состояние пониженной готовности водителя к экстремному дей-



Рисунок — Присутствие систем помощи водителю в новых легковых автомобилях [6]

ствию или переход к состоянию эмоционального стресса можно рассматривать как психофизиологическую предпосылку для возникновения нештатных ситуаций.

В рамках общих принципов создания ADAS сформулированы требования к системным алгоритмам их функционирования: возможность отключения ручным выключателем для систем, выдающих информацию не только в экстремальных ситуациях, но и в штатных условиях движения; предоставление информации водителю о результате, который он получит при активированной и выключенной системе; предоставление информации водителю об условиях, когда ожидаемый результат системой не гарантируется; водитель должен иметь возможность просто и быстро прервать действие системы в любое время при штатной ситуации и при угрозе аварии [12]. При развитии нештатной критической дорожной ситуации: при определении неизбежности столкновения система должна в автоматическом режиме активировать алгоритмы по минимизации его последствий; при превентивном прогнозировании неизбежности потери контроля за управлением ТС система должна активировать алгоритмы по его восстановлению, предотвращению или снижению тяжести последствий потенциального дорожно-транспортного происшествия. Ряд рекомендаций во многом перекликается с классическими требованиями эргономики. Например, особо важное предупреждение должно быть заметным в информационном поле водителя; отличаться от других информационных сообщений в автомобиле; ориентировать водителя относительно места расположения опасности; информировать о степени близости опасности; учитывать существующие временные диапазоны сенсорных органов и функциональных систем водителя по восприятию, переработке, принятию решения и реализации требуемых алгоритмов деятельности. Такие сообщения должны дублироваться в приоритетном порядке, а сообщений с невысокой вероятностью наступления должно быть минимальное количество, системы должны иметь встроенную автоматическую диагностику правильности функционирования. Предполагается, что такой подход распространится на все три уровня ADAS [12].

Классификация систем помощи водителю. К вспомогательным системам активной безопасности относятся: адаптивный круиз контроль; система помощи движению по полосе; система помощи при перестроении (мониторинга «слепой зоны»); система кругового обзора и контроля слепых зон; система контроля усталости водителя; парковочная система; система помощи при подъеме; система помощи при спуске; системы распознавания дорожных знаков и пешеходов; система аварийного рулевого управления; система ночного видения; система интеллектуального управ-

ления фарами (адаптивного освещения), система контроля давления в шинах, электромеханический стояночный тормоз, система помощи при экстренном торможении, коммуникационная система с беспроводной сетью для автоматического обмена данными с другими автомобилями, а также объектами транспортной инфраструктуры и др. Вспомогательные системы активной безопасности для реализации своих функций используют разностороннюю информацию о транспортной системе «человек — машина» и внешней среде ее функционирования: фактическое состояние узлов и агрегатов автомобиля, их динамика, параметры движения автомобиля и «подчерк» управления автомобилем конкретным водителем, изменение дорожных условий, динамика изменения параметров, характеризующих функциональное состояние водителя, данные с навигационных систем, дорожных знаков, интеллектуальных транспортных систем и др. [1–5, 13].

Классификация методов мониторинга усталости водителя. Известны основные требования к системам мониторинга функционального состояния операторов систем «человек — машина» [11], в том числе водителей автомобилей, одно из которых: необходимо обнаруживать предвестники опасных состояний, интерпретировать в реальном масштабе времени функциональные состояния, которые несовместимы с выполняемой работой (смерть, потеря сознания, сон и т. п.). Определение предвестников опасных состояний позволяет принять превентивные меры в автоматическом или автоматизированном режиме, а констатация наличия таких функциональных состояний почти неизбежно приводит к развитию аварийной обстановки.

Известны методы, определяющие наличие предвестников сна и глубокой релаксации водителей автомобилей (таблица) и лежащие в основе

Таблица — Методы, определяющие наличие предвестников сна и глубокой релаксации водителей автомобилей [14]

Технология	Вероятность опасного отказа p
Изменение «почерка» вождения	0,3
Рациональные действия	0,3
Пульс	0,3
Поза (тонус мышц)	0,2
Направление взгляда	0,2
Наклоны головы (тонус мышц)	0,1
Речь	0,1
Окулограмма	0,05
Моргания	0,02
Микросаккады (потенциально)	0,001
Электродермальная активность (47 млн. ч-час без аварий)	0,0001

многих систем мониторинга усталости водителя [14–16].

Системы мониторинга усталости водителя. Рассмотрим прикладную реализацию методов мониторинга усталости водителя, когда наименьшая вероятность опасного отказа p при автоматической интерпретации текущего уровня релаксации (бодрствования) водителя в соответствии с таблицей составляет от 0,0001 до 0,001. Это тот уровень, который потенциально может привести к интеграции систем мониторинга состояния водителя и систем активной безопасности автомобиля, работающих в автоматическом режиме.

В системе поддержания работоспособности водителей (СПРВ), в которой используется мониторинг и автоматический анализ параметров электродермальной активности (ЭДА — основной критерий для автоматической интерпретации текущей динамики уровня релаксации водителя [7, 8, 10, 14], метод имеет наименьшую из известных вероятностей опасного отказа ($p = 0,0001$), применены принципы построения систем безопасного мониторинга состояния человека-оператора [9]. В качестве дополнительного критерия при интерпретации уровня релаксации водителя применен анализ рациональных действий ($p = 0,3$) водителя по управлению автомобилем. Системой автоматически интерпретируются функциональные состояния операторов типа «бодрствование — сниженный уровень бодрствования» как две крайние точки в пространстве функциональных состояний этого типа и динамика переходов между ними. Функциональное состояние «сниженный уровень бодрствования» означает, что водитель еще способен управлять транспортным средством, но время его реакции и качество управляющих действий ухудшаются, увеличивается вероятность совершения ошибок [8].

Экспериментально доказано, что восприятие оператором значимой для него информации о процессах функционирования системы «человек — машина» и динамики внешней среды всегда сопровождается «откликом» в его функциональных системах, в частности, импульсом или импульсами фазической составляющей ЭДА. С использованием указанной закономерности разработаны алгоритмы контроля восприятия оператором семантически бинарной релевантной информации и эмоционального возбуждения, непосредственно во время выполнения алгоритмов деятельности [17].

Используемые в СПРВ алгоритмы эволюционируют: предложено взаимодействие с диспетчерскими системами [14, 18] и системами тахографии, системами активной безопасности (превентивных систем безопасности и систем-ассистентов водителя) для их дальнейшего развития [5], расширения функциональных возможностей СПРВ — автоматическое определение момента времени

начала развития эмоционального возбуждения водителя с автоматической передачей сообщения о наступлении события диспетчеру [18].

Представляется перспективным интеграция методологии СПРВ в телематические системы с целью расширения функциональных возможностей по оперативному реагированию не только на аварию автомобиля, но и в случае чрезмерной релаксации, потери сознания или внезапной смерти водителя. При этом возможно учитывать текущие географические координаты и, соответственно, в автоматическом режиме управлять динамикой и траекторией ТС.

В системах мониторинга усталости водителя часто ведется многокритериальный анализ изменения индивидуального стиля водителя при управлении автомобилем и динамики автомобиля во время движения, где в качестве исходной используется информация с разноуровневых бортовых систем.

Системы контроля засыпания, в основе которых лежит автоматический анализ характеристик зрительного анализатора водителя (в различных сочетаниях: направления взгляда, наклон головы, окулограмма, моргания), широко используются в современных системах, например, Mercedes-Benz Attention Assist, Ford Driver Alert и Driver Alert Control компании Volvo. Тестируется система Driver State Estimation от Volvo, которая, контролируя состояние водителя (критерии: в каком направлении смотрит водитель; на сколько открыты глаза; какова позиция и угол наклона головы с одновременным анализом информации от таких систем ассистентов водителя, как отклоняется ли автомобиль с полосы движения, расстояния до препятствия впереди), сможет в критической ситуации перехватывать управление и автоматически выводить автомобиль из потенциальной зоны риска.

Достаточно хорошие перспективы после завершения исследовательских работ, ведущихся в разных странах, и вывода технологии на прикладной уровень имеет метод автоматической интерпретации развития глубокой релаксации (фаза перехода к засыпанию) водителей, основанный на мониторинге динамики микросаккад ($p = 0,001$, микросаккады — это быстрые движения глаз продолжительностью 10–20 мс, диапазон амплитуд 2–50', обеспечивают устойчивые фиксации объекта для распознавания).

ПАО «КАМАЗ» в рамках реализации дорожной карты «Автонет» [19] планирует оснащать свои автомобили ADAS со следующим функционалом [20].

ADAS 1 (2018 год): PCW — предупреждение о лобовом столкновении с пешеходами; AEB0 — продвинутая система экстренного торможения; TSR0 — распознавание дорожных знаков; ALC0 — адаптивное управление светом фар;

LDW0 — предупреждение о выезде за пределы полосы движения; FCW0 — предупреждение о лобовом столкновении; TLR — Traffic Light Recognition (распознавание сигналов светофора); система кругового видеобзора транспортного средства 360° (Bird View).

ADAS 2 (2022 год): BSD — система мониторинга слепых зон; LKA2 — помощь движению по полосе; ACC S&G1 — адаптивный круиз-контроль с функцией «стоп» и «вперед»; TJP1 — помощь в пробке; AWS — автоматическое включение/выключение стеклоочистителей лобового стекла; автосвет — датчик освещенности; TA — помощь при повороте; DMS — система контроля состояния водителя.

ADAS 3 (2026 год): LCA — Lane Change Assist (помощь при смене полосы движения); PA — помощь при парковке; ACC TSA (ISA) — Adaptive Cruise Control Traffic State-Adaptive (адаптивный круиз-контроль с адаптацией в зависимости от дорожных знаков); HA3 — магистральный ассистент; TJP3 — помощь в пробке; ILS0 — интеллектуальный свет фар; система мониторинга давления в шинах; система контроля нагрузки на ось; дистанционное управление транспортным средством; вместо наружных зеркал заднего обзора — применение видеокamer заднего обзора и экранов отображения в кабине; электропривод тормозных механизмов; рулевое управление без механической связи рулевого колеса с управляемыми колесами; Platooning — движение в колонне; система ночного видения; система записи параметров движения («черный ящик»).

Таким образом, уровень «автоматизации» ТС значительно возрастает, при этом этап оснащения ТС системами ADAS рассматривается как промежуточный при переходе к беспилотному (роботизированному) движению. По мнению экспертов, к 2035 году на дорогах общего пользования Российской Федерации будет около 10 % беспилотных ТС. Будут реализованы и компромиссные варианты, когда при определенных условиях ТС движется в беспилотном режиме, а при изменении ситуации (прежде всего связанной со сложностью или невозможностью ее формализации) «передает» управление водителю.

Из опыта эксплуатации систем «человек — машина» известно, что при возрастании автоматизации процессов у оператора возрастает и количество монотонных алгоритмов деятельности или их фрагментов, что существенно снижает степень готовности оператора к экстренному выполнению управляющих действий и является предпосылкой к развитию нештатных и аварийных ситуаций. Автоматическая «передача» управления водителю при начальном движении в беспилотном режиме, точнее алгоритмы такой «передачи», — достаточно сложная задача, и она не решается без автоматической интерпретации текущего функционального состояния (способности выполнять штатные

алгоритмы деятельности) водителя. Кроме того, водителю требуется несколько десятков секунд только на то, чтобы сориентироваться во внешней среде и позиционировать в ней ТС, которое в автоматическом режиме передает ему управление.

Выводы. Системы помощи водителю находятся на пике своего развития и уже активно применяются ведущими мировыми автопроизводителями как эффективный инструмент повышения безопасности движения (сокращение аварийности ТС) и являются промежуточным этапом при переходе к беспилотному движению.

Системы мониторинга усталости водителя на методологическом уровне и по функциональному назначению активно развиваются и обозначили тренд, в том числе перехода по ряду функций из категории систем-ассистентов в категорию систем активной безопасности, работающих в автоматическом режиме. Наиболее эффективный, имеющий наименьшую вероятность опасного отказа, метод автоматической интерпретации функционального состояния водителя в части усталости водителя (глубокая релаксация, когда значительно возрастает количество ошибок водителя, которые могут привести к аварии, фаза функционального состояния водителя, предшествующая засыпанию) основывается на мониторинге и анализе параметров ЭДА. Методы автоматической интерпретации функционального состояния водителя позволяют расширить функциональные возможности систем безопасности и повысить их эффективность.

Показана актуальность мониторинга функционального состояния водителя до достижения транспортными средствами полной автономности движения.

Список литературы

1. ADAS — улучшенные системы помощи водителю [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://papago.com.ru/science/adas/>. — Дата доступа: 20.12.2017.
2. ADAS: как современные автомобили обеспечивают безопасность водителей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://harmaninnovation.com/blog/ru-ru/adas-days-vehicles-keeping-drivers-safe-4>. — Дата доступа: 20.12.2017.
3. Современные системы содействия водителю (ADAS) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nvidia.ru/object/advanced-driver-assistance-systems-ru.html>. — Дата доступа: 20.12.2017.
4. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sae.org/servlets/techSession>. — Дата доступа: 20.12.2017.
5. The ADAS and Active Safety Report, 2013 Edition [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://books.sae.org/mr-sb-179/>. — Дата доступа: 20.12.2017.
6. Почти каждый четвертый новый автомобиль в Германии оснащается системой предупреждения об усталости водителя [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://btest.ru/novosti/pochti_kazhdyj_chetvertyj_novyy_avtomobil_v_germanii_osnawaetsya_sistemoj_preduprezhdeniya_ob_ustalosti_voditelya. — Дата доступа: 20.12.2017.
7. Система мониторинга состояния водителя и безопасность на автомобильном транспорте / С.В. Герус [и др.]. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2003. — № 8. — С. 46–52.

8. Савченко, В.В. Бортовая система мониторинга функционального состояния оператора транспортного средства / В.В. Савченко // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012. — № 1(18). — С. 20–25.
9. Дементенко, В.В. Физические принципы построения систем безопасного мониторинга состояния человека-оператора: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 01.04.01 / В.В. Дементенко; Рос. акад. наук, Ин-т радио. и электр. — М., 2010. — 41 с.
10. Савченко, В.В. Обратные связи в задаче поддержания операторов систем «человек — машина» в состоянии готовности к экстремному действию / В.В. Савченко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. — 2005. — Т. 4, № 4. — С. 477–481.
11. Савченко, В.В. Развитие методологии мониторинга функциональных состояний операторов транспортных систем «человек — машина» / В.В. Савченко // Мехатроника, автоматизация, управление. — 2013. — № 6. — С. 27–32.
12. Гусаров, А.П. Тенденции регламентации требований к бортовым интеллектуальным транспортным системам в комитете по внутреннему транспорту ЕЭК ООН / А.П. Гусаров // Журнал автомобильных инженеров. — 2011. — № 3(68). — С. 4–8.
13. Обзор систем помощи водителю концерна Volkswagen [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.autodela.ru/main/top/review/Volkswagen_Safety/. — Дата доступа: 20.12.2017.
14. Дистанционный контроль бодрствования водителя в рейсе / В.В. Бонч-Бруевич [и др.]. // Автоматизация в промышленности. — 2015. — № 2. — С. 33–35.
15. Driver vigilance devices: system review. London, Railway Safety, 2002. 95 p. = Отчет «Обзор систем бдительности водителя» (на русском языке), опубликованный Советом по железнодорожной безопасности и стандартам Великобритании — Rail Safety and Standards Board (RSSB) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.neuocom.ru/ru2/company/publikacii.html>. — Дата доступа: 20.12.2017.
16. Operator Fatigue Detection Technology Review. — Peoria: Caterpillar Inc. — 2008.
17. Савченко, В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов транспортных систем «человек — машина» / В.В. Савченко // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 2005. — № 2. — С. 9–37.
18. Савченко, В.В. Психофизиологические аспекты повышения эффективности работы водителей карьерных самосвалов / В.В. Савченко // Горный журнал. — 2005. — № 9–10. — С. 94–96.
19. План мероприятий (дорожная карта) «Автонет» Национальной технологической инициативы РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://fasie.ru/upload/docs/dk_avtonet.pdf. — Дата доступа: 20.12.2017.
20. Назаренко, С.В. Предложения по системе помощи водителю / С.В. Назаренко // Интеллектуальные транспортные системы: материалы междунар. автомобил. науч. форума (МАНФ–2017), Москва, 18–19 окт. 2017 г. [Электронное издание] / ААИ, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». — М., 2017. — R20171002.

SAVCHENKO Vladimir V., Ph. D. in Eng.

Director of R&D Center “Onboard control systems of mobile machines” — Head of the Department of Active Safety and Control Systems

E-mail: uus@tut.by

Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Received 03 January 2018.

CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS: PROSPECTS OF MONITORING THE DRIVER'S FUNCTIONAL STATE

Driver assistance systems are at the peak of their development and are already actively used by the world's leading automakers as an effective tool to improve traffic safety (reducing accident rates). The driver fatigue monitoring systems at the methodological level and functional purpose are actively developing and have outlined a trend, including the transition of a number of functions from the category of assistant systems to the category of active safety systems operating in automatic mode. The most effective method of automatically interpreting the driver's functional state in terms of driver fatigue (deep relaxation, when the number of driver errors significantly increases which can lead to an accident, the driver's functional state preceding the fall asleep) is the most effective, having the least probability of a dangerous failure. It is based on monitoring and analysis of parameters of the electrodermal activity. Methods of automatic interpretation of the functional state of the driver allow us to expand the functionality of a number of security systems and increase their effectiveness. It shows the relevance of monitoring the driver's functional state before the vehicles achieve full autonomy of traffic.

Keywords: *fatigue monitoring, maintenance system, active safety systems, driver assistance systems, functional state, vigilance level*

References

1. ADAS — uluchshennye sistemy pomoshhi voditelju [ADAS — improved driver assistance systems]. Available at: <http://papago.com.ru/science/adas/> (accessed 20 December 2017).
2. ADAS: kak sovremennye avtomobili obespechivajut bezopasnost voditelej [ADAS: how modern cars provide driver safety]. Available at: <http://harmaninnovation.com/blog/ru-ru/adas-today-vehicles-keeping-drivers-safe-4/> (accessed 20 December 2017).

3. *Sovremennye sistemy sodejstvija voditelju (ADAS)* [Modern driver assistance systems (ADAS)]. Available at: <http://www.nvidia.ru/object/advanced-driver-assistance-systems-ru.html/> (accessed 20 December 2017).
4. *Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)*. Available at: <http://www.sae.org/servlets/techSession/> (accessed 20 December 2017).
5. *The ADAS and Active Safety Report*. Available at: <http://books.sae.org/mr-sb-179/> (accessed 20 December 2017).
6. *Pochti kazhdyj chetvertyj novyj avtomobil v Germanii osnashaetsja sistemoj preduprezhdenija ob ustalosti voditelja* [Almost every fourth new car in Germany is equipped with a driver fatigue warning system]. Available at: http://btest.ru/novosti/pochti_kazhdyj_chetvertyj_novyj_avtomobil_v_germanii_osnawaetsya_sistemoj_preduprezhdeniya_ob_ustalosti_voditelya/ (accessed 20 December 2017).
7. Gerus S. V. [et al.] Sistema monitoringa sostojanija voditelja i bezopasnost na avtomobilnom transporte [System of monitoring the driver's condition and safety in road transport]. *Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika* [Biomedical technologies and radio electronics], 2003, no. 8, pp. 46–52.
8. Savchenko V.V. Bortovaja sistema monitoringa funkcionalnogo sostojanija operatora transportnogo sredstva [Onboard monitoring system for the functional state of the vehicle operator]. *Mehanika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2012, no. 1(18), pp. 20–25.
9. Dementienko V.V. *Fizicheskie principy postroenija sistem bezopasnogo monitoringa sostojanija cheloveka-operatora*. Diss. dokt. tehn. nauk [Physical principles of construction of systems for safe monitoring of human operator status. Extended Abstract of D. Sc. Thesis]. Moscow, 2010. 41 p.
10. Savchenko V.V. Obratnye svjazi v zadache podderzhanija operatorov sistem "chelovek-mashina" v sostojanii gotovnosti k jekstrennomu dejstvu [Feedbacks in the problem of maintaining operators of human-machine systems in the state of readiness for emergency action]. *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah* [System analysis and management in biomedical systems], 2005, vol. 4, no. 4, pp. 477–481.
11. Savchenko V.V. Razvitie metodologii monitoringa funkcional'nyh sostojanij operatorov transportnyh sistem "chelovek-mashina" [Development of a methodology for monitoring the functional states of operators of human-machine transport systems]. *Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie* [Mechatronics, automation, control], 2013, no. 6, pp. 27–32.
12. Gusarov A.P. Tendencii reglamentacii trebovanij k bortovym intellektualnym transportnym sistemam v komitete po vnutrennemu transportu EJeK OON [Trends in the regulation of requirements for airborne intelligent transport systems in the UNECE Inland Transport Committee]. *Zhurnal avtomobilnyh inzhenerov* [Journal of Automotive Engineers], 2011, no. 3(68), pp. 4–8.
13. *Obzor sistem pomoshhi voditelju koncerna Volkswagen* [Overview of Volkswagen assistance systems for the driver]. Available at: http://www.autodela.ru/main/top/review/Volkswagen_Safety/ (accessed 20 December 2017).
14. Bonch-Bruevich V.V. [et al.] Distancionnyj kontrol bodrstvovaniya voditelja v rejse [Remote control of wakefulness of the driver during driving]. *Avtomatizacija v promyshlennosti* [Automation in industry], 2015, no. 2, pp. 33–35.
15. *Otchet "Obzor sistem bditelnosti voditelja"* [Report "Overview of Driver Vigilance Systems"]. Available at: <http://www.neurocom.ru/ru2/company/publikacii.html/> (accessed 20 December 2017).
16. *Operator Fatigue Detection Technology Review*. USA, Caterpillar Inc. Peoria, IL, 2008.
17. Savchenko V.V. Metody i sredstva povyshenija jeffektivnosti funkcionirovaniya operatorov transportnyh sistem "chelovek-mashina" [Methods and means of increasing the efficiency of operators of human-machine transport systems]. *Izvestija Nacionalnoj akademii nauk Belarusi. Serija fiziko-tehnicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Physical-Technical Sciences], 2005, no. 2, pp. 9–37.
18. Savchenko V.V. Psihofiziologicheskie aspekty povyshenija jeffektivnosti raboty voditelej karernyh samosvalov [Psychophysiological aspects of improving the performance of drivers of quarry dump trucks]. *Gornyj zhurnal* [Mining Journal], 2005, no. 9–10, pp. 94–96.
19. *Plan meroprijatij (dorozhnaja karta) "Avtonet" Nacionalnoj tehnologicheskoj iniciativy RF* [Action plan (road map) of "Autonet" of the National Technological Initiative of the Russian Federation]. Available at: http://fasie.ru/upload/docs/dk_avtonet.pdf/ (accessed 20 December 2017).
20. Nazarenko S.V. Predlozhenija po sisteme pomoshhi voditelju [Proposals for a driver assistance system]. *Trudy mezhdunar. avtomobil. nauch. foruma "Intellektualnye transportnye sistemy" (MANF-2017)* [Proc. Int. Aut. Sci. Forum "Intelligent Transport Systems" (MANF-2017)]. Moscow, 2017.