

Подсистема мониторинга состояния водителя с учетом интеграции в ИТС дорожного движения

Д-р техн. наук В.В. ДЕМЕНТИЕНКО, канд. техн. наук А.П. ЮРОВ, инженеры И.И. ИВАНОВ, Д.В. МАКАЕВ (АО «Нейроком»)

В статье приведен обзор исследований в области психофизиологии водителя. Показано влияние психофизиологических качеств водителя на безопасность движения. Обосновывается необходимость применения системы мониторинга состояния водителя. Рассмотрены различные методики контроля состояния водителя.

Ключевые слова: безопасность движения, психофизиологические качества, интеллектуальные транспортные системы, мониторинг состояния водителя.

Одной из приоритетных целей государственной политики Российской Федерации является повышение безопасности дорожного движения, а также стремление к нулевой смертности в дорожно-транспортных происшествиях к 2030 г. (распоряжение Правительства РФ № 1-р от 8 января 2018 г.) Ежегодные экономические потери страны от дорожно-транспортных происшествий составляют около 2% валового внутреннего продукта и сопоставимы в абсолютных показателях с валовым региональным продуктом таких субъектов Российской Федерации, как Краснодарский край или Республика Татарстан (Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 8 января 2018 г. № 1-р).

Нормативная база, а также методики предрейсового и профессионального отбора, применяемые на данный момент в Российской Федерации, не позволяют своевременно выявить и отстранить от управления водителя, который не способен на данный момент управлять транспортным средством. Понимая важность данной проблемы, Президент Российской Федерации В.В. Путин дал поручение «проработать и представить предложения об использовании водителями, осуществляющими перевозки пассажиров автомобильным транспортом, оборудованным для перевозок более восьми человек, специальными техническими средствами, предотвращающими потерю внимания и концентрации» (п. 3 перечня поручений Президента Российской Федерации от 4 августа 2017 г. № Пр-1517 по итогам совещания с членами Правительства Российской Федерации 19 июля 2017 г.) Становится очевидным, что до того момента, когда на дорогах РФ появятся беспилотные транспортные средства, необходима разработка и внедрение комплексной системы мониторинга текущего состояния водителя, успешное внедрение которой будет способствовать повышению безопасности дорожного движения.

Внедрение на различных уровнях автоматизации управления транспортным средством, одновременно с существенным ростом грузопассажирских перевозок приводят к необходимости исследования и пересмотра существующих путей профилактики до-

рожно-транспортных происшествий. Существующие на данный момент технологии позволяют удаленно отслеживать текущее состояние водителя во время управления транспортным средством, а также прогнозировать вероятность возникновения ДТП исходя из многофакторной системы анализа риска совершения водителем ошибочных действий.

Уже в 1910 г. немецкий ученый Гуго Мюнстенберг опубликовал первую работу по профессиональной оценке действий водителей городского транспорта и их водительского соответствия требованиям безопасности дорожного движения [1].

Существенный вклад в оценку работоспособности водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения внесли работы современных отечественных и зарубежных ученых: В.В. Дементенко, В.М. Власова, С.В. Жанказиева, В.В. Сильянова, О.Г. Зезюля, А.А. Эльгарова, Р.Е. Barjonet, J.A. Groeger, J.A. Rothengatter.

Вопросам изучения влияния индивидуальных качеств водителя на безопасность дорожного движения посвящены работы В.И. Коноплянко, В.М. Мишурина, А.Н. Романова, А.И. Вайсмана, М.А. Котика, Е.М. Лобанова, В.Н. Пушкина, В.С. Мерлина, Т.А. Поляковой, Р.В. Ротенберга, К. Марбе, У. Бингема, Р. Дональда, В. Кроуфорда, Ф. Маккена, Г. Майергофера и др.

Цель исследования – построение подсистемы мониторинга текущего состояния водителя с учетом интеграции в интеллектуальную транспортную систему дорожного движения (ИТС).

Задачи исследования:

1. Разработка алгоритма для системы анализа риска совершения ошибочных действий работником операторских профессий.
2. Ранжирование удельных весов ошибочных действий водителей, влияющих на безопасность дорожного движения.
3. Анализ психофизиологических показателей для уменьшения негативного влияния человеческого фактора на безопасность движения.
4. Разработка компьютерной имитационной модели оценки риска с учетом интеграции в ИТС.
5. Построение типовой модели диспетчерского программного обеспечения для контроля интеграции в ИТС.

Объект исследования – механизм изменения текущего состояния водителя и его влияние на безопасность дорожного движения.

Предмет исследования – методика оценки риска совершения водителем ошибочных действий на основе многофакторных данных.

Для решения предмета исследования решались следующие задачи:

1. Разработка математической модели для оценки риска совершения ошибочных действий на основе данных о психофизиологических характеристиках водителя и данных о дорожном движении;
2. Создание компьютерной модели для онлайн-контроля текущего состояния работоспособности водителя;
3. Построение типовой структуры диспетчерского программного обеспечения для контроля текущего состояния водителя с учетом интеграции в ИТС.

На текущий момент в России отсутствуют стандарты, регламентирующие ИТС, поэтому при решении задач исследования применены принципы, апробированные на международном уровне [2].

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что произведено ранжирование удельных весов, оказывающих влияние на безопасность дорожного движения, подобран комплекс методов, которые позволяют в онлайн-режиме оценивать текущую работоспособность водителя. Создана и разработана программная среда для контроля состояния водителя в рейсе. Предложены способы контроля состояния водителя в системах с высокой автоматизацией функций управления ТС.

В процессе обработки экспериментальных данных и обоснования положений теоретических исследований были выбраны:

статистические методы регрессионного и корреляционного анализа, методы математического моделирования с графическим представлением результатов, а также теория организации и безопасности дорожного движения.

1. Факторы риска, приводящие к ошибочным действиям водителя, влияющие на безопасность дорожного движения в зависимости от индивидуальных психофизиологических характеристик.

2. Разработанная компьютерная имитационная модель определяет прогностическое значение для оценки текущего уровня риска при управлении ИТС.

3. Предложенная в работе типовая модель структуры диспетчерского программного обеспечения ИТС позволяет своевременно выявлять снижение работоспособности водителей.

Степень достоверности и внедрения результатов исследования. Обоснованность и достоверность результатов обеспечивается корректным использованием современных апробированных методик контроля текущего психофизиологического состояния водителя, методов математического статистического анализа, подтверждением предложенных моделей в результате эксперимента, применением передовых компьютерных программ для исключения ошибок и влияния человеческого фактора на конечные результаты. Работа внедрена в практическую деятельность автотранспортных предприятий для анализа степени риска совершения ДТП водителями. Результаты проведенных исследований используются в учебном процессе при подготовке студентов кафедры «Организация и безопасность движения» при проведении лекционных и практических занятий по курсу «Транспортная психология».

Карл Марбе считал, что в практической деятельности человека чередуются периоды плохих и хороших результатов. Данные результаты зависят от отрицательной или положительной установки на достижение цели. Возможность переключения установки не коррелирует с показателями работоспособности, уровня интеллекта, не зависит от силы нервной системы. Люди с легкой переключаемостью установок будут иметь малую вероятность совершения ошибочных действий, люди же с низкой переключаемостью будут подвержены несчастным случаям. Марбе заключил, что печальные инциденты возникают по одной и той же причине – из-за отрицательной установки к работе и низкой переключаемости установок [3].

Отечественный ученый Т.А. Полякова исследовала индивидуальный стиль деятельности оператора применительно к работе водителя автомобиля: было введено понятие интегральной индивидуальности. Она установила, что индивидуальные особенности водителей отражаются на стиле вождения и выделила два стиля: в одном предпочтение отдавалось ориентировочному аспекту деятельности, а в другом – исполнительскому. Как показали исследования, второй стиль оказался более опасным и связан с большим числом дорожно-транспортных происшествий [4]. В.С. Мерлин в своих работах приходит к выводу, что индивидуальный стиль деятельности является связующим звеном между разными уровнями индивидуальности — от биохимического до социально-психологического, т.е. выполняет системообразующую функцию по отношению к индивидуальности как морфологической системе. Особенности выполнения исполнительных и ориентировочных действий занимают центральное место в системе трудовых приемов, так как они в первую очередь влияют на результаты деятельности. Вместе с тем эти результаты зависят и от особенностей деятельности, относящихся к другим ее сторонам [5].

Американский ученый У. Бингем, изучая аварийность у водителей автомобилей, обнаружил, что небольшая группа водителей за 2–3 года «набирала» столько несчастных случаев и аварий, сколько не набирали все остальные водители большого автомобильного предприятия [6]. Он выделил три характерные особенности водителей, склонных к авариям: эти люди чаще других совершали общественно неприемлемые поступки, имели больше дефектов в состоянии здоровья, отличались худшими способностями (по результатам тестирования).

В нашей стране проблеме дорожной аварийности и адаптивного поведения участников движения также уделялось немало внимания. В 1928 г. Ж.М. Лям исследовал профессиональную пригодность водителей автомобилей. С.М. Василевский опубликовал труды по совершенствованию квалификации водителей. В 40-е годы профотбору были посвящены работы Ф.Н. Браиловского и П.В. Венециана, а психологическими характеристиками профессии водителя занимались Г.М. Левигурович, В.Н. Арбузов, В.Н. Ланина, К.В. Старкова и др. [7].

Значительное место занимают творческая переработка и взаимообогащение аналогичных направлений на железнодорожном, морском транспорте и авиации. Во всем мире известны имена советских ученых Д.Ф. Горбова, Е.А. Деревянко, В.Д. Небылицина, К.К. Платонова, Е.А. Милеряна, М.А. Котика, К.М. Гуревича и многих других [7].

Заслуженный деятель науки и техники проф. Л.Л. Афанасьев, канд. мед. наук Н.А. Игнатов и Ю. Боровер в своих работах упоминают на многообразии психофизиологических особенностей водителя и зависимость их от условий деятельности, создающие определенные трудности в оценке влияния человеческого фактора на безопасность дорожного движения. Наиболее фундаментальные исследования психофизиологических характеристик водителя провели в нашей стране В.Н. Пушкин, Л.Н. Нерсисян и Н.А. Игнатов. Основные идеи этих работ заключаются в разработке рекомендаций и методик для проведения психофизиологических исследований водителя [8, 9].

В работах В.М. Мишурина и А.Н. Романова раскрывается сущность влияния психофизиологических и личностных качеств водителя на безопасность движения. В частности, указывается, что психологическая устойчивость субъекта зависит от таких особенностей как: ощущение и восприятие, скорость и точность сенсомоторных реакций, внимание, мышление, память, эмоции, а также от таких качеств личности, как: темперамент, характер, морально-нравственные качества. Ошибки водителя обусловлены различными негативными факторами: плохими дорогами, неудовлетворительной организацией дорожного движения, техническим несовершенством или неисправностью автомобиля, неблагоприятными погодными условиями [10]. И как следствие, одним из направлений снижения количества ошибок по этим причинам является максимальный учет психофизиологических особенностей водителей. Причем психологическая надежность водителя достигается целенаправленно, путем тренировки профессионально-важных качеств, в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности.

В результате анализа литературы можно сделать вывод, что повышение надежности водителя может достигаться посредством контроля его текущего состояния, улучшения его профессионального обучения, тренировки навыков, а также контролем уровня профессионально важных качеств, а также проведением оценки рисков, влияющих на возможность совершения ДТП водителем. Рассмотрены и проработаны основные личностные, психофизиологические, технические и прочие причины возникновения аварийных ситуаций. Представлена блок-схема алгоритма для системы анализа риска совершения ошибочных действий.

В процессе управления транспортным средством каждое действие водителя направлено на достижение заданной цели и выполнение определенной программы деятельности. Достижение цели определяет цену деятельности, т.е. то количество ресурсов организма, которые водитель готов потратить.

Под влиянием этой цели и программы центральная нервная система человека и органы его чувств настраиваются на определенный уровень работоспособности для восприятия информации о существующей дорожной обстановке. В качестве целей и программ деятельности могут выступать такие как достижение пункта назначения, отсутствие штрафов и неустоек, соблюдение графика и маршрута движения, соблюдение Правил дорожного движения и т.д. На основе информации, полученной от органов

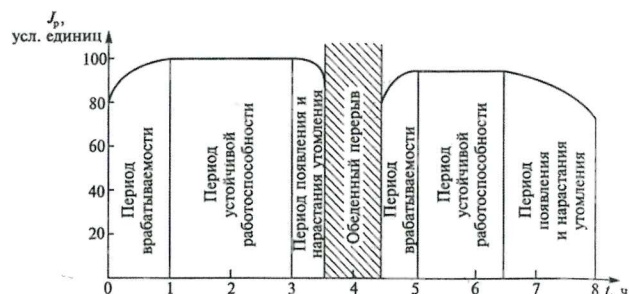
чувств, в сознании человека формируется образ. Однако количество информации, воспринятой водителем, напрямую зависит от текущего уровня работоспособности.

Следующий этап – построение динамических моделей развития дорожно-транспортной ситуации. Если развитие ситуации соответствует цели и программе деятельности водителя, то водитель продолжает наблюдать за развитием событий. Если же развитие ситуации, смоделированной в сознании водителя, не соответствует целям его работы, то водитель начинает процесс поиска наиболее правильного и адекватного решения задачи. В первую очередь возникающая в сознании водителя модель соотносится с моделями и условиями, с которыми ему приходилось встречаться ранее и с тем, насколько успешно в прошлом он решал подобные задачи. Здесь значительную роль играет текущее психофизиологическое состояние водителя. При прогнозировании водитель должен учитывать свою работоспособность и выбирать варианты, которые минимизируют риск совершения ошибочного действия.

Согласно исследованиям физиологов и психологов труда первые 1,5–2,5 часа вождения происходит «вработываемость» организма водителя, т.е. постепенный рост работоспособности, затем наступает период стабилизации. Первые признаки утомления появляются через 4–5 часов и, постепенно нарастая, становятся значительными после 6–8 часов непрерывной работы. За счет компенсаторных механизмов организма определенный уровень работоспособности поддерживается еще 2–4 часа (до 10–12 часов работы). После этого компенсаторные возможности организма иссякают и происходит быстрое, «лавинообразное» падение работоспособности до уровня, недопустимого с точки зрения безопасности движения: увеличивается время сенсомоторных реакций, возрастает количество ошибочных реакций, растет тремор конечностей, ухудшается различительная способность глаз, появляется сонливость, резко возрастает опасность засыпания за рулем и др. [11].

Часовой отдых после 4–5 часов непрерывной работы продлевает период стабильной работоспособности на 2–3 часа, а отдых после 8 часов работы замедляет развитие утомления, делает падение работоспособности менее резким. Последствия снижения надежности водителя на протяжении рабочего дня видны из статистики ДТП: при управлении автомобилем свыше 7 часов водители совершают ДТП примерно в 1,5–2 раза чаще, чем при длительности работы до 7 часов, при пребывании за рулем свыше 12 часов вероятность попадания в ДТП по причине утомления многократно возрастает [11]. Это связано также с тем, что водитель, управляя автомобилем, не способен объективно оценивать свое психофизиологическое состояние (рисунок). Следовательно, необходимо применять методику, позволяющую объективно и достоверно определять текущее состояние водителя транспортного средства.

Исследования показывают, что наибольшей достоверностью обладает методика контроля текущего состояния водителя по параметру электродермальной активности (таблица).



Динамика работоспособности водителя при восьмичасовой рабочей смене.

Методики контроля состояния водителя

Методика контроля состояния водителя	Вероятность опасного отказа (ошибка второго рода), 1/час
Изменение «почерка» вождения	0,3
Рациональные действия	0,3
Пульс	0,3
Направление взгляда	0,2
Поза (тонус мышц)	0,2
Речь	0,1
Наклоны головы (тонус мышц)	0,1
Окулограмма	0,1
Моргания	0,05
Микросаккады (потенциально)	0,02
ЭДА	0,0001

Литература

1. Мюнстерберг, Гуго. Основы психотехники. Первая общая часть. – 2-е изд. – М.: Русский книжник, 1924.
2. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие. – М., 2016.
3. Айзенк, Ганс. Психология. Польза и вред. Смысл и бессмыслица. Факты и вымысел. – Минск: Харвест, 2003.
4. Полякова Т.А. О взаимосвязи между индивидуально-психологическими качествами водителей и их действиями по управлению автомобилем. – Вестник МГУ, серия «Психология», № 4, 1988.
5. Небылицын В.Д. Проблемы психологии индивидуальности. Москва – Воронеж, 2000.
6. Небылицын В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. – М.: Изд-во «Наука», 1976.
7. Клеббельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клеббельсберг; пер. с нем. – М.: Транспорт, 1989.
8. Лушкин В.П., Нерсесян Л.С. Психология водителя. – М.: Знание, 1969.
9. Нерсесян Л.С. Психологические аспекты повышения надежности управления движущимися объектами. – М.: Промедэк, 1992.
10. Романов, А.Н. Автотранспортная психология: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / А.Н. Романов. – М.: Академия, 2002.
11. Методическое пособие по проведению ежегодных занятий с водителями автотранспортных организаций. Министерство транспорта Российской Федерации. – М., 2004.
12. Белокуров В.П., Черкасов О.Н., Белокуров С.В., Кононова А.В., Шаталов Е.В. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения автотранспорта: Учебное пособие. – Воронеж, 2014.

SUBSYSTEM FOR MONITORING THE DRIVER'S CONDITION TAKING INTO ACCOUNT INTEGRATION INTO ITS TRAFFIC

D.Sc. Valeriy V. Dementienko, Dr. Alexander P. Yurov, eng. Ilya I. Ivanov, eng. Dmitriy V. Makaev (Moscow)

The article provides an overview of research in the field of psychophysiology of the driver. The influence of psychophysiological qualities of the driver on traffic safety is shown. The necessity of using a system for monitoring the driver's condition is substantiated. Various methods of monitoring the driver's condition are considered.

Key words: road safety, psychophysiological qualities, intelligent transportation systems, driver condition monitoring.

Статья поступила в редакцию 29.06.2022 г., принята к публикации 15.07.2022 г.

Авторы: **Деметтиенко Валерий Васильевич**, д-р техн. наук, генеральный директор АО «НЕЙРОКОМ», e-mail: v.dementienko@neurocom.ru; **Юров Александр Павлович**, канд. техн. наук, заместитель генерального директора АО «НЕЙРОКОМ», e-mail: a.yurov@neurocom.ru; **Иванов Илья Игоревич**, начальник отдела АО «НЕЙРОКОМ», e-mail: i.ivanov@neurocom.ru; **Макаев Дмитрий Владимирович**, заместитель начальника отдела АО «НЕЙРОКОМ», e-mail: d.makaev@neurocom.ru. Адрес: 105082, Россия, Москва, ул. Б. Почтовая, 39с1.