

## НЕКОТОРЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Кандидат техн. наук **Грушников В.А.**

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

## SOME PRECONDITIONS FOR CREATING FUNCTIONAL I NTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Ph.D. (Tech.) **Grushnikov V.A.**

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

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

*Wheeled vehicles, road safety, vehicle technical equipment, intelligent transport systems.*

*Повышение безопасности дорожного движения в автомобильных колесных транспортных средствах в интенсивных и плотных транспортных потоках мегаполисов сегодня немыслимо без современного инфраструктурного обустройства улично-дорожной сети и оснащения автомобилей электронными ассистент-системами поддержки водителей.*

*Improving road safety in automotive wheeled vehicles in intensive and dense traffic flows of megacities today is unthinkable without a modern infrastructure arrangement of the road network and equipping vehicles with electronic driver assistance systems.*

Эффективное решение одной из основных проблем современного социума – обеспечения безопасности дорожного движения в интенсивных и плотных транспортных потоках (ТП) на автомагистралях и улицах густонаселенных городских агломераций предполагает эксплуатацию оснащенных современными электронными системами разного уровня автоматизации колесных транспортных средств (КТС) на дорогах общего пользования с цифровым инфраструктурным обустройством. Это решение достигается реализацией комплекса взаимосвязанных исследовательских, проектных и эксплуатационных мероприятий, преследующих общую цель, и начинается с оценки спроса на пропускную способность дорог, определяющую интенсивность сообщения в ТП по одной или нескольким полосам, наиболее показательную на регулируемых перекрестках.

Наряду с другими исследователями проблемы безопасности дорожного движения, к такому выводу пришли сотрудники Университета китайского Чжэцзяна и Северо-Китайского технологического Университета, разработавшие [1] по результатам своих изысканий инновационный метод оценки трафика на основе отслеживания времени прохождения дистанций автомобильных дорог, отслеживаемых видеокамерами. Он позволяет на основе петлевых детекторов преодолеть недостатки алгоритмов прохождения дистанций, связанные с неопределенностью фактического спроса и трудностью вычисления взаимоотношений характеристик ТП на разных полосах. На основе анализа различных шаблонов продолжительности поездок была определена концепция виртуального ездового цикла. Результаты экспериментальной апробации показали, что максимальные, минимальные и средние отклонения в течение 12 циклов составляют 38,5%, 0,02% и 16,19%, соответственно. Результаты этого исследования имеют потенциальную применимость в системах управления движением.

Влияние ширины полосы и всей проезжей части улицы и автомагистрали на поведенческие адаптации водителей КТС в комплексном теоретико-экспериментальном и аналитическом исследовании оценено в парижской Лаборатории дорожных операций, анализа когнитивности и моделирования поведения водителей КТС по оперативности их адаптации к динамическому изменению условий движения. Установлено [2], что уменьшение ширины полосы движения приводит к тому, что водители приближаются к середине проезжей части, в то время как наличие жестких разделительных барьеров и отбойных брусков - к удалению от нее. Однако в зависимости от дорожно-транспортной ситуации выявлено разное влияние сужения полосы.

Мероприятия по перераспределению полос движения привели к тому, что КТС располагались дальше от края правой полосы движения и меньше маневрировали без повышения скоростей движения. Отсюда следует вывод о том, что перераспределение дорожного пространства с реверсивным движением может служить хорошим и недорогим инструментом повышения пропускной способности безопасных дорог.

Наряду с другими технологическими мероприятиями, эта цель достигается [3] использованием усовершенствованных алгоритмов распознавания дорожных знаков. Наиболее продвинутый из них на настоящее время успешно апробирован в контрольных испытательных заездах. Он основан на усовершенствованном двухуровневом алгоритме LeNet-5 распознавания на новейшей сверхточной нейронной сети распознавания визуальных шаблонов класса GTSRD в виде рисунков и надписей дорожных знаков. Его применение позволило сотрудникам Университета китайского Сианя установить возможность распознавания образов в виде рисунков и надписей на дорожных знаках с увеличенной до 91,76%-й точности.

Эти важнейшие для оптимального проектирования и реализации безопасной эксплуатации на дорогах общего пользования автомобильных КТС возможности оперативного управления ТП наиболее эффективно реализуются при использовании системы интеллектуального управления сигналами светофоров на дорожной полосе в режиме «зеленой волны». Подтверждением правильности этого вывода является [4] результат исследования системы интеллектуального управления сигналами светофора.

Сотрудниками Колледжа автоматизации и электротехники Университета китайского Ланьчжоу установлено снижение простоев КТС в заторах и на перекрестках на 7,2% (рис. 1).



Рис. 1. Интеллектуальная система светофорного регулирования автомобильных потоков

Передовые технологии управления в разной степени автоматизированных КТС (от пилотируемых до беспилотных роботов-автоматов с использованием электронных систем активной безопасности и коммуникации) требуют изменения поведения водителя, ограниченного по когнитивным способностям, и концепции выбора траектории движения самых разных типов КТС по дороге общего пользования в общем ТП.

Исследование этой проблемы проводилось сотрудниками транспортно-технологической компании Leidos и Факультета гражданской и экологической инженерии Университета штата Вирджиния, Факультета гражданской и экологической инженерии Университета штата Южная Флорида и Исследовательского центра Федеральной администрации автомобильных дорог – США. Рассматривалась целостная система оптимизации траекторий движения КТС в общем ТП, обеспечивающая эффективную мобильность, минимизацию нагрузки на окружающую среду и безопасность на основе использования эвристического алгоритма с учетом реальных ограничений [5].

По результатам теоретического анализа разработан модифицированный численный алгоритм. Он основан на субинтеграции эвристического алгоритма и алгоритма одновременной оптимизации времени прохождения маршрута, безопасности дорожного движения и потребления топлива КТС в плотных и интенсивных ТП, контролируемых на светосигнальных перекрестках.

Численные примеры имитационного моделирования трафика показали высокий потенциал подходов управ-

ления движением по трансформационной траектории в приложениях для транспорта.

Проблема маршрутизации пилотируемых и автономных беспилотных КТС, оснащенных автоматическими электронными системами активной безопасности, на дорогах общего пользования разветвленной дорожно-транспортной сети региона и мегаполиса сотрудниками Транспортного и Дорожного колледжей Корнеллского университета (штат Нью-Йорк, США) рассматривается [6] проблема согласованного управления траекториями их движения. Она очень сложна, поскольку каждое КТС обладает множеством степеней свободы перемещений, а траектории соседних участников дорожного движения описываются сложными моделями взаимодействия в ТП. В связи с этим на основе концепции взаимодействия клеточных автоматов разработан эвристический алгоритм минимаршрутизации, позволяющий строить траектории движения, главным образом, беспилотного КТС на сегменте инфраструктуры обустроенной дорожной сети с граничными временными условиями его перемещения и механическими ограничениями по критериям безопасности. Этот алгоритм разбивает всю траекторию движения каждого КТС на несколько участков, каждый из которых оптимизируется по соответствующей аналитической модели. Это трансформирует сложную исходную задачу управления жесткой траекторией на простые составные эвристики.

В этой обобщенной теории установлено, что в мягких условиях с некритичными интенсивностями и плотностями ТП подобные алгоритмы всегда дают приемлемые решения исходной задачи комплексного управления траекториями движения КТС. Кроме того, обнаружено, что эвристическое решение является обобщением решения классической кинематической теории волн путем включения конечных ускорений. Определены теоретические границы разности эвристического решения ускорения и кинематической волны.

Одним из важнейших требований безопасности является обеспечение адаптивного реальным условиям управления системами крупноразмерных КТС, в особенности – с мощным приводом. Актуальные возможные решения этой проблемы рассматриваются [7] китайскими специалистами по безопасности дорожного движения в плане интеллектуального управления полноприводным КТС при переменной динамике движения. Глобальное решение этой проблемы согласованного управления силовым агрегатом, тормозной и рулевой системами КТС состоит в улучшении стабилизации за счет автоматического регулирования режимами работы с предотвращением опрокидывания, рысканий, сносов и заносов за счет отслеживания фактических продольных и поперечных скоростей и ускорений с недопущением критических значений.

Для управления нелинейными связями между разнонаправленными перемещениями КТС и вычисления последовательных оптимальных параметров его движения без нежелательных последствий разработан инновационный алгоритм нелинейного моделирования прогнозного контроля динамики. А сама система управления КТС построена по иерархическому принципу с разделением контроллеров режимов движения на первичный - с их предварительным выбором и адаптационный - в скользящем режиме реального времени.

Как показали имитации в автономных режимах движения беспилотника, эта иерархическая методология

приносит почти 1700%-е улучшение вычислительной эффективности без потери производительности управления. Результаты испытаний с двойным переходом из режима разгона в режим торможения и обратно на криволинейной траектории движения на основе аппаратной системы моделирования в циклах показали, что с использованием оптимального интеллектуального контроллера, среднеквадратичные значения боковых сносов и заносов и ошибки ориентации могут быть уменьшены на 41% и 30%, соответственно. Кроме того, средняя безопасная скорость полноприводного КТС на крутых виражах увеличивается на 0,26 км/ч, максимальный угол бокового скольжения при этом подавляется в 1,9 раз и улучшаются возможности удержания полосы, предотвращаются опрокидывания и столкновения при автономном режиме беспилотного управления.

Насколько продуктивным является использование в системах управления КТС современных электронных средств цифровой визуализации, свидетельствуют результаты аналитического исследования реализаций алгоритмизации транспортного процесса [8]. Использование в технологии электронного идентификационного отслеживания дорожной полосы движения КТС позволило в несколько раз повысить потенциал активной безопасности КТС. Эту технологию использовали сотрудники Колледжа транспорта и автомобильного машиностроения Университета китайского Циндао и Государственной лаборатории автомобильной безопасности и энергетики Пекинского университета.

Особенно эффективны эти мероприятия в сочетании с обеспечением автомагистралей необходимой по интенсивностям ТП пропускной способности. Например, разработанная [9] в рамках Исследовательской программы развития стратегических шоссе США сотрудниками Факультета гражданской и экологической инженерии Университета штата Вашингтон и Научно-исследовательского института транспорта Университета штата Северная Каролина расширенная система принятия решений по пропускной способности автострад основана на методологии надежности времени в пути. Методология оперирует набором предопределенных преобладающих условий для предотвращения случаев как повторяющихся, так и разовых перегрузок в течение длительного времени. Этот подход учитывает различия в уровнях спроса на перевозки автомобильным транспортом разного типа, неблагоприятные погодные условия и стохастические инциденты на автостраде.

По данным официальной статистики, девять из десяти столкновений связаны с маневром поворота. Его различные сценарии уже рассматриваются как варианты испытаний автомобилей на пассивную безопасность по методике Euro NCAP к 2020 г. В предотвращении такого рода столкновений, в особенности при наиболее сложном левом повороте, эффективную роль будут играть системы автоматизированного экстренного торможения. Они оценивают возможности водителя избежать потенциального столкновения путем торможения или использования рулевого управления. В виртуальных экспериментах на имитационных математических моделях с вариацией продольных и поперечных перемещений в режимах попеременного разгона-торможения также зафиксирована действенность автоматического вмешательства этой системы превентивного торможения для предотвращения столкновений и выявления

характеристики реагирования на опасность ситуации [10].

Эталонное моделирование показало потенциал инновационной системы, позволяющей избежать более половины столкновений на поворотах (на прямолинейной траектории движения - около 100%). На криволинейной траектории ее эффективность ограничена доступностью пространственной информации об использовании системы рулевого управления. Такая информация может быть предоставлена датчиками и устройствами дорожно-транспортной инфраструктуры.

Не до конца и не в полной мере оценена и реальная эффективность использования камер заднего наблюдения в предотвращении ошибок парковки и наездов на пешеходов. Этот пробел призваны заполнить исследования несчастных случаев в австралийском штате Виктория [11]. На основании данных экспериментальных исследований установлено, что камеры заднего вида эффективны, но недоказательны в низкоскоростных режимах движения автомобильного КТС задним ходом, особенно в так называемых мертвых зонах видимости, для предъявления претензий нарушителю, наехавшему на пешехода. Широкая доступность современных информационных цифровых технологий в новейших алгоритмах управления повышает стимул для проведения реальных оценок с использованием данных о ДТП.

С использованием логистической модели в 2007-2013 гг. проанализированы 3172 травмы пешеходов в ДТП в Новой Зеландии и в четырех штатах Австралии. Результаты анализа выявили снижение травматизма пешеходов при выполнении маневра парковки задним ходом автомобилистами на КТС, оснащенных современными камерами заднего вида. Однако необходимо совершенствовать эту технологию для большей действенности этой системы активной безопасности.

Примечателен инновационный алгоритм предупреждения об опасности заднего столкновения КТС, разработанный [13] в Государственной лаборатории совершенствования проектирования и производства кузовов КТС Университета Чанши (провинция Хунань, Китай). Он стал результатом имитационного математического моделирования в программной среде VanetMobiSim с помощью сетевого имитатора версии NS2. Его экспериментальные апробации продемонстрировали эффективность функционирования по предупреждению опасности потенциального заднего столкновения, основанного на передаче информации между КТС по специальной технологии, так называемого, короткого замыкания со сканированием критической дистанции и детектированием аварийного сигнала.

Наиболее эффективным ее компонентом являются электронные активаторы приводов устройств безопасности КТС. Так, например, коллективом исследователей проблемы безопасности КТС и дорожного движения из автомобилестроительного концерна AUDI, Высшей технической школы немецкого Ингольштадта и Университета британского Лестера отмечается [12] действенность усовершенствованных электронных систем активной и пассивной безопасности автомобилей, существенно снижающих риски столкновений и тяжесть травм в ДТП. Главная заслуга этого принадлежит приводам, превентивно незадолго до столкновения активирующим устройства с защитными функциями предотвращения столкновения или, хотя бы, смягчения его последствий.

Максимальная эффективность применения этих инновационных разработок реализуется на автомагистралях с движущимися по ним полуавтоматическими и полностью автоматическими, т. е. автономными, беспилотными КТС. Разработанная [14] в Техническом центре автомобильной корпорации Dongfeng Motor из китайского Уханя усовершенствованная система электронной поддержки водителя КТС превращает его в мобильный полуавтомат.

Наряду с уже традиционным адаптивным круиз-контролем работает интегральная система активной безопасности легкового автомобиля Dongfeng Fengshen AX7. Она используется во всем диапазоне скоростей движения для автоматического превентивного экстренного торможения с предварительным предупреждением о возможности столкновения. Интегральная система активной безопасности включает в себя рулевое управление с электрическим сервоприводом усилителя, центрированием, удержанием полосы движения полосы и предупреждения о выезде с нее, а также устройством отворачивания от объекта столкновения. Экспериментальный образец Dongfeng Fengshen AX7 с полным набором этих устройств активной безопасности прошел успешные стендовые, лабораторно-дорожные и полевые эксплуатационные испытания на автомагистрали, улицах и дорогах общего пользования.

Важнейшим компонентом интеллектуальных транспортных систем являются средства автоматического обнаружения и отслеживания помех движению и дорожной разметки. Способ разработан в Институте автоматизации Китайской академии наук, он основан на использовании комбинированной каскадной сквозной сверточной нейронной сети (CasNet) [15]. Одна из ее составляющих решает задачу обнаружения участников дорожного движения, другая - с использованием цифровой информации первой, контролирует направление движения в микро- и макромасштабе по электронной карте.

Комплексная оценка влияния на безопасность комбинированных систем безопасности КТС основана на анализе эффективности отдельных подсистем. Одной из них является система адаптивного круиз-контроля, в значительной степени определяющего динамику движения по автомагистралям. Высокий потенциал полной автоматизации управления беспилотниками продемонстрировало испытание, проведенное в Колледже транспорта при Юго-Восточном Университете китайского Нанкина [16].

Анализ результатов их широкого коммерческого использования позволил установить их большую ориентированность на комфортность передвижения и эффективность управления силовыми агрегатами и меньшую - на обеспечение безопасности в плотных и интенсивных ТП с высокими рисками столкновений.

Разработанная по результатам анализа официальной статистики ДТП этого типа регрессионная имитационная математическая модель рисков столкновений при движении КТС с интегральной системой активной безопасности, включающей в себя подсистему круиз-контроля в напряженном потоке, позволила установить сильную зависимость рисков столкновений пропускной способности автомагистралей от точности настроек параметров функционирования круиз-контроля. Наибольшее снижение риска столкновений (на 30%) было достигнуто при повышении оперативности превентив-

ного срабатывания этого электронного устройства и его использования в составе интегральной системы безопасности, в том числе, в сочетании с современной цифровой дорожно-транспортной инфраструктурой.

Эффективность ее функционирования в разы повышается при использовании оптимизированных алгоритмов управления КТС на основе имитационного моделирования процесса предотвращения их фронтального столкновения. Имитационное моделирование было проведено сотрудниками Университета китайского Чунцина на легковых автомобилях Mazda, Honda, Berkeley и Seungwuk Moon. В имитационных и испытательных экспериментах была оценена эффективность различных вариантов реализации электронной системы автономного превентивного экстренного торможения со сканирующим распознаванием дистанции PreScan, функционирующей в программной среде Simulink, по предотвращению фронтального столкновения [17].

Известны и другие оценки [18], например, эффективности подобных автономных систем экстренного торможения для предотвращения столкновений.

В качестве эталонов для сравнения степени безопасной оснащенности были выбраны легковые автомобили шведской компании Volvo модели X-60 и модели S60 2010-2012 гг. выпуска, а их соперниками стали другие автомобили среднего класса и внедорожники без оснащения такими системами. Установлено, что низкоскоростные системы превентивного экстренного торможения без оповещения водителя предотвратили 27% столкновений, с оповещением - 43%, а функционирующие на более высоких скоростях - более 50%, снизив тяжесть травматизма при невозможности предотвратить столкновение на 20%, 45% и 56%, соответственно, и уменьшив страховые выплаты почти на 1 млн. долл. США.

В качестве мер постепенной адаптации систем управления беспилотниками к смешанному движению по автомобильным дорогам общего пользования до окончательного решения проблемы совместимости и ответственности КТС разного уровня автоматизации или полной автономности пока рекомендуется [19] использовать принцип переменной автоматизации с подключением и отключением функции автономности. На нем в конкретном исследовании сотрудниками авиационно-технологического факультета Госуниверситета Сан-Хосе (штат Калифорния, США) рассмотрена эффективность нормативных ограничений на использование на дорогах общего пользования автономных беспилотных КТС.

В Калифорнийском департаменте автомобильных КТС и дорог в настоящее время из соображений безопасности действует требование переключения режима автоматического вождения на резервное пилотируемое.

Наиболее результативным способом реализации постепенного перехода на полную автономность беспилотных КТС на дорогах общего пользования, по мнению одного из коллективов исследования этой проблемы, является [20] постоянный мониторинг автоматически регистрируемых эксплуатационных характеристик движения КТС. Так, в Институте автомобильного транспорта Университета немецкого г. Аахена оцениваются возможности оптимизации алгоритмов тренажерного воспроизведения сценариев виртуального и реального управления автоматизированными беспилотными КТС на основе компактного бортового информа-

ционного банка данных, предоставляемых обучаемой системой машинного зрения.

Повышенная оперативность и достоверность ее практического применения достигается реализацией в виде цифровых видеокамерных регистраций ассистент-системой окружающей обстановки на нейронной сети, классификацией и локализацией объектов на полученных изображениях.

### Выводы

Рассмотренные примеры многочисленных исследований и разработок, проводимых во многих странах мира в области совершенствования систем безопасности КТС и инфраструктуры дорожно-транспортной сети, свидетельствуют о неуклонном стремлении конструкторов, технологов автомобилестроения и транспортной сферы, а также градостроителей к эффективным решениям по предотвращению столкновений в ДТП. Наряду с заменой ограниченной когнитивности человека за рулем машинным зрением и мгновенной реакцией на опасность автомата или робота преследуется цель освобождения человека от выполнения рутинных и трудоемких операций и предоставления ему небывалого до сих пор комфорта.

### Литература

1. Ma D., Luo X., Li W., Jin S., Guo W., Wang D. Traffic demand estimation for lane group sat signal – controlled intersections using travel times from video imaging detectors// [Электронный ресурс].-2017.- 11, №4.- С. 222-229.
2. Mecheri S, Rosey F, Lobjois R. The effects of lane width, shoulder width, and road cross-sectional reallocation on drivers' behavioral adaptations// *Accid. Anal. And Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- 104.- С. 65-73.
3. Dang Q., Ma M., Chen Y. A Traffic Sign Recognition Algorithm Based on the 2-Level Impored Le Net-5// *Shaanshifan daxuexuebao Ziran kexueban = J. Shaanxi Norm. Univ. Natur Sci Ed.*- 2017.- 45, 2.- С. 24-28.
4. Dong H., Tang M., Cheng H. Research Intelligent Control of Traffic Signal for Five-road Intersection of Unbalanced Traffic Flow// *Zhangzhou daxuexuebao. Gongxueban = J. Zhengzhou Univ. Eng. Sci.*- 2017.- 38, № 1.- С. 68-73.
5. Ma J., Li X., Zhao F., Hu J., Park B.B. Parsimomous Shooting Heuristic for Trajectory Design of Connected Automated Traffic. Part II: Computational Issues and Optimization// *Transp. Res. B.* [Электронный ресурс].-2017.- 95.- С.421-441.
6. Zhou F., Li X., Ma J. Parsimomous Shooting Heuristic for Trajectory Design of Connected Automated Traffic. Part I: Theoretical Analysis With Generalized Time Geography// *Transp. Res. B.* [Электронный ресурс].- 2017.- 95.- С.394-420.
7. Song P., Gao B., Xie S., Fang R. Optimal Predictive Control for Path Following of a Full Drive-by-Wire Vehicle at Varying Speeds// *Chin J. Mech. Eng.* – 2017.- 30, № 3.- С. 711-721.
8. Kong D., Sun L., Wang J.-q., Wang X.-y. Road Boundary Identification Algorithm Based on 3DLIDAR Point Cloud// *Guangxi daxuexuebao. Ziran kexueban = J. Guangxi Univ. Nat. Sci. Ed.*- 2017.- 42, № 3.- С. 855-863.

9. Wang H.-g., Chen H., Feng W., Lin W.-w. Multi Dimensional Travel Decision Model of Heterogeneous Commuters Based on Cumulative Prospect Theory// *Zhejiang daxuexuebao Congxue ban = J. Zhejiang Univ. EngSci.*- 2017.- 51, № 2.- С. 297-303.

10. Sabder U. Opportunities and Limitations for Intersection Collision Interventum – A Study of World “Left Turn Actors Path”// *Accid. Anal. And Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- 99.- С.342-355.

11. Keall M.D., Fides B., Newstead S. Real-World evaluation of the Effectiveness of Reversing Camera and Parking Sensor Technologies in Preventing Backover Pedestrian Injuries// *Accid. Anal. And Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- Том 99.- С.39-43.

12. Böhmländer D., Dirndorfer T., Al-Bayatti A.H., Brandmeier T. Context-aware system for pre-triggering irreversible vehicle safety actuators// *Accid. Anal. and Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- 103.- С. 72-84.

13. Chen T., Fang N., An L. Vehicle Rear-end Collision Warning Algorithm Based on DSRC// *Qicheanguanyujicongxuebao = J. Automot. Safety and Energy.*- 2017.- 8, № 2.- С. 164-169.

14. Bian N., Zhao B., Lai F., Lin J., Chen J., Zhou J. Development and Application of semi-autonomous Driving Vehicle on Highway// *Qicheanguanyujicongxuebao = J. Automot. Safety and Energy.*- 2017.- 8, № 2.- С. 149-156.

15. Cheng G., Wang Y., Xu S., Wang H., Xiang S., Pan C. Automatic Road Detection and Centerline Extraction via Cascaded End-to-End Convolutional Neural Network// *IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens.* [Электронный ресурс].- 2017.- 55, № 6.- С. 3322-3337.

16. Li Y., Li Z., Wang H., Wang W., Xing L. Evaluating the safety impact of adaptive cruise control in traffic oscillations on freeways// *Accid. Anal. and Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- 104.- С. 137-145.

17. Hu Y., Lu Z., Lin X. Algorithm and Simulation Verification of Longitudinal Collision Avoidance for Autonomous Emergency Break (AEB) System Based on Pre Scan// *Qicheanguanyujicongxuebao = J. Automot. Safety and Energy.*- 2017.- 8, № 2.- С. 136-142.

18. Cicchino J.B. Effectiveness of Forward Collision Warning and Autonomous Emergency Braking Systems in Reducing Front-to-Rear Crash Rates// *Accid. Anal. And Prev.* [Электронный ресурс].- 2017.- 99.- С.142-152.

19. Favaró F., Eurich S., Nader N. Autonomous Vehicles Disengagements: Trends, Triggers. and Regulatory Limitations// *Accid. Anal. And Prev.* [Электронный ресурс].- 2018.- 110.- С. 136-148.

20. Gronerth P.-N., Lampe B., Eckstein L. Erstellung von automatisch getablen, semi-künstlichen und künstlichen Daten// *ATZ extra.*-2018, Aug.- С. 26-27.

### 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.