

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Елистратов В.В., Безруков С.И., Стенин П.Г., Климаков В.С.

*Малое инновационное предприятие ООО «АГРОНАСС» при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Рязань, Россия (390044, Рязань, ул. Костычева, д.1), e-mail: agronass@yandex.ru*

В статье раскрывается концепция развития систем предупреждения столкновений транспортных средств с учетом основных причин совершения водителями большого количества дорожно-транспортных происшествий. Исследования показали, что в основе критерия функционирования систем предупреждения столкновений транспортных средств лежит дистанция безопасности до препятствия. Под дистанцией безопасности будем понимать ту минимальную дистанцию до препятствия движению (в частности до лидирующего автомобиля), при достижении которой в случае наличия относительной скорости должно быть начато торможение. Торможение должно осуществляться с замедлением, реализация которого возможна на данной скорости движения при реально существующем сцеплении шин с дорожным покрытием, обеспечивающим остановку управляемого автомобиля без опасности столкновения с препятствием. В статье проведен сравнительный анализ основных типов датчиков, применимых в системе. Перечислены функции системы предупреждения столкновений. Определена проблема, мешающая массовому внедрению и пути развития данных систем на транспорте.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, предупреждение столкновений, автомобиль, транспортное средство.

## THE CONCEPT OF COLLISION AVOIDANCE SYSTEMS OF VEHICLES

Elistratov V.V., Bezrukov S.I., Stenin P.G., Klimakov V.S.

*Small innovative enterprise «AGRONASS» at the Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Ryazan state agrotechnical University named P.A. Kostycheva», Ryazan, Russia (390044, Ryazan, street Kostycheva, 1), e-mail: agronass@yandex.ru*

In the article the concept of collision avoidance systems of vehicles on the major causes of drivers committing a large number of road accidents. Research has shown that the criteria for the operation of collision avoidance systems of vehicles is safety distance to the obstacle. Under the safety distance will be understood that the minimum distance to the obstacle movement (especially leading up to the car), above which in the case of the relative velocity should be started braking. Braking should be done with the slowdown that could be implemented at the speed of motion in real-life tire adhesion to the road surface, providing managed to stop the car without the danger of a collision with an obstacle. The article provides a comparative analysis of the main types of sensors that are applicable in the system. Lists the functions of the collision avoidance system. A problem is preventing mass deployment and the development of these systems in transport.

Keywords: road safety, collision avoidance, car, vehicle.

В качестве основных причин совершения водителями большого количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) следует считать их слабую профессиональную подготовку, низкий уровень психофизиологических данных (переключения внимания, эмоциональной устойчивости), неумение многих водителей в сложных дорожных ситуациях правильно оценивать обстановку и выбирать безопасные режимы движения.

Автоматизация управления скоростным режимом требует оптимального сочетания пропускной способности дорог и безопасности движения.

Одним из основных условий безопасного движения автомобилей в транспортном потоке является достаточно большая дистанция между ними, на которой может быть

осуществлена остановка без риска столкновения с лидирующим автомобилем. Экспериментальные исследования пропускной способности ( $Pr$ ) дорог показали: при ручном управлении  $Pr = 1660$  авт/ч, а в случае использования автоматов управления  $Pr$  достигает 18 000 авт/ч при скорости движения 100 км/ч. При этом учитывались зависимости от скорости движения для автоматических систем с различной разрешающей способностью по относительной скорости ( $V_{отн} - 8$  км/ч и 0,16 км/ч) и времени реакции на отработку (0,2 и 1с), а также для ручного управления (водителем) при разрешающей способности человека по относительной скорости 10 км/ч и времени реакции 0,8 с. Система управления скоростным режимом движения функционирует на основе информации об относительных координатах транспортных средств. Она, как и водитель, должна принимать решения на основе анализа дорожной обстановки, руководствуясь некоторыми критериями, которые условимся называть критериями безопасности.

На кафедре автомобилей Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета) под руководством доктора технических наук, профессора Юрчевского Аркадия Александровича уже много лет успешно функционирует научная школа по исследованию проблем обеспечения безопасности автомобильной техники с использованием систем предупреждения столкновений автомобилей СПСА. Исследования такого же рода ведутся в Военном учебно-научном центре Сухопутных Войск «Общевойсковая академия Вооруженных Сил Российской Федерации», в Рязанском государственном агротехнологическом университете имени П.А. Костычева, в малом инновационном предприятии «АГРОНАСС» и в Рязанском высшем воздушно-десантном командном училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова, в состав которого влился в ходе реформ Рязанский военный автомобильный институт с богатой инженерно-технической и испытательной базой.

Исследования показали, что в основе критерия функционирования СПСА лежит дистанция безопасности до препятствия  $D_b$ . Под дистанцией безопасности будем понимать ту минимальную дистанцию до препятствия движению (в частности до лидирующего автомобиля), при достижении которой в случае наличия относительной скорости должно быть начато торможение. Торможение должно осуществляться с замедлением, реализация которого возможна на данной скорости движения при реально существующем сцеплении шин с дорожным покрытием, обеспечивающим остановку управляемого автомобиля без опасности столкновения с препятствием.

Наибольшее внимание разработчиков привлекают в настоящее время комплексные автоматизированные системы безопасности, устанавливаемые на каждый автомобиль, и использующие в качестве датчиков устройства технического зрения, работающие по различным принципам, а в качестве устройства обработки информации и принятия решения

– микрокомпьютер. Устройства технического зрения позволяют измерять относительные параметры движения машины и других объектов, обнаруживать препятствия на пути движения. Эти системы облегчают работу водителя, особенно в трудных погодных условиях, повышают безопасность движения, а также увеличивают пропускную способность дорог, путем сокращения дистанции между автомобилями.

Экспериментально установлено, что дистанция, поддерживаемая водителями между автомобилями в транспортном потоке, значительно превышает ту дистанцию, которая необходима по условиям безопасности в данной ситуации. Водители количественно оценивают расстояние до препятствия большим, чем оно есть на самом деле, причем ошибка  $\Delta$  возрастает с увеличением расстояния. Описанные выше обстоятельства свидетельствуют о наличии резервов для увеличения пропускной способности дорог без расширения существующей дорожной сети, что должно привести, с одной стороны, к более эффективному использованию автомобильного транспорта и, следовательно, улучшению экологической обстановки, а с другой – к повышению безопасности дорожного движения. Кроме того, необходимо отметить, что СПСА способна гораздо быстрее водителя обнаруживать препятствия на пути движения и оценивать дорожную ситуацию. Несмотря на то что время срабатывания автоматизированного привода несколько больше, чем при управлении водителем, тем не менее суммарное время реакции у автоматической системы значительно ниже времени реакции водителя. Последнее существенно зависит от квалификации водителя, степени его утомленности, погодных условий, неожиданности появления препятствия и его типа и так далее. В зависимости от указанных факторов время реакции водителя колеблется в широких пределах от 0,4 с до 2,6 с. Время же реакции автоматической системы не превышает 0,3 с.

Из приведенных выше соображений следует, что эффективность применения СПСА определяется по меньшей мере двумя факторами: во-первых, точным определением безопасной дистанции; во-вторых, значительно меньшей величиной времени срабатывания системы.

Необходимо отметить, что СПСА не должна полностью исключать водителя из процесса управления, система должна лишь оказывать ему необходимую помощь и при желании могла бы быть отключена.

Разрабатываемые в настоящее время системы предотвращения столкновений разделяются на две группы: индикаторные и автоматические.

Индикаторные системы, использующие в качестве устройств технического зрения различного вида локаторы. Эти системы обнаруживают препятствия на пути движения, рассчитывают расстояние до него и скорость сближения с ним, после чего предупреждают водителя световым и/или звуковым сигналом о наличии опасности. Далее водитель сам

должен предпринимать необходимые действия, система не вмешивается в процесс управления. Такого типа системы, например «Глаз безопасности», уже находятся в продаже во многих странах мира.

Автоматические системы не только оповещают водителя об опасности, но и посредством исполнительных механизмов воздействуют на систему топливоподачи двигателя, приводы сцепления и тормозов. В результате система сама (без участия водителя) способна изменять режимы движения в зависимости от сложившейся дорожной обстановки.

Однако система должна работать «ненавязчиво», чтобы не быть раздражающим фактором для водителя и пассажиров.

Кроме того, такие системы способны осуществлять ряд дополнительных функций:

- поддержание дистанции в транспортном потоке;
- развертывание пассивных систем защиты водителя и пассажиров;
- управление антиблокировочной системой.

Существуют проблемы, препятствующие массовому внедрению автоматических СПСА. Главной из них являются ложные срабатывания. Ведь все перечисленные устройства дают информацию о наличии того или иного предмета перед автомобилем, но не дают информации о виде предмета и степени его опасности. Например, если полосу движения в опасной зоне автомобиля пересекает другой автомобиль, то радар, неспособный измерить перпендикулярную относительно направления движения первого автомобиля составляющую скорости второго автотранспортного средства, даст сигнал в бортовой компьютер, и СПСА остановит автомобиль. За это время второй автомобиль давно покинул полосу движения первого. В итоге машина остановится перед пустым местом.

В любом случае формирователь команд посылает импульсы на исполнительные механизмы, которые в свою очередь изменяют скорость движения автомобиля. Примеров таких срабатываний достаточно много: экстренное торможение, вызванное отражением луча локатора от деревьев или знаков на обочине дороги; пролетевшей перед автомобилем птицы и так далее. Ложные срабатывания создают дискомфорт для водителя и пассажиров, вызывают повышенную возбудимость, раздражительность водителя, дезорганизацию движения.

Введение элементов искусственного интеллекта в СПСА призвано решить эту проблему. Технические средства защиты СПСА от ложных срабатываний должны быть способны прогнозировать динамику изменения текущих координат автомобиля и возможных препятствий в транспортном потоке, должны сами «оценивать» степень возникшей опасности и уже после этого принимать адекватные меры.

Другими словами, элементы искусственного интеллекта должны предвидеть ситуацию, которая наступит в следующий момент.

В настоящее время благодаря усилиям ученых многих стран широкое распространение получили информационные системы предотвращения столкновений, в которых водитель сам выполняет необходимые действия после получения предупреждающих сигналов.

В основу принципа действия этих систем положено распознавание дорожной обстановки с помощью устройств технического зрения. В качестве устройств технического зрения применяются различного вида локаторы, например: СВЧ-локаторы (радары); ультразвуковые локаторы (сонары); лазерные локаторы (лидары); телевизионные инфракрасные дальномеры (ТВИК системы).

Постараемся сравнить между собой неконтактные датчики скорости и дальности до потенциально-опасных объектов, используемые при производстве СПСА.

Применение радиолокационных устройств технического зрения. Радар в качестве устройства технического зрения используется в предложенном японскими инженерами устройстве поддержания дистанции между идущими автомобилями. Это устройство обеспечивает точное измерение дистанции между двумя автомобилями и управление двигателем автомобиля, на котором оно установлено, для выдерживания заданной дистанции. Из процесса обработки исключены автомобили, двигающиеся по встречной полосе или припаркованные на обочине дороги. Устройство содержит радиолокационную станцию, которая измеряет расстояние до объекта и скорость сближения с ним. Австралийскими специалистами запатентовано устройство для автоматического предотвращения столкновений автомобилей. Оно включает в себя две антенны, расположенные на шасси над передним бампером на определенном расстоянии друг от друга и устанавливаемые под углом, который автоматически изменяется в зависимости от скорости АТС, СВЧ-генератора и приемника. Одна антенна является передающей и излучает произвольный луч, образующий узкий пучок электромагнитных волн, а вторая – приемная антенна принимает луч, отразившийся от препятствия. Сверхвысокочастотный генератор генерирует электромагнитные волны, излучаемые передающей антенной. К приемной антенне подключен приемник, который при получении отраженного сигнала вырабатывает импульс, вызывающий замедление скорости АТС для предотвращения столкновения.

Фирма Ford (США) предложила разработку радарной системы, обнаруживающей в тумане или в темноте предметы, не различимые для водителя. В системе используется небольшая антенна, расположенная в передней части автомобиля. Индикатор выполнен в виде дисплея, размещенного в верхней части ветрового стекла. Устройство позволяет различить на расстоянии 450 метров 2 встречных автомобиля, идущих на расстоянии 1 метра друг от друга. Изображение ближе находящихся предметов может быть увеличено в соответствующем масштабе. Для автомобилей, идущих в полосе движения, включается

мигающий сигнал. Возможно следование по разметке дороги с обеспечением объездов, например, островков безопасности. Радары такого типа действуют в пределах 200 м и скорости до 200 км/ч. Напряжение питания 12 В.

Применение ультразвуковых устройств технического зрения. Широкое внедрение в качестве устройств технического зрения получили ультразвуковые локаторы-сонары.

Например, американскими инженерами разработано ультразвуковое устройство для обнаружения препятствий на поверхности дороги, таких как неровности и выбоины. Излучение ультразвукового передатчика направляется на поверхность дороги, а отраженный сигнал поступает в приемник, усиливается и сравнивается в компараторе с эталонным значением. Среднее отношение сравниваемых сигналов автоматически поддерживается на постоянном уровне. Для снижения тепловыделения применено импульсивное излучение. При значительной разности сравниваемых сигналов выдается команда в систему регулирования скорости.

Там же, в Америке, предложен ультразвуковой измеритель скорости. Это устройство работает на эффекте Доплера и включает в себя осциллятор, генерирующий выходной сигнал, который после усиления подается на сканирующее устройство, излучающее ультразвуковые волны в сторону дороги. В качестве сканирующего устройства может использоваться эхомикрофон. Рядом со сканирующим расположено принимающее устройство, выполненное в виде пьезоэлектрического микрофона. Отраженный от покрытия сигнал усиливается и подается на множитель для определения разницы частоты между сигналами осциллятора и отраженным сигналом.

Большие успехи в разработке ультразвуковых локаторов достигнуты в Японии. Патентуемое там устройство для поддержания безопасной дистанции между автомобилями состоит из ультразвукового локатора, содержащего излучатель, приемник, датчик скорости, входной усилитель, генератор импульсов, компаратор. В процессе движения автомобиль непрерывно излучает сигнал, который в случае обнаружения препятствия отражается от него и улавливается приемником. Путем сравнения отраженной волны и эталонной для данной скорости получается информация о дистанции до впереди идущего автомобиля. В случае нарушения безопасной дистанции включаются звуковой и световой сигналы.

Для повышения надежности работы СПСА с ультразвуковыми локаторами и уменьшения числа ложных срабатываний японские специалисты предложили увеличить число передающих антенн. Предлагаемое ими устройство обеспечивает обнаружение препятствий впереди или позади автомобиля путем послылки ультразвуковых волн и приема отраженных. Устройство имеет размещенную справа и слева пару первых средств послылки ультразвуковых волн, а также размещенную справа и слева во внутреннюю сторону пару вторых средств послылки ультразвуковых волн с более низкой частотой, чем у первых

средств, а также средство распознавания препятствий, выносящее решение при обнаружении препятствия не менее чем двумя средствами посылки ультразвуковых волн из указанных четырех.

Применение лазерных устройств технического зрения. В последнее время во всем мире все большее внимание уделяется лазерным локаторам в качестве систем технического зрения. Одним из основных преимуществ лазерных локаторов является их лучшая помехозащищенность по сравнению с СВЧ-локаторами. Во многих странах разрабатываются даже общенациональные проекты безопасности движения, в основе которых лежат СПСА с лазерными локаторами.

Так, в Германии ведутся работы над системой Convoy-Piloten, представляющей собой направляющую систему движения автомобилей (разрабатывается фирмой VW), полностью автоматизирующую процесс управления автомобилями при их движении в колонне на обособленной проезжей части. На автомобилях устанавливаются лазерные датчики (рисунок 3), которые измеряют расстояние до впереди движущегося транспортного средства. Получаемая информация обрабатывается с помощью ЭВМ, которая через управляющие устройства регулирует скорость движения, допуская отклонения от заданного значения дистанции не более 0,5 м. Кроме того, автоматически регулируется положение транспортного средства в поперечном профиле, что дает возможность осуществлять движение автомобиля по узкой проезжей части. Внедрение этой системы повышает безопасность движения на дорогах, особенно при осуществлении перевозок грузов. Стоимость системы Convoy-Piloten в расчете на одно транспортное средство не превышает 2000 марок.

Кроме того, интересные решения найдены и в разработке более частных устройств технического зрения, работающих на основе лазерных локаторов. Так, учеными швейцарской фирмы Wild Leits A.G. запатентован лазерный информационный дальномер для автомобилей, работающий в диапазоне 5–150 м. Точность измерения дистанции на малых расстояниях около 0,1 м, на предельно большем – 0,8 м. Время измерения колеблется от 0,01 до 0,1 секунды в зависимости от расстояния, так как мощность отраженного сигнала быстро падает с увеличением расстояния.

Японской фирмой Nissan разработана СПСА для грузовых автомобилей, в основе которой лежит лазерный локатор, устанавливаемый в передней части автомобиля. Выходная мощность излучения не менее 10 Вт. Лазер работает в ИК-диапазоне. Длина волны 890 нм, угол сканирования по горизонтали  $26,5^\circ$ , по вертикали  $16,5^\circ$ . Напряжение питания 24 В постоянного тока. Величина измерения расстояния до 90 м. В случае обнаружения опасности система подает звуковой сигнал.

Для обнаружения препятствий на большем расстоянии требуются лазеры большей мощности, которые при большой концентрации луча могут быть опасны для здоровья человека, что является главной причиной, мешающей их массовому внедрению.

В наше время, с введением в оборот средств спутниковой навигации встает вопрос о создании глобальных интеллектуальных транспортных систем высокого уровня. В этих системах найдется место и для СПСА.

Таким образом, можно сделать вывод, что СПСА целесообразно применять как на одиночных автомобилях, так и при совершении марша в составе колонны, особенно в условиях ограниченной видимости, а также на одиночных автомобилях, выполняющих транспортную задачу особой важности.

Оснащение автомобильного транспорта СПСА позволяет увеличить дальность обнаружения препятствий и ПОО на пути движения в любых условиях ограниченной видимости, позволяет частично или полностью исключить ошибки водителя в выборе безопасных режимов движения, снизить его утомляемость, что в конечном итоге обеспечит более быстрое срабатывание тормозной системы в экстренной ситуации.

Одним из перспективных направлений модернизации и развития СПСА является применение систем глобального позиционирования и спутниковой навигации. Наша научная команда уже несколько лет ведет разработку интеллектуальных систем управления движением транспортных средств с использованием ГЛОНАСС, но об этом пойдет речь в следующих публикациях.

### **Список литературы**

1. Безруков С.И., Елистратов В.В. Актуальность внедрения бортовых систем обеспечения безопасности дорожного движения транспортных средств // Аспирант и соискатель. 2010. № 5. С. 83-84.
2. Дьяков Ф.К. Разработка и обоснование рекомендаций по выбору конструктивных параметров исполнительных механизмов систем предотвращения столкновений автомобилей: автореферат дисс. ... канд. техн. наук / МАДИ. М., 2000.
3. Елистратов В.В., Самарский Е.А., Подчинок Е.В. Алгоритм функционирования РЛС предупреждения столкновений автомобилей // Автомобильная промышленность. 2007. № 3. С. 28-30.
4. Елистратов В.В., Терехин Д.Е., Глухов Д.А., Тычный А.В. Методология управления автомобилем в условиях прогнозируемой угрозы столкновения // Естественные и технические науки. 2007. № 2. С. 281-282.

5. Елистратов В. В. Методы и средства предупреждения столкновений автомобилей. Монография / Рязанский военный автомобильный институт им. В. П. Дубынина, Рязань, 2008.
6. Иванов А.М., Адаев А.В., Юрчевский А.А., Кондратьев В.Д. Методы и инструменты количественной оценки уровня пассивной безопасности автомобилей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 1. С. 3-9.
7. Малиновский М.П., Гладов Г.И. Прогнозирование процесса продольного сближения автотранспортных средств // Автомобильная промышленность. 2009. № 9. С. 21-26.
8. Итоги работы изобретателей // Портал академии военных наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avnrf.ru/index.php/vse-novosti-sajta/531-itogi-raboty-izobretatelej-obshchevojskovoј-akademii> (дата обращения: 25.02.14).
9. Научная школа профессора Юрчевского [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://auto.madi.ru/?page=school6> (дата обращения: 25.02.14).
10. Итоги работы РГАТУ и АГРОНАСС на форуме «Интерполитех-2013» // Инновационный портал Рязанской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://innoryazan.ru/press/news/34015/> (дата обращения: 25.02.14).
11. Итоги работы РГАТУ и АГРОНАСС на форуме «Экспоприорити-2013» // Портал Культурная жизнь Рязани [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kulturarzn.ru/sobytiya/2013/:itogi-raboty-rgau-na-v-mezhdunarodnom-forume-po-intellektualnoj-sobstvennosti-exppriority2013> (дата обращения: 25.02.14).
12. Итоги Архимеда // Информационный портал «Медиа Рязань» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mediaryazan.ru/news/detail/172693.html> (дата обращения: 25.02.14).
13. АГРОНАСС // Сайт Рязанского государственного агротехнологического университета имени Костычева [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rgatu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2118%3A-qq&catid=584%3A2013-04-19-09-05-51&Itemid=263](http://www.rgatu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=2118%3A-qq&catid=584%3A2013-04-19-09-05-51&Itemid=263) (дата обращения: 25.02.14).
14. Рязанские Архимеды // Интернет версия газеты «Аргументы и факты» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rzn.aif.ru/culture/details/627688> (дата обращения: 25.02.14).

#### **Рецензенты:**

Успенский И.А, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТЭТ ФГБОУ ВПО «РГАТУ», г. Рязань.

Лазуткина Л.Н., д.п.н., доцент, генеральный директор малого инновационного предприятия ООО «АГРОНАСС», г. Рязань.