

УДК 629.113.06+612.821+612.223+616.2

В.В. САВЧЕНКО, канд. техн. наук

начальник научно-инжинирингового центра «Бортовые системы управления мобильных машин»

E-mail: uus@tut.by

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

Поступила в редакцию 23.04.2019.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДИТЕЛЮ В ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ: МЕТОД МОНИТОРИНГА ВОСПРИЯТИЯ СЕМАНТИЧЕСКИ БИНАРНОЙ РЕЛЕВАНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ВОДИТЕЛЕМ

Впервые представлен метод мониторинга восприятия семантически бинарной релевантной информации водителем в высокоавтоматизированных транспортных средствах, учитывающий циркулирующие в бортовых системах транспортного средства информационные потоки, реакции водителя на семантически бинарную релевантную информацию, динамику профессионально важных качеств конкретного водителя в контексте решения передачи управления водителю в высокоавтоматизированных автомобилях, когда бортовые системы транспортного средства не могут поддерживать далее «беспилотный» режим управления, т. е. не соответствуют домену штатной эксплуатации. Рассмотрены текущие основные проблемы безопасного функционирования высокоавтоматизированных и беспилотных транспортных средств. Разработана структура системы верхнего уровня для передачи управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах. Представлена классификация семантически бинарной релевантной информации и определены существенные факторы, влияющие на восприятие.

Ключевые слова: семантически бинарная релевантная информация, готовность к экстренному действию, домен штатной эксплуатации, коммуникационная платформа, облачные технологии хранения, преобразования и обработки данных, передача управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах, профессионально важные качества, осведомленность о ситуации, человеческий фактор

Введение. Поиск путей решения проблемы передачи управления водителю в высокоавтоматизированных транспортных средствах (ТС), когда бортовые системы ТС не могут поддерживать далее «беспилотный» режим управления, сегодня находится на уровне поисковых исследований [1]. Известен подход к разработке метода передачи управления ТС водителю бортовыми системами в автоматическом режиме [2], где с междисциплинарных позиций на основе системного подхода впервые сформулированы основные положения метода передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС, позволяющие определить потенциальную возможность водителя восстановить контроль над высокоавтоматизированным ТС по состоянию, основывающиеся на осведомленности водителя о ситуационной обстановке по маршруту движения, мониторинге текущего функционального состояния, включая готовность к экстренным действиям, и индивидуальных особенностях водителя.

Важное значение имеет текущее состояние профессионально важных качеств (ПВК) водителя, которому передается управление в высокоавтоматизированном ТС. К ПВК водителя относятся внимание, эмоциональная устойчивость,

координация движений, темперамент, готовность к экстренному действию и др. Уровень ПВК конкретного водителя определяется на основе анализа результатов тестов оценки ПВК (уровень восприятия скорости и расстояния, концентрация внимания, распределение внимания, простая и сложная зрительно-моторная реакция и др.), психофизиологических тестов (оценка переключения внимания и помехоустойчивость, теппинг-тест, тремор оценка глазомера и др.) и личностных психологических тестов (выявляющих индивидуальные особенности конкретного водителя). Системы профессионального отбора водителей разработаны и выпускаются серийно, одна из широко распространенных — это аппаратно-программный комплекс «Универсальный психодиагностический комплекс» (УПДК-МК) автомобильный [3, 4], где оцениваются ПВК по ряду критериев.

В контексте решения проблемы передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС наиболее значимыми и информативными ПВК водителя являются, например, время простой и сложной сенсомоторной реакции, уровень внимания, готовность к экстренному действию. Полагаю, что указанные ПВК могут быть оценены с использованием исключительно бортового

оборудования высокоавтоматизированных транспортных средств и сохранены во внешней базе данных в автоматическом режиме, в процессе ручного управления водителем.

В соответствии с Резолюцией ЕЭК ООН (ECE/TRANC/WP.1/165) о внедрении в практику высокоавтоматизированных и полностью автоматизированных ТС в условиях дорожного движения «высокоавтоматизированное ТС» означает ТС, оснащенное автоматизированной системой вождения. Эта автоматизированная система вождения действует «в пределах конкретного домена штатной эксплуатации» применительно к некоторым или всем поездкам без необходимости вмешательства человека в качестве запасного варианта обеспечения безопасности дорожного движения; «домен штатной эксплуатации» означает окружающие и географические условия, время суток, а также дорожно-транспортные, инфраструктурные, погодные и другие условия, для работы в которых конкретно предназначена данная автоматизированная система вождения.

Основные проблемы безопасности функционирования высокоавтоматизированных и беспилотных ТС сегодня. Эксперты по этому направлению считают, что защита ТС от киберугроз сегодня по-прежнему представляет собой серьезную проблему. Определены потенциальные векторы таких угроз [5]: атака на диагностические протоколы (например, протокол OBD2), удаленная атака на шины (CAN, LIN и др.) ТС, взломанные исполнительные устройства, атака на хранилище ключей (сертификатов), атака через мобильные устройства, перехват данных пользователя, эксплуатация программных уязвимостей, вредоносные обновления прошивки, доставка вирусов через сменные носители, атака через скачанные приложения, атака методом компрометации канала связи (например, атака посредника типа Man-in-the-Middle). Прежде всего в защите нуждаются блок управления двигателем, внутренняя сеть автомобиля, шлюз, доступ к глобальной сети, автомобильные облачные сервисы.

Сегодня среднестатистическое высокоавтоматизированное или беспилотное ТС обладает вычислительной мощностью примерно 20 компьютеров, содержит около ста миллионов строк программного кода, обрабатывает порядка 25 Гб данных в час [6]. Такие ТС сохраняют данные о технических сбоях узлов, агрегатов, бортовых систем; маршруты движения (локации в реальном масштабе времени); внешние условия прохождения маршрута; личные данные водителя, места остановок и их временные характеристики; коммуникационные данные (номера телефонов, длительность звонков). Потенциально такие данные могут использовать автопроизводители, сервисные центры обслуживания, разработчики и поставщики контента и др. С использованием

таких данных потенциально возможно повысить безопасность движения, увеличить пропускную способность и снизить загруженность дорог, более точно определить причину дорожно-транспортного происшествия и др.

Очевидно, что при постоянном росте объемов информации генерируемой бортовыми системами ТС бортовых вычислительных мощностей будет недостаточно и следует развивать методы и алгоритмы передачи информации с использованием коммуникационной платформы (Cellular Vehicle to Everything (C-V2X)) в облачные сервисы для обработки информации, формирования и актуализации специализированных баз данных с последующей передачей полученных результатов в бортовые системы ТС.

Известны и основные проблемы, возникающие при эксплуатации высокоавтоматизированных и беспилотных ТС [7]. По мнению экспертов автомобильной отрасли, сегодня ни одной из компаний не удалось создать автомобиль, который в автоматическом режиме передвигался по дорогам общего пользования и не представлял опасности ни для пассажиров, ни для других участников движения [7]. Страховой институт дорожной безопасности (IIHS) в США протестировал высокоавтоматизированные легковые автомобили четырех ведущих автомобильных концернов, тестировались системы удержания полосы движения на подъемах и спусках: все автомобили наезжали на сплошную линию разметки. Было выявлено большое количество ошибок систем распознавания дорожных знаков, если на них что-то нарисовано, наклеено, подверглись случайному загрязнению из внешней среды, в ряде случаев тени от деревьев интерпретировались как препятствия. Атмосферные осадки существенно влияют на надежность датчиков сканирования пространства вокруг высокоавтоматизированных и беспилотных ТС, ненадежно работают на мостах.

Кроме того, влияние оказывают наличие снежного покрова на дороге, контрастность или полное отсутствие линий дорожной разметки, изменяется тормозной путь ТС на сухом и мокром дорожном покрытии, другие причины, уменьшающие коэффициенты сцепления.

Постановка задачи. Для решения рассматриваемой проблемы важным является выявление тренда изменения ПВК конкретного водителя во времени: усиливаются, стабильны, ослабевают. Мониторинг динамики изменений ПВК может осуществляться следующим образом: с использованием аналогичных, по функционалу, с УПДК-МК комплексов в стационарных условиях, с обновлением персональных баз данных тех ПВК, характеристики которых могут мониториться у водителя во время ручного управления ТС или созданием новой персональной базы данных ПВК, которые мониторятся в процессе руч-

ного управления высокоавтоматизированным ТС, для чего используется анализ сигналов в бортовых сетях ТС и реакции на них водителя, мониторинг текущего функционального состояния, коммуникационная платформа C-V2X и облачные технологии хранения, преобразования и обработки данных, включая персональные.

Метод мониторинга восприятия семантически бинарной релевантной информации водителем в высокоавтоматизированных транспортных средствах. Методы контроля восприятия релевантной информации оператором, в том числе семантически бинарной, рассмотрены в работах [8–11].

Восприятие релевантной информации, в отличие от индифферентных раздражителей, неизменно, без всякого исключения сопровождается импульсом фазической составляющей электрического сопротивления кожи (ЭСК), или иначе, кожно-гальванической реакцией (КГР). В высокоавтоматизированных ТС семантически бинарная информация для водителя — это предупреждение систем ADAS об изменении ситуационной обстановки и/или ошибочных действиях конкрет-

ного водителя в текущей ситуации (пересечение линий разметки дороги без включения поворота, попытка перестроения, когда в «мертвой» зоне видимости находится другой автомобиль, внезапное появление пешехода или велосипедиста, превышение скорости и др.), другая релевантная информация о работе систем ТС, предъявляемая на информационных щитках (панелях), в ряде случаев дублируемая звуковым сигналом. Это также кросс-модальная релевантная для водителя информация, «циркулирующая» в коммуникационной платформе для «подключенных» ТС C-V2X, например, «передаваемая» по протоколам V2I (коммуникации автомобиль–придорожная инфраструктура), например, смена знака светофора, предупреждения о сложных метеорологических условиях и др., по протоколам V2V (коммуникации ТС–ТС), например, авария по пути следования ТС, предупреждение об опасности обгона, «проблемы» с дорожным покрытием и др.

Структура системы верхнего уровня для передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС представлена на рисунке.

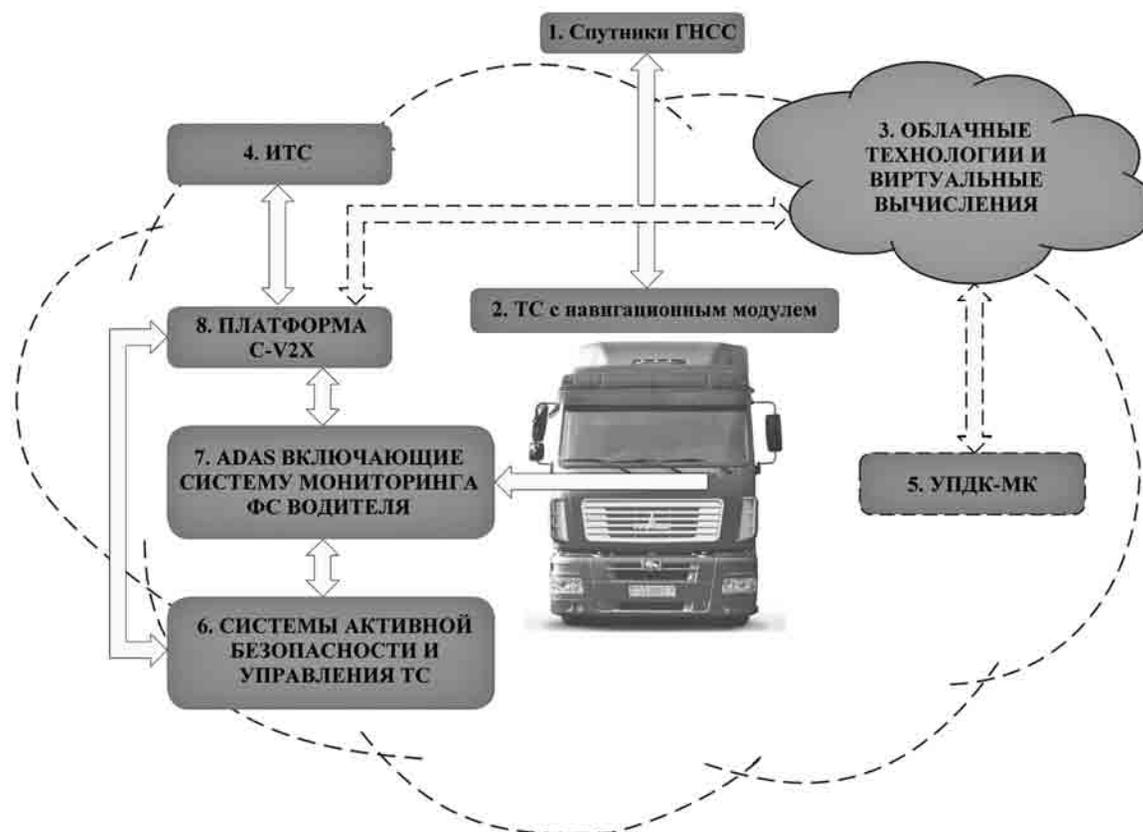


Рисунок — Структура системы верхнего уровня для передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС:

1 — спутники глобальных навигационных спутниковых систем (включающая группировки спутников: ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО, BEIDOU, GPS); 2 — ТС с установленным многосистемным навигационным приемником; 3 — вычислительное облако со специализированным виртуальным сервером; 4 — интеллектуальная транспортная система; 5 — УПДК–МК автомобильный; 6 — системы активной безопасности и управления ТС; 7 — ADAS, включающие системы мониторинга функционального состояния (ФС) водителя; 8 — коммуникационная платформа C–V2X

Figure — Structure of upper level system to transfer control to driver in highly automated vehicles: 1 — satellites of global navigation satellite systems (comprising constellation of satellites: GLONASS, GALILEO, BEIDOU, GPS); 2 — vehicle with installed multi-system navigation receiver; 3 — computing cloud with dedicated virtual server; 4 — intelligent multi-system navigation receiver; 5 — automobile “Universal psychodiagnostic complex” (UPDK-MK); 6 — systems of active safety and driving vehicle; 7 — ADAS, including systems of monitoring of driver’s functional state (FS); 8 — C–V2X communication platform

Структура такой системы может и не содержать в своем составе УПДК–МК. В таком случае ПВК конкретного водителя мониторируется с использованием функционалов блоков 6 и 7 и информации из CAN-шины ТС, обрабатывается в системе мониторинга ФС водителя и передается блоком 8 в облако, где автоматически актуализируется в реальном масштабе времени персональная база данных конкретного водителя, производится анализ и требуемые вычисления виртуальным сервером, и по автоматическому запросу от систем ТС передается на борт.

Временные характеристики КГР зависят от параметров раздражителей, их семантической значимости, исходного функционального состояния (ФС) и индивидуальных особенностей водителя. Существенными оказываются следующие факторы [12, 13]:

- модальность сигналов определяет направленность стимула к определенному анализатору;
- сила раздражителя: при действии раздражителей оптимальной силы проявляется закон силовых отношений, когда более сильный раздражитель вызывает более быстрый ответ; однако за пределами зоны оптимума это соотношение между сигналами и реакциями нарушается: сверхсильный раздражитель вызывает пессимальный эффект, что выражается, в частности, в замедлении времени реакции; вместе с тем следует иметь в виду, что речь идет не об абсолютной силе раздражителей, один и тот же раздражитель вызывает разную по времени и по силе реакцию в связи с изменением ФС и ситуационной обстановки;
- сигнальное значение раздражителя определяется степенью важности или опасности тех событий, условным сигналом которых является данный раздражитель; так, раздражитель большой сигнальной силы представляет собой аварийный сигнал для водителя так же, как и появление препятствий по направлению движения; в состоянии высокой функциональной активности (готовности к экстренному действию) реакция на такие сигналы отличается быстротой, однако на лиц со слабым типом нервной системы аварийные сигналы могут действовать как сверхсильные, вызывая в отдельных случаях тормозящие состояния типа «ступора»;
- интервал между раздражителями особо важен для следующих ритмично сигналов, если интервал сравнительно невелик (3–5 с), то следовые процессы от действия предшествующих раздражителей накладываются на эффект действия последующих сигналов; наиболее ярко эти процессы проявляются в форме последовательного торможения, когда предъявляемая последовательность сигналов состоит из положительных и тормозящих (дифференцированных) раздражителей; в этом случае время реакции на положительные сигналы, следующие непосредственно за диффе-

ренцированными, значительно больше, чем на прочие положительные сигналы;

- вероятность появления сигнала: чем реже и не регулярнее появляется сигнал, т. е. чем больше вариативность интервалов между сигналами, тем, при прочих равных условиях, более длительно время реакции;

- число альтернативных сигналов: чем большее число дифференцируемых сигналов, тем, при прочих равных условиях, дольше время реакции; в известном диапазоне (по некоторым данным до 5–7 альтернатив) время реакции пропорционально логарифму числа дифференцируемых сигналов; по мере развития утомления способность правильно реагировать на большое количество альтернативных стимулов снижается, что выражается в нарастании числа ошибок, удлинении времени реакций, сокращении диапазона, в котором наблюдается прямо пропорциональная зависимость между логарифмом числа альтернативных стимулов и временем реакции.

Релевантная информация делится на три категории [11]:

1. Предупреждающая информация — носит осведомительный характер, содержит сведения об общей обстановке (включая аварийную) и рекомендации для принятия мер, оставляя за водителем право выбора окончательного решения.

2. Предписывающая информация — носит командный характер, требует или разрешает выполнение строго определенных действий.

3. Запрещающая информация — носит аварийный характер, накладывает строгие ограничения на выполнение или запрещение тех или иных действий, указывает на неготовность к работе или неисправность того или иного компонента.

Пропуск водителем релевантного информационного сообщения о процессах функционирования систем «человек — машина» приводит к невыполнению определяемого им фрагмента алгоритма деятельности. Прием информации предполагает формирование водителем перцептивного образа информации. Этот процесс характеризуется следующими выполняемыми действиями [11]: обнаружение, выделение объекта из фона; различение, раздельное восприятие двух объектов, расположенных рядом, либо выделение деталей; опознание, выделение и классификация существенных признаков объекта.

На восприятие информации оказывают влияние следующие факторы: сложность воспринимаемого сигнала, вид и число индикаторов, организация информационного поля, размеры изображения, их физические и технические характеристики. Состояние внимания можно определить как избирательную готовность мозга к определенным реакциям на строго определенные сигналы. Это состояние характеризуется торможением (блокированием) каналов поступа-

ющей в мозг информации за исключением того канала, по которому ожидают поступления или поступают наиболее значимые в данный момент сигналы; повышением чувствительности анализатора значимых сигналов; повышением готовности функциональных систем и исполнительного аппарата к реакциям на эти сигналы, что проявляется в сокращении времени реакции на них.

В справочниках по инженерной психологии приводятся психологические и психофизиологические характеристики операторов (водителей) в контексте выполнения алгоритмов деятельности и представлены общие характеристики анализаторов (зрительный, слуховой и др.), указаны дифференциальные пороги, характеристики памяти и оперативного мышления, обобщенные характеристики времени и безошибочности выполнения оператором фрагментов алгоритмов деятельности, вероятности безошибочной работы, поправочные коэффициенты для учета влияния факторов рабочей среды на характеристики надежности и скорости работы оператора, временные характеристики выполнения человеком отдельных действий и рефлекторных реакций, временные затраты при анализе и переработке информации и осуществлении управляющих воздействий, временные затраты при приеме информации и т. д. [14].

Алгоритмы контроля восприятия оператором семантически бинарной релевантной информации и обоснование использования параметров электродермальной активности для интерпретации функционального состояния водителя как «готовность к экстренному действию» представлены в [11, 13]. Концептуальная модель системы «водитель — автомобиль — дорога — среда» рассмотрена в [15], где информационные взаимодействия на тактическом уровне водителя рассматриваются как взаимодействия мультимодальных образов элементов системы «водитель—автомобиль—дорога—среда», представленных в виде векторов состояний этих элементов и показана значимость функции внимания и связанных с ней особенностей кроссмодальных взаимодействий в центральной нервной системе человека и информационных потоках в бортовых системах для безопасного управления ТС.

Заключение. Впервые представлен метод мониторинга восприятия семантически бинарной релевантной информации водителем в высокоавтоматизированных ТС, учитывающий циркулирующие в бортовых системах ТС информационные потоки, реакции водителя на семантически бинарную релевантную информацию, динамику ПВК конкретного водителя в контексте решения передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС, когда бортовые системы ТС не могут поддерживать далее «беспилотный» режим управления. Рассмотрены текущие основные проблемы безопасности функционирования

высокоавтоматизированных и беспилотных ТС. Разработана структура системы верхнего уровня для передачи управления водителю в высокоавтоматизированных ТС. Представлена классификация семантически бинарной релевантной информации и определены существенные факторы, влияющие на восприятие.

Список литературы

1. Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: a review of the empirical evidence / J.C.F. de Winter [et al.] // VDI Wissensforum [Электронный ресурс]. — Mode of access: <https://www.vdi-wissensforum.de/news/effects-of-adaptive-cruise-control-and-highly-automated-driving>. — Date of access: 05.04.2019.
2. Савченко, В.В. Подход к разработке метода передачи управления транспортным средством водителю бортовыми системами в автоматическом режиме / В.В. Савченко, С.Н. Поддубко // Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева. — 2018. — № 2(121). — С. 181–187.
3. Кремез, А.С. Опыт разработки и применения компьютерных методов профессиональной психологической подготовки операторов транспортных систем / А.С. Кремез // Автоматизация в промышленности. — 2014. — № 2. — С. 29–33.
4. Кремез, А.С. Результаты использования компьютерных методов развития профессионально важных психологических качеств в практике тренажерной подготовки водителей / А.С. Кремез // Автоматизация в промышленности. — 2018. — № 6. — С. 37–41.
5. Подключенные автомобили: обезопасить с самого начала [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/blog/connected-cars-secure-by-design/17734/>. — Дата доступа: 05.04.2019.
6. Подключенные авто и безопасность данных [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ccsu.ru/ru/news/podklyuchennye-avto-i-bezopasnost-dannih-infografika-97360>. — Дата доступа: 22.04.2019.
7. Беспилотные авто и безопасность: в чем главные проблемы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ccsu.ru/ru/news/bespilotnie-avto-i-bezopasnost-vchem-glavnie-problemi-97293>. — Дата доступа: 22.04.2019.
8. Савченко, В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов эргатических систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.09 / В.В. Савченко; Акад. наук БССР, Ин-т техн. кибернетики. — СПб., 1991. — 16 с.
9. Савченко, В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов эргатических систем (управление уровнем бодрствования, контроль восприятия релевантной информации оператором, алгоритмы повышения эффективности деятельности операторов прецизионных производств / В.В. Савченко // Минск, 1992. — 46 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 16).
10. Устройство контроля функционального состояния человека-оператора: пат. RU 2020871 / Г.Г. Маньшин, В.В. Савченко, Н.Н. Шуневич [и др.]. — Оpubл. 15.10.1994.
11. Савченко, В.В. Методы и средства повышения эффективности функционирования операторов транспортных систем «человек — машина» / В.В. Савченко // Вес. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. — 2005. — № 2. — С. 29–37.
12. Грекова, Т.И. Кожно-гальваническая реакция как показатель изменений психического состояния / Т.И. Грекова // Физиология человека. — 1975. — Т. 1, № 6. — С. 993–997.
13. Савченко, В.В. Контроль восприятия информации человеком-оператором в эргатических системах / В.В. Савченко // Эргономическое и организационное обеспечение качества создаваемых и эксплуатируемых систем. — Минск, 1989. — С. 66–72.
14. Дубовский, В.А. Концептуальная модель системы «водитель — автомобиль — дорога — среда» / В.А. Дубовский, В.В. Савченко // Доклады Национальной академии наук Беларуси. — 2019. — Т. 63, № 1. — С. 112–120.
15. Справочник по инженерной психологии / под ред. Б.Ф. Ломова. — М.: Машиностроение, 1982. — 368 с.

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

Chief of the R&D Center “Onboard control systems of mobile machines”

E-mail: uus@tut.by

Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Received 23 April 2019.

PROBLEM OF TRANSFERRING CONTROL TO DRIVER IN HIGHLY AUTOMATED VEHICLES: METHOD FOR MONITORING PERCEPTION OF SEMANTICALLY BINARY RELEVANT INFORMATION BY DRIVER

A method of monitoring perception of semantically binary relevant information by a driver in highly automated vehicles is presented for the first time, taking into account information flows circulating in the vehicle’s on-board systems, the driver’s reactions to semantically binary relevant information, the dynamics of the driver’s professionally important qualities in a solution to transferring control to the driver in highly automated vehicles when the onboard systems of the vehicle can not support further “without pilot” control mode, i. e. they do not correspond to the operational design domain. The current main problems of the safety of the operation of highly automated and unmanned vehicles are considered. The structure of the upper level system is developed for the transfer of control to the driver in highly automated vehicles. A classification of semantically binary relevant information is presented, and significant factors influencing perception are identified.

Keywords: perception of semantically binary relevant information, emergency preparedness, operational design domain, communication platform, cloud storage technologies, data conversion and processing, transfer of control to driver in highly automated vehicles, professionally important qualities, situation awareness, human factor

References

1. de Winter J.C.F., Happee R., Martens M.H., Stanton N.A. *Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: a review of the empirical evidence*. Available at: <https://www.vdi-wissensforum.de/news/effects-of-adaptive-cruise-control-and-highly-automated-driving> (accessed 05 April 2019).
2. Savchenko V.V., Poddubko S.N. Podkhod k razrabotke metoda peredachi upravleniya transportnym sredstvom voditeleyu bortovymi sistemami v avtomaticheskom rezhime [An approach to development of a method for transfer of vehicle control from on-board systems to the driver in automatic mode]. *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva* [Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev], 2018, no. 2(121), pp. 181–187.
3. Kremez A.S. Opyt razrabotki i primeneniya kompyuternykh metodov professionalnoy psikhologicheskoy podgotovki operatorov transportnykh sistem [Experience in development and application of computer methods of professional psychological training of transport system operators]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in industry], 2014, no. 2, pp. 29–33.
4. Kremez A.S. Rezultaty ispolzovaniya kompyuternykh metodov razvitiya professionalno vazhnykh psikhologicheskikh kachestv v praktike trenazhernoy podgotovki voditeley [The results of the use of computer methods for the development of professionally important psychological qualities in the practice of training drivers]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in industry], 2018, no. 6, pp. 37–41.
5. *Podklyuchennye avtomobili: obezopasit s samogo nachala* [The connected vehicles: safe from the start]. Available at: <https://www.kaspersky.ru/blog/connected-cars-secure-by-design/17734/> (accessed 05 April 2019).
6. *Podklyuchennye avto i bezopasnost dannykh* [Connected cars and data security]. 2019. Available at: <https://www.ccs Summit.ru/ru/news/podklyuchennye-avto-i-bezopasnost-dannih-infografika-97360> (accessed 22 April 2019).
7. *Bespilotnye avto i bezopasnost: v chem glavnye problemy* [Unmanned cars and safety: what are the main problems]. 2019. Available at: <https://ccs Summit.ru/ru/news/bespilotnye-avto-i-bezopasnost-v-chem-glavnye-problemy-97293> (accessed 22 April 2019).
8. Savchenko V.V. *Metody i sredstva povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya operatorov ergaticheskikh sistem*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methods and means of improving the efficiency of operators of ergatic systems. Extended Abstract of Ph. D. Thesis]. Saint Petersburg, 1991. 16 p.
9. Savchenko V.V. *Metody i sredstva povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya operatorov ergaticheskikh sistem (upravlenie urovnem bodrstvovaniya, kontrol vospriyatiya relevantnoy informatsii operatorom, algoritmy povysheniya effektivnosti deyatelnosti operatorov pretsizionnykh proizvodstv)*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methods and means of improving the efficiency of operators of ergatic systems (controlling the level of wakefulness, controlling perception of relevant information by the operator, algorithms of increase of activity efficiency of operators of precise manufacturing)]. Ph. D. Thesis]. Minsk, 1992. 46 p. (Preprint, no. 16, Institut tekhnicheskoy kibernetiki AN Belarusi Publ.).
10. Manshin G.G., Savchenko V.V., Shunevich N.N., Semenov O.A., Benderskiy D.A. *Ustroystvo kontrolya funktsionalnogo sostoyaniya cheloveka-operatora* [Device for monitoring the functional state of the human operator]. Patent RF, no. 2020871, 1994.
11. Savchenko V.V. *Metody i sredstva povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya operatorov transportnykh sistem “chelovek-mashina”* [Methods and means of increasing of functioning operator’s efficiency of transportation man-machine systems]. *Izvestiya Natsionalnoy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus], 2005, no. 2, pp. 29–37.
12. Grekova T.I. Kozhno-galvanicheskaya reaktsiya kak pokazatel izmeneniya psikhicheskogo sostoyaniya [Galvanic skin reaction as an indicator of changes in mental state]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 1975, vol. 1, no. 6, pp. 993–997.
13. Savchenko V.V. *Kontrol vospriyatiya informatsii chelovekom-operatorom v ergaticheskikh sistemakh* [Control of information perception by human operator in ergatic systems]. *Ergonomicheskoe i organizatsionnoe obespechenie kachestva sozdavaemykh i ekspluatiruemykh sistem* [Ergonomic and organizational quality assurance of created and operated systems], 1989, pp. 66–72.
14. Dubovskiy V.A., Savchenko V.V. *Kontseptualnaya model sistemy “voditel—avtomobil—doroga—sreda”* [Conceptual model of the driver—car—road—environment system]. *Doklady Natsionalnoy akademii nauk Belarusi* [Reports of the National Academy of Sciences of Belarus], 2019, vol. 63, no. 1, pp. 112–120.
15. Lomov B.F. *Spravochnik po inzhenernoy psikhologii* [Handbook of engineering psychology]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 368 p.