

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОНОМНЫХ
КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**Кандидат техн. наук **Грушников В.А.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук. ВИНТИ РАН)

COMPARATIVE SAFETY OF AUTONOMOUS WHEELED VEHICLESPh.D. (Tech.) **Grushnikov V.A.**

(All-Russian Institute of Scientific and Technical Information. VINITI of RAS)

Колесные транспортные средства, беспилотники, автономность, безопасность дорожного движения, техническое оснащение автомобилей, интеллектуальные транспортные системы.

Wheeled vehicles, drones, autonomy, road safety, technical equipment of cars, intelligent transport systems.

Перспективы реализации одной из главных тенденций современного автомобилестроения и автомобильного транспорта, перемещающегося по дорогам общего пользования – беспилотных автономных колесных транспортных средств зависят от уровня безопасности их использования в плотных и интенсивных транспортных потоках, наряду с пилотируемыми автомобилями.

Prospects for the implementation of one of the main trends in modern automobile construction and road transport moving along public roads – unmanned autonomous wheeled vehicles depend on the level of safety of their use in dense and intense traffic flows, along with manned cars.

В технологичной реализации современной концепции автономных, или беспилотных колесных транспортных средств (КТС) велика роль потенциала прогнозного управления его приводом. Она оценена [1], например, в аналитическом исследовании сотрудников австрийского приборно-технологического концерна AVL при объединении в общей концепции имитаций возможностей и преимуществ бортовых и инфраструктурных электронных систем и устройств. Достижение технологического оптимума в снижении массы КТС, потребления топлива и/или электроэнергии, а значит и количества и токсичности выбросов вредных веществ, возможно при создании глобальных сетевых систем управления автомобильным приводом. В них ассистентские системы и их высшее проявление - искусственный интеллект может использовать многофакторную информацию системы глобального позиционирования, локальных дорожно-транспортных инфраструктурных сетей и бортовых автомобилей в транспортных потоках. Эти комплексные системы управления реализуются многими производственно- и информационно-технологическими компаниями во всем мире.

На основе комплекса этих обобщенных данных и должен строиться алгоритм оптимальной стратегии управления приводами КТС. На конкретном примере в виртуальном эксперименте с электромобилем, оснащенным аккумуляторной батареей энергоемкостью 60 кВт·ч, в Новом европейском ездовом цикле (NEFZ) демонстрируются возможности увеличения запаса автономного хода на 8 км при оптимизации ее температурного режима. Эти факторы транспортного процесса определяют и функциональную безопасность автономных КТС.

Функциональность системы автоматизированной мобильной безопасности, по результатам виртуальных экспериментов и реальных испытаний германского

концерна Continental [2], определяется совершенством комбинации отдельных устройств переключения передач трансмиссии, управления педалями подачи топлива, тормоза и сцепления, а также круиза-контроля и видеозаписи автоматизированных и беспилотных колесных транспортных средств. Ключевым звеном их оптимального взаимодействия с целью предотвращения столкновений по мере продвижения от разного уровня автоматизации до полной роботизированной автономности являются сначала оперативность оповещения и реакции водителя, а затем - достоверность сценариев реализации алгоритмов беспилотного управления КТС.

Реальный потенциал защиты пользователей КТС с повышенной автоматизацией управления оценивается [3] в исследовательском Центре немецкого автомобилестроительного концерна Daimler. По их заключению, этот потенциал прямо пропорционально зависит от уровня совершенства бортовой автоматизации и цифровой инфраструктуры дорожно-транспортной сети. Только с их помощью можно улучшить статистику ежегодной гибели в ДТП по всему миру, она составляет около 1,3 млн. человек. В частности, в 2013 г. в Индии было официально зарегистрировано в ДТП 137572 смертельных случая, в Китае в 2015 г. - 58022, в Бразилии в 2009 г. - 37594, в США в 2013 г. - 32675, в России в 2010 г. - 26567, в Евросоюзе в 2013 г. - 25700, в Германии - 3339. Спустя несколько лет этот показатель составил в Индии в 2016 г. 150785, в Китае в 2016 г. - 63093, в Бразилии в 2013 г. - 42291, в США в 2016 г. - 37461, в России в 2013 г. - 27025, в Евросоюзе в 2016 г. - 25500, в Германии в 2017 г. - 3177. Это подтверждают и данные большей удельной дорожной смертности в автомобилях с длительной эксплуатацией, не оснащенных современными устройствами не только активной, но и пассивной безопасности, управляемых не только старыми, но и молодыми водителями.

Отмечается существенный прогресс в автоматизации КТС с высокопроизводительными, технологичными, быстроработывающими и легко настраиваемыми электронными устройствами. Эффективность их использования демонстрируется на примере новейших комбинированных систем безопасности с круговым обзором, устраняющим «слепые» зоны.

Эффективность использования электронных устройств КТС оценена на примере адаптивного круиза-контроля. В нем рассматриваются направления их совершенствования, главным образом, за счет использования стратегии управления движением на основе фирменного алгоритма его прогнозного или предусматрительного планирования [4]. Он, по данным фактического дистанционного позиционирования, наложенным на ландшафтную электронную карту маршрута, позволяет выбирать оптимальные скоростные режимы движения с определенной передачей трансмиссии, на выбеге и с воздействием на педали управления подачей топлива и тормоза. Использование этой интеллектуальной стратегии началось на легковом автомобиле Porsche Panamera 2017 модельного года с предупредительными функциями и полной ответственностью водителя КТС. В экспериментальной версии Porsche Cayenne 2018 модельного года уже имеется опция принудительного ограничения скоростного режима ассистент-системой.

Она оказывается особенно эффективной при реализациях на автоматизированной сетевой системе управления дорожным движением [5]. В Институте транспортных систем Аэрокосмического центра Германии рассматриваются различные аспекты испытаний КТС разного уровня оснащенности.

По классификации Общества автомобильных инженеров SAE эти уровни подразделяются на шесть ступеней автоматизации: от нулевого (ассистент-система отсутствует) до пятой (беспилотное роботизированное КТС). Главное внимание в вопросах совершенствования методического обеспечения испытаний автомобильных КТС все в большей мере уделяется виртуальным компьютерным и стендовым испытаниям с продвинутым программным обеспечением описания самых разных сценариев движения по разветвленной, обустроенной инфраструктурой дорожной сети.

Функциональность ассистент-систем в автомобильной безопасности определяет этот комплексный показатель транспортного процесса в виде характеристик дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [6]. Несмотря на резкое снижение, по данным официальной статистики Германии, смертельных исходов столкновений в ДТП до 0,9%, их число в 2017 г. составило 2,6 млн и в 600 из них пострадали велосипедисты. В связи с этим повышается востребованность таких ассистент-систем грузовых автомобилей, как устройство предотвращения бокового столкновения модели Esonic с дистанционным «отруливанием» берлинской компании Alba. Ее использование в экспериментальном порядке на современных мусоросборочных автомобилях на базе шасси тягача Mercedes-Benz Actros продемонстрировало эффективность успешного использования.

Достижения в области машинного обучения быстро меняют требования к электронным компонентам самых разных систем. Разработки искусственного интеллекта являются одними из самых важных достижений со времени появления дисциплины информатики [7].

В совместном изыскании Научно-исследовательского института транспорта Вюрцбурга и автокомпонентного концерна Robert Bosch (оба - Германия) оцениваются уровни рисков столкновений в ДТП разных типоразмеров КТС, управляемых водителями, в том числе с поддержкой электронными ассистент-системами, и полностью автоматизированных автомобилей-роботов [8]. В основе этих оценок - предположение о том, что как сонливость, вызванная монотонной утомляемостью, так и увлечение отвлекающими задачами, не связанными с вождением, ослабляют когнитивные способности водителя. Все результаты этого исследования были получены на тренажере в течение 1-2 ч с участием 64 добровольцев - квалифицированных водителей - в режимах ручного и частично ручного (с переходом в автоматизированный режим со снятием рук с рулевого колеса при соответствующем сигнале), а также полностью автоматизированного управления. В конце такого исследования водители должны были отреагировать на внезапное торможение. Уровень сонливости, рабочей нагрузки водителя (визуальной, умственной и моторной) контролировались видеозаписями. Установлено, что в условиях частичной автоматизации время реакции на необходимость штатного и/или экстренного торможения по критичности ситуации может быть точно спрогнозировано. Основными причинами увеличения времени реакции стали сонливость и мотивационная привлекательность посторонних задач, сильно снижающих когнитивные реакции. В ситуации с высокоавтоматизированным управлением время реакции на необходимость торможения спрогнозировать не удалось.

Наряду с объективными данными, оказываются важными органолептические оценки эффективности ассистент-систем и полностью роботизированного вождения. Анализ возможностей использования чувственных восприятий человека в качестве информационных эвристик показал их эффективность для применения в алгоритмах принятия решений в сложных, а тем более, в критических ситуациях в условиях многих неопределенностей [9].

Исследование поведения 1484 добровольных участников эксперимента - профессиональных и водителей-любителей с различным стажем управления КТС разных типоразмеров позволили выявить характерные особенности восприятия рисков разной природы и описать их в категориях аппарата программирования. Учитывалось, что личный автомобильный подвижной состав является основным видом колесного транспорта для подавляющего большинства взрослого населения США с 222 млн. лицензированных водителей. Важным аспектом стало определение характеристических реакций на стрессовое воздействие со стороны окружающей среды в виде незнакомых траекторий движения, негативных погодных условий и ситуаций в сопутствующих и встречных транспортных потоках.

Всемирная организация здравоохранения в 2016 г. сообщила, что ДТП являются основной причиной смерти людей в возрасте от 15 до 29 лет. Поскольку устранение ошибок человеческого фактора (94% причин всех ДТП) является самым большим потенциальным преимуществом автономных беспилотных колесных транспортных средств, их применение прямо или косвенно связано со снижением рисков ДТП, продолжительностью простоев КТС в заторах, увеличением

возможностей мобильности и более эффективным использованием подвижного состава, главным образом, по времени в пути. Актуальность такой трансформации используемого в ближайшей перспективе беспилотного подвижного состава усугубляется процессом прогрессивного роста числа пожилых водителей со сниженными физическими и когнитивными способностями.

Характеристики инновационной технологии автоматического управления КТС отображаются в двух ортогональных измерениях: риск от страха и неизвестный риск. Риски страха включают в себя восприятие людьми потенциала отсутствия контроля, катастрофических последствий и гибели людей. Неизвестные риски включают в себя предполагаемую новизну, отсутствие научных знаний, ненаблюдаемые последствия и задержку последствий. Эти два аспекта риска объясняют, почему некоторые виды опасности воспринимаются населением как более рискованные, чем другие, несмотря на противоречивую статистическую информацию экспертов. Такие рискованные действия, как управление автомобилем в состоянии алкогольного опьянения, воспринимаются разными людьми как ужасные или привычные в зависимости от их возраста, уровня образованности и воспитанности. В частности, при оценке реальной ситуации люди склонны обращать внимание или оценивать негативную информацию или эмоции в большей степени, чем позитивные.

Если эмоциональные реакции людей более позитивны, они склонны оценивать риски как более низкие, а выгоды - как более высокие. Люди могут быть особенно склонны полагаться на свои аффективные реакции в качестве общего источника, как своих оценок рисков, так и оценок, когда им не хватает опыта в данной области. Это может быть более заметным в условиях, характеризующихся более высоким уровнем неопределенности и меньшей осведомленностью в более сложных ситуациях.

Наконец, отрицательный аффект может быть более значимым в формировании суждений людей, чем положительный аффект. Эти психологические тренды являются основой для рассмотрения эффективности и выбора наиболее действенных технологий реализации эвристического эффекта на основе аффекта, формирующего желание людей применять новые технологии. Другие факторы, которые были определены как важные для понимания внедрения технологий, включают в себя актуальность предыдущего опыта людей (в том числе с технологией) и надежность системы - способность системы работать без сбоев.

Концепция надежности системы или убеждение в том, что система будет работать так, как описано, является формой доверия технологии. Доверие к технологии может быть предиктором принятия правильности ее реализации. Последние исследования различных аспектов использования беспилотных КТС показали, что степень признания людей варьируется в зависимости от индивидуальных особенностей, при этом молодые люди, разбирающиеся в технологиях, обычно больше заинтересованы в использовании автомобилей с автоматическим управлением, чем люди старшего возраста, не обладающие техническими знаниями. Однако они не против их массового использования на автомобильных дорогах общего пользования. В частности, все без исключения люди ожидают, что эта инновационная технология может привести к снижению количества ДТП,

выбросов в атмосферу вредных веществ и повышению транспортной мобильности пожилых людей и людей с ограниченными физическими возможностями, способности которых могут быть более продуктивно использованы в творческой сфере жизнедеятельности.

Нерешительность людей в отношении принятия автоматизированных КТС также может быть связана с их положительными и негативными ощущениями и восприятиями от управления ими в различных ситуациях. Сравнение управления ручного, полностью контролируемого человеком, и полностью автоматизированного в восприятии большинства участников анкетных опросов и экспериментов показало приверженность большинства ручному способу управления, тогда как наиболее приятным они признали автоматическое.

Результаты исследования ощущения безопасности от самостоятельного управления автомобильным КТС сформулированы в виде линейной регрессионной аналитической математической модели. Она продемонстрировала приверженность к технологиям автоматизации КТС водителей с меньшим (молодые водители), большим (старые водители) стажем вождения и большей приверженностью к современным цифровым технологиям управления. Эффективность оценки принятия автоматизированной технологии управления КТС была проведена по готовности общественности разрешить ребенку в возрасте от 12 до 17 лет ездить в автономном беспилотном автомобиле. Она продемонстрировала доверие к этому способу перемещения по автомобильным дорогам общего пользования.

Признавая безальтернативную перспективу использования на автомобильных дорогах общего пользования самого ближайшего будущего беспилотных КТС, немецкие специалисты по безопасности дорожного движения, например, отмечают [10] наличие многих нерешенных вопросов совместного использования автономных роботизированных автомобилей и традиционных, управляемых водителем. Наиболее ярко потенциальные риски новых технологий вождения выявляются при комплексном рассмотрении всех аспектов эксплуатации этих эффективных, комфортных, но пока еще не безопасных роботизированных средств передвижения.

Для исследования восприятия рисков столкновений управляемых человеком и автономных КТС использована двухэтапная эмпирическая процедура с последовательным выявлением факторов риска. В анкетировании приняли участие 516 немецких водителей автомобилей, оценивших комплексную эффективность обычной, смешанной и полностью беспилотной технологий управления КТС по методу семантического дифференциала (шкала оценки для определения коннотации значения технологий). Восприятие риска оказалось значительно меньшим для обычной технологии управления КТС по сравнению с технологиями смешанного и автономного. Это объясняется неполным использованием преимуществ и возможностей таких инновационных технологических достижений, как интеллектуальные транспортные системы и интеллектуальная инфраструктура. Их интеграция в комплексных технологиях обеспечит их реализацию.

По прогнозу Федерального министерства транспорта и цифровой инфраструктуры Германии в ближайшей перспективе подвижным составом личного автомобильного транспорта будет совершаться до 991 млрд. пасс.-км/г, а по данным Федерального статистического

управления Германии, почти 88% столкновений в ДТП вызваны ошибками человеческого фактора. Это явно свидетельствует о необходимости скорейшей реализации преимуществ автономного вождения, исключая когнитивные погрешности восприятия дорожно-транспортной ситуации. Что подчеркивается снижением количества и потенциала столкновений в ДТП с использованием электронных систем поддержки водителей КТС такими системами активной безопасности, как электронный контроль устойчивости и динамической стабилизации, адаптивный круиз-контроль, принудительное превентивное автоматическое торможение и/или их комбинация.

В еще большей степени безопасность дорожного движения может быть повышена путем интеграции интеллектуальных систем коммуникации КТС друг с другом в сопутствующих и встречных транспортных потоках и с активными устройствами дорожной инфраструктуры. Они позволяют обмениваться цифровой информацией в режиме реального времени. Понятно, что искусственный интеллект все в большей степени принимает на себя выполнение требующих повышенного внимания, сосредоточенности и ответственности рутинных операций, обладая большим быстродействием и лучшей «когнитивностью». Он способен заменить человека за рулем, но насколько он функционально адаптирован к человеко-машинному окружению, какую ответственность на него можно возложить и как это можно сделать, пока остается вопросом.

Из большого объема имеющихся знаний известно, что предполагаемые риски могут не только отличаться от фактических (технологических) рисков, но также представлять значимые социальные, когнитивные и аффективные процессы адаптации, которые справляются с неопределенностью новых разработок. Восприятие риска является фундаментальным механизмом, который большинство людей использует для оценки потенциального риска деятельности или технологии и для обоснования опасений или игнорирования таких рисков. Процесс адаптации к риску не обязательно связан с одной конкретной технологией, но применяется к различным (крупномасштабным) технологиям, которые непосредственно влияют на жизнь общества и людей, например, к технологиям энергетической инфраструктуры. Характерно, что эти различные области применения вызывают восприятие риска, которое может содержать сходные модели, например, с точки зрения личных или общественных опасностей и рисков для здоровья, окружающей среды и экономики.

На восприятие риска влияют различные факторы, такие как, например, чувство контроля, ассоциации с источником риска, задержка последствий, катастрофический потенциал, а также личный опыт и знания (знакомство). Более того, психологическая дистанция (близость к себе), а также абстрактность или конкретность решений о риске могут влиять на восприятие риска. Принятие пользователями автономного вождения также может зависеть от рассматриваемых факторов.

Использование беспилотных КТС с автономным управлением означает отказ от контроля над ним со стороны человека, чего люди боятся. Они также обеспокоены аспектами безопасности, такими как сбои системы или хакерские атаки.

Заключение

Восприятие рисков водителей КТС разного уровня автономности на автомобильных дорогах общего пользования и безопасности дорожного движения на них в разных масштабах реализации концепции беспилотности автомобилей определяется целым комплексом факторов технических (конструктивного и технологического) и психологических свойств. Оно создает уровень общественного признания современной стратегии автономности КТС. В этом процессе социальной адаптации, как среди профессионалов, так и любителей концепции автоматизации КТС, наметились существенные сдвиги в плане повышения доверия среди людей разного возраста, опыта и знаний.

Литература

1. Teuschl G., Ramschak E., Jones S., Paul C. Potenziale ein esprädictiven Antriebs managements// ATZ: Automobiltechn.- 2018.- 120, № 5.- С. 62-66.
2. Lauzmann R., Eckert A., Raste T., Hohm A.// ATZ: Automodiltechn. Z.- 2108, Прил. Jubiläumsausg. 2018.- С. 64-68.
3. Schöneburg R., Feese J., Struck M. Potenziale für den Insassenschutz bei zunehmender Automatisierung// ATZextra.-2018, Juli.- С. 38-42.
4. Albrecht M., Holzäpfel M. Voraus schauen deffizient faren mit demelektronischen Co-Piloten// ATZextra.-2018, Jili.- С. 34-37.
5. Köster F., Mazzega J., Knake-Langhorst S. Automatisierte und vernetzte Systeme. Effizienterprobt und evaluiert// ATZextra.- 2018, Juli.- С. 26-29.
6. Welche Anforderungene in Abbigeassistenter füllen sollte // EU-Recycl. - 2018. - Том 35, № 9. - С. 20.
7. Wasner C. Künstliche Intelligenzhält Einzug in Computerchips// ATZ Elektron.-2018, Прил. Elektronica 2018. - С. 20-23.
8. Naujoks F., Höffing S., Puruker C., Zeeb K. From partial and high automation to manual driving: Relations hip between non-driving related tasks, drowsiness and take-over performance// Accid. Anal. and Prev. [Электронный ресурс]. - 2018.- Том 121.- С. 28-42.
9. Raue M., D'Ambrosio L.A., Ward C., Lee C., Jacquillat C., Coughlin J.F. The Influence of Feelings While Driving Regular Carson the Perception and Acceptance of Self-Driving Cars// Risk. Anal. [Электронный ресурс]. - 2019.- Т. 39, № 2.- С. 358-374.
10. Brell T., Phillipsen R., Ziefle M. S CARY! Risk Perceptions in Autonomous Driving: The Influence of Experience on Perceived Benefits and Barriers// Risk Anal. [Электронный ресурс]. - 2019. - Т. 39, № 2. – С.342-357.

Сведения об авторе

Грушников Виктор Александрович, старший научный сотрудник ОНИ по машиностроению Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН.

Телефон 8 499 152 59 10 (сл.)

E-mail: mach04@viniti.ru.