

## ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ НЕВНИМАТЕЛЬНОСТИ И УТОМЛЯЕМОСТИ У ВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОТВЛЕКАЮЩИХСЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Е.М.Ноговицина<sup>1</sup>, С.Ю.Шилов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Пермский государственный университет им. акад. Е.А.Вагнера» Минздрава России, Пермь, Россия

<sup>2</sup> Филиал ФГУН «Пермский федеральный исследовательский центр «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН», Пермь, Россия

**Резюме.** Цель исследования – изучение психофизиологических особенностей и возможностей профилактики невнимательности и утомляемости у водителей автотранспортных средств, отвлекающихся на электронные устройства.

**Материалы и методы исследования.** Выполнен анализ 45 публикаций на русском и английском языках, найденных с помощью баз Cyberleninka, PubMed, Elibrary, ScienceDirect.

**Результаты исследования и их анализ.** Отвлечение внимания на электронные устройства у водителей автотранспортных средств приводит к их еще большему утомлению как следствию попыток сочетать вождение с несвязанными с ним действиями. Отвлечение на мобильный телефон может спровоцировать все формы потери внимания – слуховую, зрительную, биомеханическую, познавательную. Сделан вывод, что в настоящее время недостаточно распространены алгоритмы анализа усталости/отвлечения внимания у водителей автотранспортных средств.

**Ключевые слова:** водители автотранспортных средств, дорожно-транспортные происшествия, мобильные телефоны, навигационные системы, невнимательность, отвлечение внимания, психофизиологические особенности, смартфон, утомляемость, электронные устройства

**Конфликт интересов.** Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов

**Для цитирования:** Ноговицина Е.М., Шилов С.Ю. Психофизиология невнимательности и утомляемости у водителей автотранспортных средств, отвлекающихся на электронные устройства // Медицина катастроф. 2023. №1. С. 51-56. <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-1-51-56>

## PSYCHOPHYSIOLOGY OF INATTENTION AND FATIGUE IN CAR DRIVERS DISTRACTED FOR ELECTRONIC DEVICES

E.M.Nogovitsyna<sup>1</sup>, S.Yu.Shilov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Perm State University named academician E.A.Wagner, Perm, Russian Federation

<sup>2</sup> Branch of the Perm Federal Research Center "Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Perm, Russian Federation

**Summary.** Investigation purposes – a researching of psychophysiological features and an opportunity of inattention and fatigue prevention in car drivers distracted for electronic devices.

**Materials and methods of the investigation.** An analysis of 45 publications in Russian and English found using Cyberleninka, PubMed, Elibrary, ScienceDirect data bases was conducted.

**Investigation results and their analysis** A distraction of car drivers for electronic devices make them instant fatigued because of attempts of combining of driving and with unrelated to it actions. A distraction for mobile phone can stimuli all forms of attention looses – auditory, visual, biomechanical, cognitive. A conclusion was made that nowadays algorithms for attention tiredness / distraction analysis in car drivers are not distributed enough.

**Key words:** attention distraction, car drivers, electronic devices, fatigue, inattention, mobile phones, navigation systems, psychophysiological features, smartphone, traffic accidents

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest

**For citation:** Nogovitsyna E.M., Shilov S.Yu. Psychophysiology of Inattention and Fatigue in Car Drivers Distracted for Electronic Devices. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2023;1:51-56 (In Russ.). <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-1-51-56>

**Контактная информация:**

**Ноговицина Екатерина Михайловна** – канд. биол. наук; доцент кафедры нормальной физиологии Пермского государственного университета им. акад. Е.А.Вагнера Минздрава России

**Адрес:** Россия, 614021, Пермь, ул. Емельяна Ярославского, д. 10а

**Тел.:** +7 (912) 984-07-67

**E-mail:** nogov81@list.ru

**Contact information:**

**Ekaterina M. Nogovitsina** – Cand. Sc. (Biol.), Associate Professor of Department of Normal Physiology, Perm State University named academician E.A.Wagner

**Address:** 10a, Emelyan Yaroslavskiy str., Perm, 614021, Russia

**ТPhone:** +7 (912) 984-07-67

**E-mail:** nogov81@list.ru

Эффективность управления автотранспортным средством зависит от психофизиологических особенностей водителя, испытывающего значительные нагрузки на центральную нервную (ЦНС) и анализаторные системы [1, 2]. Установлено, что ослабление внимания водителя во время вождения повышает риск возникновения дорожно транспортных происшествий (ДТП) в 5 раз [3–5]. В общем количестве всех и крупных ДТП доля ДТП, причиной которых является утомление водителя, составляет 10–20 и 40% соответственно [5, 6].

**Цель исследования** – обзор научных публикаций, посвященных изучению психофизиологических особенностей и возможностей профилактики невнимательности и утомляемости у водителей автотранспортных средств, отвлекающихся на электронные устройства.

**Материалы и методы исследования.**

В базах данных Cyberleninka, PubMed, Elibrary, ScienceDirect выполнен поиск и анализ 45 научных публикаций по данной проблеме. Предварительный поиск в системах Yandex и Google выявил следующие наиболее подходящие ключевые слова на русском и английском языках: отвлечение внимания/ утомляемость/ невнимательность водителей; психология утомляемости/ невнимательности водителей; причины невнимательности/ утомляемости водителей; физиологические признаки невнимательности/ утомляемости водителей; устройства/способы регистрации невнимательности водителей/ отвлечения внимания водителей на электронные устройства – систему навигации, мобильный телефон, смартфон, панель, дисплей, видеорегиистратор.

**Результаты исследования и их анализ.** Отклонения от нормального психофизиологического состояния у водителей автотранспортных средств увеличивают риск возникновения ДТП, затрудняют процессы восприятия/переработки информации. В Российской Федерации не проводится физиологическое тестирование водителей, включающее изучение таких психофизиологических характеристик, как дисциплинированность, эмоциональная устойчивость, самообладание [7, 8]. Следует также отметить, что экстраверсия/невротизм напрямую влияет на склонность к отвлечению внимания за рулем, а такие факторы, как однотипность обстановки, продолжительное время в пути, пассивности действий, темное время суток, недостаток сна, эмоциональное состояние, применение лекарственных средств, приводят к ослаблению внимания/утомлению водителей [3, 5, 9]. Поле зрения водителя зависит от скорости движения автомобиля: при 0 км/ч – ~120°; 20–80 км/ч – 80–30°; при 100 и 160 км/ч – 22 и 5° соответственно. В результате ухудшается видимость, а звук двигателя действует на концентрацию внимания как своеобразная «колыбельная» [10].

**Объекты и формы отвлечения внимания у водителей**

Определены формы рассеянного внимания водителей: 1-я – зрительная форма – помехи/ограничение поля зрения, отвод/смещение глаз от дороги; 2-я – слуховая – отвлекающие звуки; 3-я – биомеханическая/физическая –

отвлечение внимания с отрывом рук; 4-я – познавательная или когнитивная форма – снижение времени на реакцию из-за отвлечения внимания/обработки информации [11–13]. Отвлечение на мобильный телефон провоцирует все формы потери внимания [11, 13]. К другим отвлекающим объектам относятся: экраны устройств в поле зрения – видеорегиистратор, аудиовизуальная, информационно развлекательная и навигационная (НС) системы; визуальные/ручные помехи; элементы салона; поиск предметов вне поля зрения [11–15]. Отвлечение внимания на электронные устройства – чаще – у молодых водителей – влияет на аберрантные нарушения скорости, а отвлечение взгляда связано с повышением риска аварии – особенно у пожилых водителей [16, 17].

Вероятность отвлеченного вождения повысилась при использовании беспроводных устройств – навигационных и несовместимых с вождением, в частности, устройств для текстовых сообщений (рисунок) – [18–20]. Взаимодействие с автомобильными устройствами, не связанными с задачами вождения (радио; гаджеты с экраном; HVAC – система отопления/кондиционирования), занимает 0,83% времени поездки и встречается в 4,6 раза чаще, чем «эталонное» вождение [21]. Оценка когнитивного/визуального внимания у водителей в возрасте 21–36 и 55–75 лет показала, что у последних скорость выполнения задач меньше, а скорость взаимодействия с электронными устройствами (настройка радио/голосовых команд, поиск посредством НС) – больше [22]. Показатели рабочей нагрузки во время вождения возрастают при использовании мобильных телефонов и навигационных систем, а также в условиях города и в ночное время по сравнению с таковыми в сельской местности и в дневное время [12, 13, 23].

При использовании НС с малым дисплеем уровень когнитивного/визуального отвлечения внимания – выше [12, 24]. Удобное – на верхней стороне приборной панели – положение портативной НС с небольшим углом обзора и большим форматом дисплея приводит к уменьшению времени взгляда водителя и увеличению его (взгляда) частоты [24]. При длинных/уникальных маршрутах использование НС занимает 5% времени поездки: 40% – в первые 10% времени и 35% – при замедленном (до 10 км/ч) движении автомобиля. При быстром вождении вероятность отвлечения на НС – сохраняется [25]. В целом в настоящее время имеется разнообразный спектр устройств, способствующих отвлечению внимания водителя, приводящих к нарушению всех форм внимания, увеличению показателей рабочей нагрузки и, следовательно, к сокращению сроков утомляемости водителя.

**Отвлечение внимания водителей на мобильный телефон/смартфон**

Многозадачность негативно влияет на эффективность вождения и чаще распространена у молодых водителей при использовании ими мобильного телефона [26, 27]. С использованием ближней инфракрасной спектроскопии обнаружена высокая активность двусторонней



**Рисунок.** Доля водителей (А) и временных затрат (Б) при отвлечении внимания по различным причинам, по данным [19]  
**Figure.** The share of drivers (A) and time spent (B) with distraction for various reasons. It is compiled according to [19]

префронтальной и теменной кортикальной коры головного мозга у водителей за рулем, коррелирующая с уровнем отвлечения на смартфон, что является признаком изменения общих показателей управления транспортным средством [19]. Развитие функций смартфонов, в том числе функций навигации и приложений такси, привело к зависимости от опций устройства при отсутствии эффективного регулирования поведения «просмотра» [28]. Опрос студентов в Италии выявил, что женщины более склонны к восприятию риска при выполнении многозадачности/использовании мобильного телефона во время вождения, чем мужчины, нацеленные на поиск ощущений, восприятие самооэффективности в условиях многозадачности [26].

*Способы выявления отвлечения внимания и утомления у водителей*

Выделяют следующие типичные движения при нарушении внимания/утомлении: дорсальное сгибание (отвлечение), его сочетание с быстрым подъемом головы и спинная гиперэкстензия – утомление/сонливость. Другие признаки отвлечения внимания: ротация/тряска головы и «переднее тело» – движение головы/тела вперед [17]. Повышенный RR-интервал при регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) наблюдается при использовании мобильного телефона – сигнал меняется в связи с сокращением скелетных мышц рук и появлением артефактов, позволяющих классифицировать жесты тела [29]. Мониторинг частоты дыхания/пульса, а также контроль действий посредством импульсного радара показали возможность неинвазивного контроля утомления водителя, его визуального, ручного и когнитивного отвлечения на телефон [30].

Таким образом, выявлены различия в особенностях отвлечения внимания в зависимости от возраста/пола водителей, однако проведенных исследований недостаточно для обнаружения четких закономерностей. Отвлечение внимания/утомляемость возникают в результате нахождения водителей в режиме многозадачности. Электрокардиография как метод исследования интересна при изучении физиологических аспектов отвлечения внимания, но ее применение затруднительно в связи с необходимостью закрепления электродов на теле человека.

#### *Утомление у водителей и его профилактика*

Вероятность возникновения событий отвлечения внимания выше, чем утомления, риск развития которого возрастает при увеличении времени/ количества остановок в пути с большей склонностью к сонливости у пожилых [31]. Влияние автоматизации – монотонной среды вождения – приводит к появлению пассивного состояния усталости уже через 15–35 мин вождения и, по сравнению с применением ручного управления, к увеличению времени взгляда на дисплей скорости и замедлению реакции на событие [32, 33]. При стимуляции уставшего водителя нужно учитывать габитуацию – привыкание к повторяющимся стимулам. Воздействие коротковолнового (голубого) света в ночное время, снижение окружающей температуры, запаховая (эфирное масло мяты перечной) и вибрационная стимуляция снижают выраженность утомления у водителя, но эффект от последних трех вариантов длится всего 5–10 мин [34].

#### *Успехи в профилактике отвлечения внимания у водителей*

Установлено, что использование для получения сообщений крепящегося на голове чуть выше правого глаза прозрачного дисплея Google Glass™ больше повышает быстроту реакции у участников эксперимента, чем просмотр смартфона, однако при этом существует вероятность увеличения доли отвлечения [35]. Применение приложений Android Auto и CarPlay оказалось затруднительным из-за сложных интерфейсов, требующих большого визуального и умственного внимания водителя [36]. В некоторых мобильных телефонах режим вождения представлен системой «eye-tracker», уведомляющей водителя об отвлечении его внимания и переходе телефона в простой ограниченный режим работы [23]. Размещение развлекательной консоли на стороне пассажира позволяет делегировать ему некоторые функции [13]. Анализ возможности применения дисплея лобового стекла показал, что респонденты предпочитают окна дисплея в темном режиме с высокой непрозрачностью фона при высокой яркости условий и автоматическим изменением в темноте на большую прозрачность [37]. Из представленных способов профилактики отвлечения внимания наиболее эффективной является система «eye-tracker», однако она не получила

широкого распространения, а остальные системы нуждаются в доработке/модификации функций.

*Системы для оценки отвлечения внимания/утомления у водителей*

На распознавании выражения лица основана самообучающаяся система ADAS с тактильными/слуховыми датчиками и камерой, эффективная при неинвазивном мониторинге состояния водителя и устанавливающая корреляцию между невнимательным выражением лица и несчастным случаем [38, 39]. Анализ усталости/отвлечения доступен при использовании двух алгоритмов: KNN – отслеживает симптомы усталости по соотношению сторон глаз/рта с генерацией сигналов тревоги; CNN – воспринимает действия водителя с прогнозированием ситуации [40]. Путем применения частотно-модулированных радиолокационных систем непрерывной волны (FMCW) с оценкой спектрограммы, ее траектории и диапазона/времени получены данные по распознаванию типичных форм невнимательного поведения водителей со средней точностью распознавания около 95% [41]. Разработана система обнаружения утомления у водителя, состоящая из блока управления, электронной системы управления двигателем и двух видеокамер, с функцией подачи сигнала, остановкой автомобиля и включением аварийной сигнализации [42].

Существуют примеры успешного применения алгоритмов анализа слежения за глазами, определения зевоты/положения головы, вариабельности пульса: Attention Assist (Mercedes-Benz) выявляет манеру вождения/движение рулевого колеса при утомлении/невнимательности; Front Assist (Volkswagen) – поворот рулевого колеса/пользование педалями; Driver Alert Control (Volvo) – считывает соотношение разметки дороги и поворотов рулевого колеса; Emergency Assist (Volkswagen) – реагирует на опасное сокращение дистанции до другого транспортного средства [2]. Многочисленные данные закрепленного на лбу электроэнцефалографа о соотношении ритмической энергии и коэффициент фронтальной асимметрии могут быть полезны при работе прибора обнаружения усталости/отвлечения внимания [43]. Обнаружена также корреляция  $\alpha$ -волны головного мозга с концентрацией кортизола в слюне, что может быть полезно для мониторинга утомления у водителя [44]. С использованием специ-

альной системы ER для смартфонов выявлено, что каждый тип невнимательного вождения (выдвигание корпуса вперед, поворот назад, прием пищи/питья) имеет уникальные паттерны на доплеровских профилях аудиосигналов [45]. Поскольку системы обнаружения отвлечения внимания/утомления у водителей получили недостаточное пространство, необходимо решить проблему их доступности для водителей и формирования у последних безопасного поведения при управлении автомобилем.

### Заключение

Таким образом, выявлены психофизиологические особенности и паттерны у водителей при отвлечении их внимания и утомлении в процессе управления транспортным средством. Установлено, что опасное поведение водителя за рулем можно выявить посредством анализа электроэнцефалографии и электрокардиографии. Однако, по мнению авторов, выполнивших анализ научных публикаций, наиболее эффективными и комфортными являются «умные» системы с камерой, фиксирующие лицевую мимику и положение тела водителя в процессе вождения и способные к самообучению посредством накопления паттернов поведения лица, находящегося за рулем автомобиля.

### Выводы

Необходимо дальнейшее исследование возможностей:

- применения указанных систем с целью формирования доступного и привлекательного для потребителя устройства, направленного на предупреждение ДТП;
- стимуляции водителя при его утомлении и внедрения в его сознание необходимости концентрации внимания при нахождении за рулем с целью формирования правильного использования/неиспользования устройств с экраном во время вождения.

*Работа выполнена в соответствии с основным планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Пермский государственный университет им. акад. Е.А.Вагнера» Минздрава России и в рамках государственного задания Филиала ФГУН «Пермский федеральный исследовательский центр «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН», регистрационный номер НИОКТР АААА-А19-119112290007-7*

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дятлов М.Н., Долгов К.О., Тодорев А.Н. Основные факторы, снижающие работоспособность водителя перед рейсом // Молодой ученый. 2013. № 11. С. 99-103.
2. Булыгин А.О., Кашевник А.М. Анализ современных исследований в области детектирования утомления водителя в кабине транспортного средства // Системы анализа и обработки данных. 2021. № 3. С. 19-36. doi: 10.17212/2782-2001-2021-3-19-36.
3. Жданова О.А. Разработка интеллектуальной системы контроля усталости водителя // IX Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум». 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040107>.
4. Peruzzini M., Tonietti M., Iani C. Transdisciplinary Design Approach Based on Driver's Workload Monitoring // J. Industr. Inform. Integr. 2019. V.15, No. 2. P. 91-102. doi: 10.1016/j.jii.2019.04.001.
5. Свечинский С.А., Солодовников Д.Н. Прибор контроля усталости водителя за рулем // Международный студенческий научный вестник. 2021. № 2. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20555>.
6. Лашков И.Б. Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона // Информационно-управляющие системы. 2017. № 4. С. 7-17.
7. Катышева К.В. Влияние психофизиологических особенностей водителей на безопасность дорожного движения // Молодой ученый. 2017. № 12. С. 172-175.

### REFERENCES

1. Dyatlov M.N., Dolgov K.O., Todorev A.N. The Main Factors that Reduce the Driver's Performance before the Flight. *Molodoy Uchenyy*. 2013;11:99-103 (In Russ.).
2. Bulygin A.O., Kashevnik A.M. Analysis of Modern Research in the Field of Driver Fatigue Detection in the Vehicle Cabin. *Sistemy Analiza i Obrabotki Danykh = Analysis and Data Processing Systems*. 2021;3:19-36. doi: 10.17212/2782-2001-2021-3-19-36 (In Russ.).
3. Zhdanova O.A. Development of an Intelligent Driver Fatigue Control System. *IX Mezhdunarodnaya Stencheskaya Nauchnaya Konferentsiya «Studencheskiy Nauchnyy Forum» = IX International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"*. 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040107> (In Russ.).
4. Peruzzini M., Tonietti M., Iani C. Transdisciplinary Design Approach Based on Driver's Workload Monitoring. *J. Industr. Inform. Integr.* 2019;15;2;91-102. doi: 10.1016/j.jii.2019.04.001.
5. Svechinskiy S.A., Solodovnikov D.N. Device for Monitoring the Driver's Fatigue Behind the Wheel. *Mezhdunarodnyy Stencheskiy Nauchnyy Vestnik = European Student Scientific Journal*. 2021;2. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20555> (In Russ.).
6. Lashkov I.B. Analysis of the Driver's Behavior when Driving a Vehicle Using the Front Camera of a Smartphone. *Informatsionno-Upravlyayushchiye Sistemy = Information and Control Systems*. 2017;4:7-17 (In Russ.).

8. Пеньшин Н.В., Ивлев В.Ю. Физиология водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 1. С. 59-61. doi: 10.18454/IRJ.2016.43.021.
9. Niranjana S., Gabaldon J., Hawkins T.G., Gupta V.K., McBride M. The Influence of Personality and Cognitive Failures on Distracted Driving Behaviors among Young Adults // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2022. No. 84. P. 313-329. doi: 10.1016/j.trf.2021.12.001.
10. Рыбалочко Е.Ю., Яценко А.А. Психофизические особенности человека при управлении автомобилем на больших скоростях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7-4. С. 702-705.
11. ИКТ – источник или средство предупреждения ДТП? // Век качества. 2011. № 2. С. 26-29.
12. Yared T., Patterson P. The Impact of Navigation System Display Size and Environmental Illumination on Young Driver Mental Workload // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2020. No. 74. P. 330-344. doi: 10.1016/j.trf.2020.08.027.
13. Berger M., Eranil A., Bernhaupt R., Pflieger B. InShift: A Shifting Infotainment System to Enhance Co-Driver Experience and Collaboration // 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. Association for Computing Machinery. New York, USA, 2021. P. 10-15. doi: 10.1145/3473682.3480254.
14. Strayer D. Is the Technology in Your Car Driving You to Distraction? // Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences. 2015. V.2, No. 1. P. 157-165. doi: 10.1177/2372732215600885.
15. Gazder U., Assi K.J. Determining Driver Perceptions about Distractions and Modeling their Effects on Driving Behavior at Different Age Groups // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2022. V.9, No. 1. P. 33-43. doi: 10.1016/j.jtte.2020.12.005.
16. García-Herrero S., Febres J.D., Boulagouas W., Gutiérrez J.M., Mariscal Saldaña M.A. Assessment of the Influence of Technology-Based Distracted Driving on Drivers' Infractions and Their Subsequent Impact on Traffic Accidents Severity // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. V.18, No. 13. P. 7155. doi: 10.3390/ijerph18137155.
17. Ивасик Д.В., Васильченко А.А., Сидоренко Т.А., Мисурин П.Л. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения // Инженерный вестник Дона. 2019. № 3. С. 1-10.
18. Baker J.M., Bruno J.L., Piccirilli A., Gundran A., Harbott L.K., Sirkin D.M., Marzelli M., Hosseini S.M.H., Reiss A.L. Evaluation of Smartphone Interactions on Drivers' Brain Function and Vehicle Control in an Immersive Simulated Environment // Sci. Rep. 2021. No. 11. P. 1998. doi: 10.1038/s41598-021-81208-5.
19. Road Safety Factsheet: Driver Distraction. The Royal Society for the Prevention of Accidents. Calthorpe Road, Edgbaston, Birmingham, 2017. URL: <https://www.rospa.com/rospaweb/docs/advice-services/road-safety/drivers/driver-distraction.pdf>.
20. Huisingsh C., Owsley C., Levitan, E.B., Irvin M.R., MacLennan P., McGwin G. Distracted Driving and Risk of Crash or Near-Crash Involvement among Older Drivers Using Naturalistic Driving Data with a Case-Crossover Study Design // J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 2019. V.74, No. 4. P. 550-555. doi: gerona/ gly119.
21. Dingus T.A., Guo F., Lee S., Antin J.F., Perez M., Buchanan-King M., Hankey J. Driver Crash Risk Factors and Prevalence Evaluation Using Naturalistic Driving Data // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2016. V.113, No. 10. P. 2636-2641.
22. Cooper J.M., Wheatley C.L., McCarty M.M., Motzkus C.J., Lopes C.L., Erickson G.G., Baucom B.R.W., Horrey W.J., Strayer D.L. Age-Related Differences in the Cognitive, Visual, and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems // Front. Psychol. 2020. No. 11. P. 1154. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01154.
23. Ortega C.A.C., Mariscal M.A.; Boulagouas W., Herrera S., Espinosa J.M., García-Herrero S. Effects of Mobile Phone Use on Driving Performance: An Experimental Study of Workload and Traffic Violations // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. No. 18. P. 7101. doi: 10.3390/ijerph18137101.
24. Zheng R., Nakano K., Ishiko H., Hagita K., Kihira M., Yokozeki T. Eye-Gaze Tracking Analysis of Driver Behavior While Interacting with Navigation Systems in an Urban Area // IEEE Transactions on Human-Machine Systems. 2015. No. 46. doi: 10.1109/THMS.2015.2504083.
25. Knapper A., Van Nes N., Christoph M., Hagenzieker M., Brookhuis K. The Use of Navigation Systems in Naturalistic Driving // Traffic Injury Prevention. 2016. V.17, No. 3. P. 264-270. doi: 10.1080/15389588.2015.1077384.
26. Fountas G., Pantangi S.S., Hulme K.F., Anastasopoulos P.Ch. The Effects of Driver Fatigue, Gender, and Distracted Driving on Perceived and Observed Aggressive Driving Behavior: A Correlated Grouped Random Parameters Bivariate Probit Approach // Analytic Methods in Accident Research. 2019. V.22, No. 100091. P. 2213-6657. doi: 10.1016/j.amar.2019.100091.
7. Katysheva K.V. Influence of Psychophysiological Characteristics of Drivers on Road Safety. *Malodoy Uchenyy*. 2017;12:172-175 (In Russ.).
8. Penschin N.V., Ivlev V.Yu. Physiology of the Driver and Its Impact on Road Safety. *Mezhdunarodnyy Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2016;1:59-61. doi: 10.18454/IRJ.2016.43.021 (In Russ.).
9. Niranjana S., Gabaldon J., Hawkins T.G., Gupta V.K., McBride M. The Influence of Personality and Cognitive Failures on Distracted Driving Behaviors among Young Adults. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2022;84:313-329. doi: 10.1016/j.trf.2021.12.001.
10. Rybalochko Ye.Yu., Yatsenko A.A. Psychophysical Features of a Person when Driving at High Speeds. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamentalnykh Issledovaniy = International Journal of Applied and Basic Researches*. 2016;7-4:702-705 (In Russ.).
11. ICT – a Source or Means of Road Traffic Prevention? *Vek Kachestva = Age of Quality*. 2011;2:26-29 (In Russ.).
12. Yared T., Patterson P. The Impact of Navigation System Display Size and Environmental Illumination on Young Driver Mental Workload. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2020;74:330-344. doi: 10.1016/j.trf.2020.08.027.
13. Berger M., Eranil A., Bernhaupt R., Pflieger B. InShift: A Shifting Infotainment System to Enhance Co-Driver Experience and Collaboration. *13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. Association for Computing Machinery. New York, USA, 2021. P. 10-15. doi: 10.1145/3473682.3480254.
14. Strayer D. Is the Technology in Your Car Driving You to Distraction? Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences. 2015;2:157-165. doi: 10.1177/2372732215600885.
15. Gazder U., Assi K.J. Determining Driver Perceptions about Distractions and Modeling their Effects on Driving Behavior at Different Age Groups. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2022;9:1:33-43. doi: 10.1016/j.jtte.2020.12.005.
16. García-Herrero S., Febres J.D., Boulagouas W., Gutiérrez J.M., Mariscal Saldaña M.A. Assessment of the Influence of Technology-Based Distracted Driving on Drivers' Infractions and Their Subsequent Impact on Traffic Accidents Severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18:13:7155. doi: 10.3390/ijerph18137155.
17. Ivask D.V., Vasilchenko A.A., Sidorenko T.A., Misyurin P.L. Problems of Ensuring Traffic Safety. *Inzhenernyy Vestnik Dona = Engineering Journal of Don*. 2019;3:1-10 (In Russ.).
18. Baker J.M., Bruno J.L., Piccirilli A., Gundran A., Harbott L.K., Sirkin D.M., Marzelli M., Hosseini S.M.H., Reiss A.L. Evaluation of Smartphone Interactions on Drivers' Brain Function and Vehicle Control in an Immersive Simulated Environment. *Sci. Rep.* 2021;11:1998. doi: 10.1038/s41598-021-81208-5.
19. Road Safety Factsheet: Driver Distraction. The Royal Society for the Prevention of Accidents. Calthorpe Road, Edgbaston, Birmingham, 2017. URL: <https://www.rospa.com/rospaweb/docs/advice-services/road-safety/drivers/driver-distraction.pdf>.
20. Huisingsh C., Owsley C., Levitan, E.B., Irvin M.R., MacLennan P., McGwin G. Distracted Driving and Risk of Crash or Near-Crash Involvement among Older Drivers Using Naturalistic Driving Data with a Case-Crossover Study Design. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2019;74:4:550-555. doi: gerona/ gly119.
21. Dingus T.A., Guo F., Lee S., Antin J.F., Perez M., Buchanan-King M., Hankey J. Driver Crash Risk Factors and Prevalence Evaluation Using Naturalistic Driving Data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2016;113:10:2636-2641.
22. Cooper J.M., Wheatley C.L., McCarty M.M., Motzkus C.J., Lopes C.L., Erickson G.G., Baucom B.R.W., Horrey W.J., Strayer D.L. Age-Related Differences in the Cognitive, Visual, and Temporal Demands of In-Vehicle Information Systems. *Front. Psychol.* 2020;11:1154. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01154.
23. Ortega C.A.C., Mariscal M.A.; Boulagouas W., Herrera S., Espinosa J.M., García-Herrero S. Effects of Mobile Phone Use on Driving Performance: An Experimental Study of Workload and Traffic Violations. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021;18:7101. doi: 10.3390/ijerph18137101.
24. Zheng R., Nakano K., Ishiko H., Hagita K., Kihira M., Yokozeki T. Eye-Gaze Tracking Analysis of Driver Behavior While Interacting with Navigation Systems in an Urban Area. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. 2015;46. doi: 10.1109/THMS.2015.2504083.
25. Knapper A., Van Nes N., Christoph M., Hagenzieker M., Brookhuis K. The Use of Navigation Systems in Naturalistic Driving. *Traffic Injury Prevention*. 2016;17:3:264-270. doi: 10.1080/15389588.2015.1077384.
26. Fountas G., Pantangi S.S., Hulme K.F., Anastasopoulos P.Ch. The Effects of Driver Fatigue, Gender, and Distracted Driving on Perceived and Observed Aggressive Driving Behavior: A Correlated Grouped Random Parameters Bivariate Probit Approach. *Analytic Methods in Accident Research*. 2019;22:100091:2213-6657. doi: 10.1016/j.amar.2019.100091.

27. Vogelpohl T., Kühn M., Hummel T., Vollrath M. Asleep at the Automated Wheel-Sleepiness and Fatigue During Highly Automated Driving // *Accident, Analysis and Prevention*. 2019. No. 126. P. 70-84. doi:10.1016/j.aap.2018.03.013.
28. Saxby D.J., Matthews G., Neubauer C. The Relationship between Cell Phone Use and Management of Driver Fatigue: It's Complicated // *Journal of Safety Research*. 2017. No. 61. P. 129-140. doi: 10.1016/j.jsr.2017.02.016.
29. Frascchetti A., Cordellieri P., Lausi G., Mari E., Paoli E., Burrai J., Quagliari A., Baldi M., Pizzo A., Giannini A.M. Mobile Phone Use "on the Road": A Self-Report Study on Young Drivers // *Frontiers in Psychology*. 2021. No. 12. P. 620653. doi: 10.3389/fpsyg.2021.620653.
30. McDonald C.C., Sommers M.S. Teen Drivers' Perceptions of Inattention and Cell Phone Use While Driving // *Traffic Inj. Prev*. 2015. V.16, No. 2. P. S52-58. doi: 10.1080/15389588.2015.1062886.
31. Zhang L., Cui B., Yang M., Guo F., Wang J. Effect of Using Mobile Phones on Driver's Control Behavior Based on Naturalistic Driving Data // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. V.16, No. 8. P. 1464. doi: 10.3390/ijerph16081464.
32. Darzi A., Gaweesh S.M., Ahmed M.M., Novak D. Identifying the Causes of Drivers' Hazardous States Using Driver Characteristics, Vehicle Kinematics, and Physiological Measurements // *Frontiers in Neuroscience*. 2018. No. 12. P. 568.
33. Leem S.K., Khan F., Cho S.H. Vital Sign Monitoring and Mobile Phone Usage Detection Using IR-UWB Radar for Intended Use in Car Crash Prevention // *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2017. V.17, No. 6. P. 1240. doi: 10.3390/s17061240.
34. He J., McCarley J.S., Crager K., Jadhwal M., Hua L., Huang S. Does Wearable Device Bring Distraction Closer to Drivers? Comparing Smartphones and Google Glass // *Applied Ergonomics*. 2018. No. 70. P. 156-166. doi: 10.1016/j.apergo.2018.02.022.
35. Inayat K., Sanam S.R., Shah K., Shaikat A., Tae-Sun C. Analyzing Drivers' Distractions due to Smartphone Usage: Evidence from AutoLog Dataset // *Mobile Information Systems*. 2021. No. 2021. P. 14. doi: 10.1155/2021/5802658.
36. Riegler A., Riener A., Holzmann C. Adaptive Dark Mode: Investigating Text and Transparency of Windshield Display Content for Automated Driving // *Conference: Mensch und Computer. Hamburg, Germany, 2019*. doi: 10.18420/muc2019-ws-612.
37. Ulrich L., Nonis F., Vezzetti E., Moos S., Caruso G., Shi Y., Marcolin F. Can ADAS Distract Driver's Attention? An RGB-D Camera and Deep Learning-Based Analysis // *Appl. Sci*. 2021. No. 11. P. 11587. doi: 10.3390/app112411587.
38. Rathi R., Sawant A., Jain L., Kulkarni S. Driver Fatigue and Distraction Analysis Using Machine Learning Algorithms // *International Conference on Innovative Computing and Communications. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Ed. Gupta D., Khanna A., Bhattacharyya S., Hassanien A.E., Anand S., Jaiswal A. Springer, Singapore, 2021. P. 1165. doi: 10.1007/978-981-15-5113-0\_88.
39. Dong B.-T., Lin H.-Y. An On-Board Monitoring System for Driving Fatigue and Distraction Detection // *22nd IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. Valencia, Spain, 2021. P. 850-855. doi: 10.1109/ICIT46573.2021.9453676.
40. Ding C., Chae R., Wang J., Zhang L., Hong H., Zhu X., Li C. Inattentive Driving Behavior Detection Based on Portable FMCW Radar // *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 2019. V.67, No. 10. P. 4031-4041. doi: 10.1109/TMTT.2019.2934413.
41. Ткаченко О.Н., Дорохов В.В., Деметийенко В.Д. Психологические аспекты поддержания оптимального уровня внимания водителей при частично автоматизированном вождении автомобиля // *Социально-экологические технологии*. 2020. № 4. С. 482-504.
42. Неведьев А.И., Неведьев Д.И., Безбородов С.А., Гусев В.Г. Контроль состояния водителя во время движения автотранспортного средства // *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль*. 2021. № 2. С. 60-64.
43. Fan C., Peng Y., Peng S., Zhang H., Wu Y., Kwong S. Detection of Train Driver Fatigue and Distraction Based on Forehead EEG: A Time-Series Ensemble Learning Method // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2021. No. 2021. P. 1-11. doi: 10.1109/TITS.2021.3125737.
44. Shin J., Kim S., Yoon T., Joo C., Jung H.I. Smart Fatigue Phone: Real-Time Estimation of Driver Fatigue Using Smartphone-Based Cortisol Detection // *Biosensors & Bioelectronics*. 2019. No. 136. P. 106-111. doi: 10.1016/j.bios.2019.04.046.
45. Xu X., Hang G., Jiadi Y., Yingying C., Yanmin Z., Guangtao X., Minglu L. ER: Early Recognition of Inattentive Driving Leveraging Audio Devices on Smartphones // *IEEE Conference on Computer Communications*. 2017. P. 1-9. doi: 10.1109/INFOCOM.2017.8057022.
27. Vogelpohl T., Kühn M., Hummel T., Vollrath M. Asleep at the Automated Wheel-Sleepiness and Fatigue During Highly Automated Driving. *Accident, Analysis and Prevention*. 2019;126:70-84. doi:10.1016/j.aap.2018.03.013.
28. Saxby D.J., Matthews G., Neubauer C. The Relationship between Cell Phone Use and Management of Driver Fatigue: It's Complicated. *Journal of Safety Research*. 2017;61:129-140. doi: 10.1016/j.jsr.2017.02.016.
29. Frascchetti A., Cordellieri P., Lausi G., Mari E., Paoli E., Burrai J., Quagliari A., Baldi M., Pizzo A., Giannini A.M. Mobile Phone Use "on the Road": A Self-Report Study on Young Drivers. *Frontiers in Psychology*. 2021;12:620653. doi: 10.3389/fpsyg.2021.620653.
30. McDonald C.C., Sommers M.S. Teen Drivers' Perceptions of Inattention and Cell Phone Use While Driving. *Traffic Inj. Prev*. 2015;16;2:S52-58. doi: 10.1080/15389588.2015.1062886.
31. Zhang L., Cui B., Yang M., Guo F., Wang J. Effect of Using Mobile Phones on Driver's Control Behavior Based on Naturalistic Driving Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16;8:1464. doi: 10.3390/ijerph16081464.
32. Darzi A., Gaweesh S.M., Ahmed M.M., Novak D. Identifying the Causes of Drivers' Hazardous States Using Driver Characteristics, Vehicle Kinematics, and Physiological Measurements. *Frontiers in Neuroscience*. 2018;12:568.
33. Leem S.K., Khan F., Cho S.H. Vital Sign Monitoring and Mobile Phone Usage Detection Using IR-UWB Radar for Intended Use in Car Crash Prevention. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2017;17;6:1240. doi: 10.3390/s17061240.
34. He J., McCarley J.S., Crager K., Jadhwal M., Hua L., Huang S. Does Wearable Device Bring Distraction Closer to Drivers? Comparing Smartphones and Google Glass. *Applied Ergonomics*. 2018;70:156-166. doi: 10.1016/j.apergo.2018.02.022.
35. Inayat K., Sanam S.R., Shah K., Shaikat A., Tae-Sun C. Analyzing Drivers' Distractions due to Smartphone Usage: Evidence from AutoLog Dataset. *Mobile Information Systems*. 2021;2021:14. doi: 10.1155/2021/5802658.
36. Riegler A., Riener A., Holzmann C. Adaptive Dark Mode: Investigating Text and Transparency of Windshield Display Content for Automated Driving. *Conference: Mensch und Computer. Hamburg, Germany, 2019*. doi: 10.18420/muc2019-ws-612.
37. Ulrich L., Nonis F., Vezzetti E., Moos S., Caruso G., Shi Y., Marcolin F. Can ADAS Distract Driver's Attention? An RGB-D Camera and Deep Learning-Based Analysis. *Appl. Sci*. 2021;11:11587. doi: 10.3390/app112411587.
38. Rathi R., Sawant A., Jain L., Kulkarni S. Driver Fatigue and Distraction Analysis Using Machine Learning Algorithms. *International Conference on Innovative Computing and Communications. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Ed. Gupta D., Khanna A., Bhattacharyya S., Hassanien A.E., Anand S., Jaiswal A. Springer, Singapore, 2021. P. 1165. doi: 10.1007/978-981-15-5113-0\_88.
39. Dong B.-T., Lin H.-Y. An On-Board Monitoring System for Driving Fatigue and Distraction Detection. *22nd IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. Valencia, Spain, 2021. P. 850-855. doi: 10.1109/ICIT46573.2021.9453676.
40. Ding C., Chae R., Wang J., Zhang L., Hong H., Zhu X., Li C. Inattentive Driving Behavior Detection Based on Portable FMCW Radar. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 2019;67;10:4031-4041. doi: 10.1109/TMTT.2019.2934413.
41. Tkachenko O.N., Dorokhov V.B., Dementiyenko V.D. Psychophysiological Aspects of Maintaining the Optimal Level of Attention of Drivers in Partially Automated Driving. *Sotsialno-Ekologicheskiye Tekhnologii = Environment and Human: Ecological Studies*. 2020;4:482-504 (In Russ.).
42. Nefedyev A.I., Nefedyev D.I., Bezborodov S.A., Gusev V.G. Control of the Driver's Condition During the Movement of the Vehicle. *Izmereniye. Monitoring. Upravleniye. Kontrol = Measuring. Monitoring. Management. Control*. 2021;2:60-64 (In Russ.).
43. Fan C., Peng Y., Peng S., Zhang H., Wu Y., Kwong S. Detection of Train Driver Fatigue and Distraction Based on Forehead EEG: A Time-Series Ensemble Learning Method. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2021;2021:1-11. doi: 10.1109/TITS.2021.3125737.
44. Shin J., Kim S., Yoon T., Joo C., Jung H.I. Smart Fatigue Phone: Real-Time Estimation of Driver Fatigue Using Smartphone-Based Cortisol Detection. *Biosensors & Bioelectronics*. 2019;136:106-111. doi: 10.1016/j.bios.2019.04.046.
45. Xu X., Hang G., Jiadi Y., Yingying C., Yanmin Z., Guangtao X., Minglu L. ER: Early Recognition of Inattentive Driving Leveraging Audio Devices on Smartphones. *IEEE Conference on Computer Communications*. 2017. P. 1-9. doi: 10.1109/INFOCOM.2017.8057022.

**Материал поступил в редакцию 08.02.23; статья принята после рецензирования 16.02.23; статья принята к публикации 23.03.23**  
**The material was received 08.02.23; the article after peer review procedure 16.02.23; the Editorial Board accepted the article for publication 23.03.23**