

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ: ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВО

УДК 629. 336

DOI: 10.46960/1816-210X_2021_3_68

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СЛЕПЫХ ЗОН ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

П.О. БересневORCID: 0000-0002-7307-8381 e-mail: pavel.beresnev@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***Д.Н. Зарубин**ORCID: 0000-0002-0092-3011 e-mail: dmitry.zarubin@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***Д.Ю. Тюгин**ORCID: 0000-0001-5598-3567 e-mail: dmitry.tyugin@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***В.П. Мишустов**ORCID: 0000-0003-0943-0800 e-mail: v.mishustov@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***В.И. Филатов**ORCID: 0000-0001-9815-7169 e-mail: valera.filatov@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
*Нижний Новгород, Россия***Д.М. Порубов**ORCID: 0000-0002-4873-6557 e-mail: dmitry.porubov@nntu.ruНижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева
Нижний Новгород, Россия

Представлен анализ рынка систем контроля слепых зон, помогающих водителям частично или полностью избежать столкновений при перестроении в соседнюю полосу движения. Проведен бенчмаркинг данных систем от различных производителей, выявлены их общие принципы и концептуальные ориентиры.

Разработана новая система контроля слепых зон, которая может быть установлена на транспортные средства сегмента легкого коммерческого транспорта, предложен алгоритм ее функционирования. Реализованы программная и аппаратная части системы, в основу которой легли микроволновые радары компании *Continental* и бортовой вычислительной базы компьютера *Nvidia Xavier*.

Проведены виртуальные испытания в компьютерном симуляторе *CARLA*, имитирующие реальные дорожные сценарии движения по многополосной дороге с обгоняющими и обгоняемыми вспомогательными транспортными средствами. Регистрировались срабатывание или несрабатывание предупреждений от системы, продольное и поперечное расстояние до вспомогательных транспортных средств, а также направление их дви-

жения, абсолютные и относительные скорости. Тесты в компьютерном симуляторе *CARLA* дали положительные результаты и работоспособность представленной системы.

Ключевые слова: система помощи водителю, контроль слепых зон, легкие коммерческие автомобили, слепая зона.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Береснев, П.О. Разработка системы контроля слепых зон для коммерческих транспортных средств / П.О. Береснев, Д.Н. Зарубин, Д.Ю. Тюгин, В.П. Мишустов, В.И. Филатов, Д.М. Порубов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2021. №3. С. 68-80. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_3_68

DEVELOPING A SYSTEM FOR CONTROLLING BLIND SPOTS FOR COMMERCIAL TRANSPORT VEHICLES

P.O. Beresnev

ORCID: **0000-0002-7307-8381** e-mail: **pavel.beresnev@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

D.N. Zarubin

ORCID: **0000-0002-0092-3011** e-mail: **dmitry.zarubin@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

D.Yu. Tyugin

ORCID: **0000-0001-5598-3567** e-mail: **dmitry.tyugin@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

V.P. Mishustov

ORCID: **0000-0003-0943-0800** e-mail: **v.mishustov@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

V.I. Filatov

ORCID: **0000-0001-9815-7169** e-mail: **valera.filatov@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

D.M. Porubov

ORCID: **0000-0002-4873-6557** e-mail: **dmitry.porubov@nntu.ru**
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev
Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. An analysis of the market of systems for monitoring blind spots is presented. These systems help drivers avoid collision partially or completely while changing traffic lanes. Systems made by different manufacturers were benchmarked, and their common principles and conceptual features were identified.

A new system for monitoring blind spots was developed. It can be installed on vehicles used in the segment of commercial light-duty transport. An algorithm of system functioning was also proposed. The software and hardware of the system was developed and built around microwave radars made by *Continental* and the *Nvidia Xavier*-based vehicle-borne computer.

Virtual tests were conducted on the *CARLA* computer simulator. These tests imitated actual traffic scenarios on a multilane road with overtaking and being overtaken auxiliary vehicles. The following parameters were recorded: response or no-response warnings from the system; alongside and crosswise distance to auxiliary vehicles and the direction of their travel; absolute and relative speeds. Tests on the *CARLA* computer simulator yielded positive results and confirmed the serviceability of the presented system.

Key words: driver assistance system, blind spot monitoring, light-duty commercial vehicles, blind spot.

FOR CITATION: P.O. Beresnev, D.N. Zarubin, D.Yu. Tyugin, V.P. Mishustov, V.I. Filatov, D.M. Porubov. Developing a system for controlling blind spots for commercial transport vehicles. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2021. №3. P. 68-80. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_3_68

Введение

BSM (Blind Spot Monitor) – система помощи водителю, функцией которой является обнаружение и контроль транспортных средств (ТС) вокруг: например, приближающихся сбоку и сзади и находящихся в так называемой «слепой» зоне. При приближении ТС система *BSM* предупреждает водителя об их присутствии, используя звуковые или визуальные сигналы. Такие системы эффективны в ситуациях, когда водитель пытается сменить полосу движения или повернуть на полосу, занятую другим ТС, которое невозможно увидеть, потому что оно находится в слепой зоне. С помощью установленных сенсоров система контролирует слепые зоны автомобиля и способна различать несколько ТС-мишеней одновременно. Система *BSM* контролирует как наличие ТС в зонах действия сенсоров, так и их критическое сближение с ТС, на котором установлена система.

В настоящий момент системы *BSM* имеют несколько вариаций по компонентному составу основных сенсоров:

- использование видеокамер;
- использование радаров;
- комбинированные системы.

При этом весь рынок современных систем контроля слепых зон можно разделить на две следующие составляющие.

1. Системы, устанавливаемые на заводе.

Наиболее распространенным типом системы контроля слепых зон является та, которую производители автомобилей предлагают в стандартной комплектации или в качестве опции на определенных уровнях комплектации. Несмотря на то, что некоторые из производителей предлагают эти системы бесплатно, большинство продолжают резервировать их для более дорогих ТС. В результате они, как правило, настраиваются на заказ для конкретной модели. В табл. 1 представлены некоторые названия предлагаемых автопроизводителями систем мониторинга слепых зон, а также используемые в них сенсоры.

Таблица 1.

Примеры систем мониторинга слепых зон различных автопроизводителей

Table 1.

Examples of systems for monitoring blind spots installed by different automobile manufacturers

| Марка | Название | Сенсоры |
|---------------|--------------------------------------|----------|
| Buick | Side blind zone alert | Радары |
| Ford | Blind spot information system (BLIS) | Радары |
| Mercedes-Benz | Blind spot assist | Радары |
| Mercedes-Benz | Active blind spot assist | Радары |
| Volkswagen | Blind spot monitor | Радары |
| Volvo | Blind spot information system | 2 камеры |

Так, например, система *Active Blind Spot Assist* от *Mercedes Benz* [1] при смене полосы движения может предупредить водителя, применив избирательное торможение к отдельным колесам и предотвратив возможное столкновение (рис. 1). Радарные датчики *Active Blind Spot Assist* контролируют дорожную сцену по бокам и позади автомобиля. Если ТС обнаружено в зоне слепого пятна, в соответствующем наружном зеркале появляется красный тре-

угольник. Если водитель не замечает предупреждение и указывает на сигнал смены полосы движения, индикатор начинает мигать, и звучит звуковое предупреждение. Если водитель пытается сменить полосу движения, несмотря на предупреждения, система может снова предупредить водителя с помощью ощутимых корректирующих тормозных действий. Если водитель по-прежнему не реагирует, система может помочь вывести автомобиль из опасной зоны.

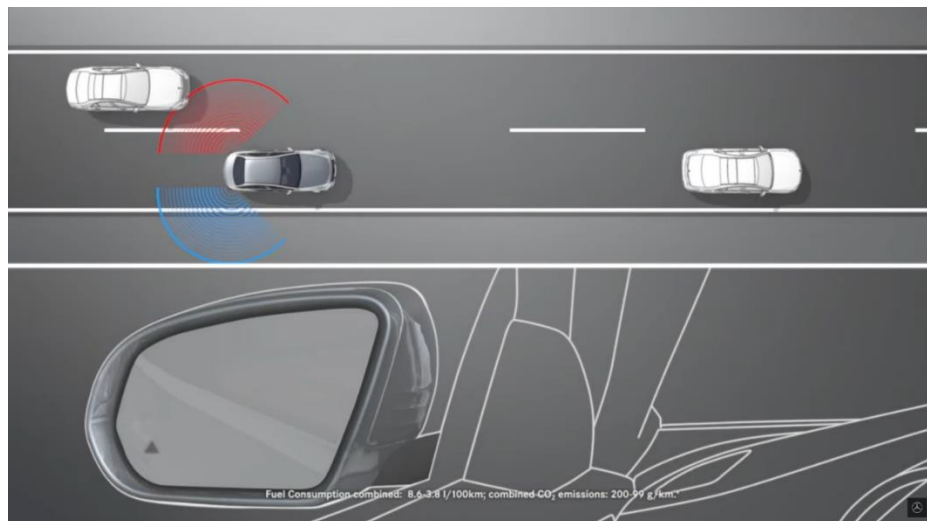


Рис. 1. Система «Active Blind Spot Assist (Mercedes Benz)» [2]

Fig. 1. Active Blind Spot Assist (Mercedes Benz) System [2]

Active Blind Spot Assist работает на скорости более 30 км/ч. Курс корректирующих тормозных вмешательств может быть произведен в диапазоне скоростей от 30 до 200 км/ч. Система *BLIS* от *FORD* [3], например, определяет в слепых зонах машины, но не пешеходов, велосипедистов или другие объекты (рис. 2).



Рис. 2. Система BLIS (Ford) [4]

Fig. 2. BLIS (Ford) System [4]

Volvo использует для работы системы две камеры [5], покрывающие зону 3 м в боковую сторону от зеркала заднего вида и 9,5 м назад. Они установлены под зеркалами заднего вида.

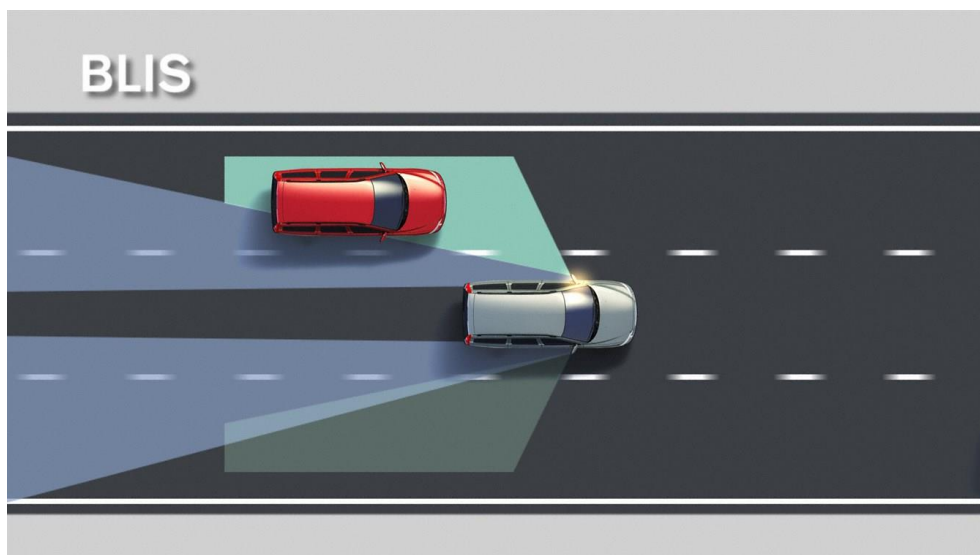


Рис. 3. Система Blind Spot Information System (Volvo) [6]

Fig. 3. Blind Spot Information System (Volvo) [6]

Buick использует два радара, установленных под задним бампером [7]; зона покрытия: 3,5 м вбок и 5 м назад. Скорость, при которой работает система, не регламентируется.



Рис. 4. Система Side blind zone alert (Buick) [8]

Fig. 4. Side blind zone alert (Buick) System [8]

2. Отдельные комплекты систем

Комплекты для мониторинга слепых зон послепродажного обслуживания составляют небольшой рынок, но он продолжает расти, так как все больше стартапов и крупных компаний, выпускающих автомобильные аксессуары, начинают предлагать комплекты по индивидуальному заказу для различных автомобилей. Многие из этих комплектов предназначены для почти универсального применения. С учетом вышесказанного, точность, как правило, меньше, чем у комплектов, установленных на заводе.

В качестве датчиков обнаружения используются различные технологии: камера, радар или ультразвуковые датчики. Как правило, в системах мониторинга слепых зон используют-

ся два или более датчиков для покрытия зон с разных сторон транспортного средства. Когда какой-либо объект входит в поле зрения датчика с определенной скоростью или выше, включается визуальный или звуковой индикатор. В качестве примера можно отметить систему *BS-D-01* от *Parkmaster* (рис. 5), в которой используется микроволновый радар в качестве сенсора.



Рис. 5. Система BS-D-01 (Parkmaster) [9]

Fig. 5. BS-D-01 (Parkmaster) System [9]

Одной из важнейших характеристик, несколько отличающейся в разных системах, является точность датчиков: насколько однозначно они могут игнорировать ложные срабатывания (объекты, которые не представляют опасности). Высококачественные датчики, как правило, обеспечивают более высокую точность, но для снижения частоты ложных срабатываний также требуется усовершенствованный контроллер, запрограммированный для максимально возможной дифференциации положительных и ложных срабатываний.

Применительно к легковому сегменту можно отметить малый интерес к системе контроля слепых зон в классе легких коммерческих автомобилей. Однако увеличение габаритных размеров ТС ведет к увеличению слепых зон автомобиля. Ввиду этого использование системы, способной контролировать слепые зоны ТС в задней части и помогать водителю при осуществлении перестроения в соседнюю полосу, является актуальной.

Разработка системы контроля слепых зон

Проведен спектр работ по созданию системы контроля слепых зон, разработана и реализована как программная, так и аппаратная ее часть, в основу которой легли микроволновые радары компании *Continental* и бортовой вычислительная база компьютера *Nvidia Xavier*. Также проанализированы требования и документы, соответствием которым обязательно для подобных систем, например, набор стандартов, которым должен отвечать функционал любой разрабатываемой системы *BSM*: *SAE J2802* [10], *ISO 17387* [11] и *ГОСТ Р 58808* [12].

Согласно стандарту *ГОСТ Р 58808*, рабочей зоной *BSM* является область слева от транспортного средства между горизонтальными линиями В и С и вертикальными линиями F и G, и справа от транспортного средства между горизонтальными линиями В и С и вертикальными линиями К и L, где линии определены ниже (рис. 6):

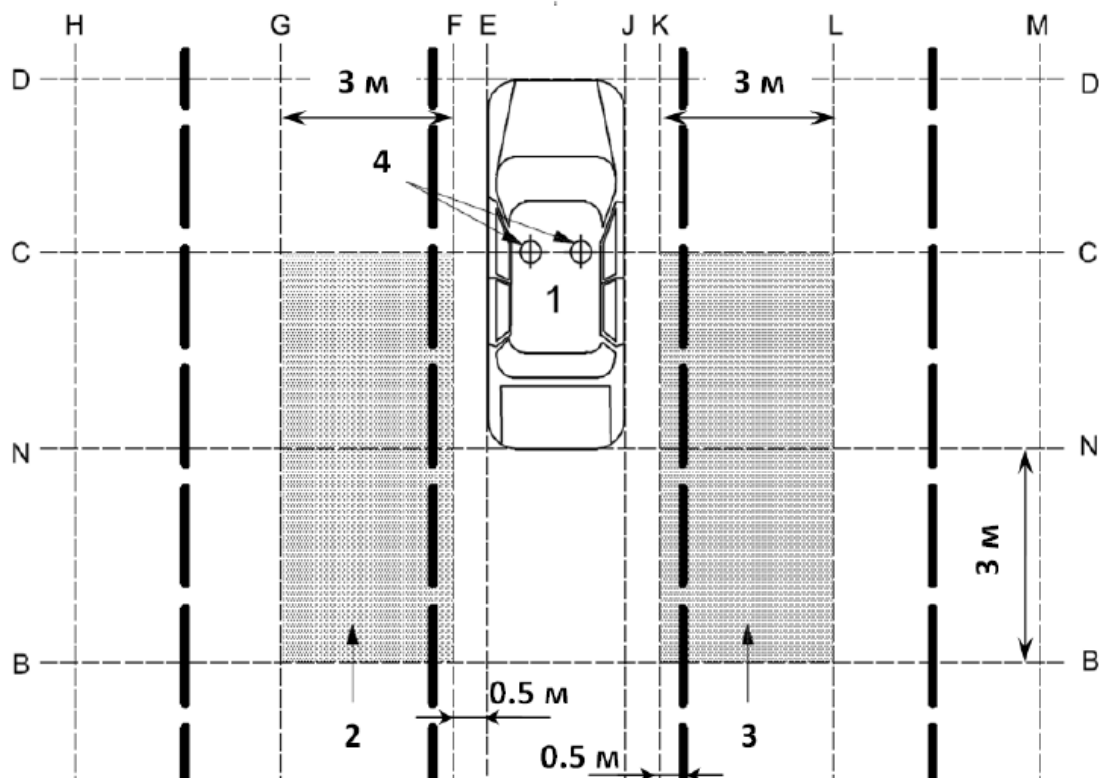


Рис. 6. Схема расположения слепых зон, покрываемых зонами действия радаров [12]

Fig. 6. Diagram of location of blind spots covered by radar coverage zones [12]

Также, согласно [12], *BSM* должна функционировать, когда ТС движется вперед со скоростью 10 км/ч и более. Допускается функционирование системы на более низких скоростях при движении вперед. Система не должна функционировать, когда включена передача заднего хода или режим парковки.

Система предупреждения водителя о транспортных средствах в «слепых» зонах состоит из следующих компонентов:

- задний левый радар;
- задний правый радар;
- блок управления *BSM*;
- сигнализаторы системы *BSM*;
- кнопка включения/выключения системы *BSM*.

Оба радара разрабатываемой системы установлены в заднем бампере так, чтобы в зоне их покрытия оказались зоны срабатывания системы *BSM*, а блок управления, сигнализаторы и кнопка включения/выключения системы находятся внутри салона транспортного средства.

При этом система *BSM* обеспечивает следующие функции:

- детектирование наличия объекта в слепой зоне транспортного средства;
- оценку относительной скорости движения используемого транспортного средства;
- визуальное и звуковое предупреждение водителя о возможном столкновении с ТС в слепой зоне;
- самодиагностику системы;
- визуальное представление водителю информации о статусе работы системы;
- визуальное представление водителю информации об ошибке работы системы.

Функциональная блок-схема *BSM* представлена на рис. 7.

вазии и самодиагностики, при выполнении которой она произведет первоначальную диагностику всех компонент, необходимые для корректной работы:

- статус текущего состояния данных скорости транспортного средства;
- статус текущего состояния указателей поворота;
- статус текущего состояния визуальных индикаторов;
- статус текущего состояния системы звукового оповещения;
- статус текущего состояния радаров;
- статус текущего состояния передачи заднего хода.

При успешном прохождении самодиагностики система выполняет переход либо в активный, либо в пассивный режим.

BSM находит и фильтрует обнаруженные объекты с помощью радара по критериям:

- 1) вероятности существования объекта: 95-100 %;
- 2) размера: длина 2-2,5 м, ширина 0,7-0,9 м, высота 1,1-1,9 м.

Максимальное количество одновременно определяемых объектов составляет 45 единиц. При обнаружении объекта система определяет, в каком направлении движется этот объект. Разрабатываемая система подает визуальные и звуковые предупреждения, если в слепой зоне находится попутное ТС, и не подает сигналов, если в слепой зоне окажется припаркованное ТС или ТС, движущееся в противоположном направлении. Также система способна определить опасное сближение и оповестить об этом водителя, отследить статус указателей поворота. Если в зоне действия *BSM* определен объект (транспортное средство), и с определенной стороны сигнализатор находится в режиме предупреждения, то при включении соответствующего указателя поворота будет активирован сигнализатор в режиме критического сближения. При этом будет рассчитана скорость приближения транспортного средства, а сигнализатор в зеркальных элементах будет мигать. При этом, чем быстрее приближается транспортное средство, тем чаще мигает сигнализатор.

Если какое-либо ТС находится в слепой зоне и приближается в поперечном направлении по отношению к полосе движения к ТС с системой *BSM* менее чем на 1 м, то будет рассчитано расстояние между ТС, активируется сигнализатор в режиме критического сближения, сигнализатор будет мигать. Чем ближе ТС, тем чаще мигает сигнализатор. Допускается снижение показателей характеристик работы функции *BSM* при: наличии атмосферных осадков; загрязнении радаров; присоединении прицепа; затяжном повороте. Разработанный алгоритм работы *BSM* соответствует требованиям вышеописанных стандартов *SAE J2802* [10], *ISO 17387* [11] и *ГОСТ Р 58808* [12].

Моделирование испытаний системы

Для проверки достоверности элементов разработки системы было принято решение использовать виртуальный симулятор *CARLA* [13]. Использование виртуального симулятора позволяет упростить процесс, поскольку с его помощью возможно проводить испытания на каждой стадии, выявляя недостатки и ошибки разрабатываемой системы. Данный виртуальный симулятор является продуктом с открытым доступом, служащим для разработки автоматических систем вождения. В нем имитируется городская среда со зданиями, пешеходами, автомобилями и другими объектами, а также меняющаяся погода.

Для моделирования необходимых кейсов были использованы данные о скорости ТС, положения угла колес и данные радаров, расположенных на автомобиле. Для симулятора был разработан модуль, позволяющий имитировать сигналы радаров системы *BSM*. Он был интегрирован в симулятор *CARLA*. В качестве ТС с установленной системой *BSM* был использован стандартный автомобиль (схожий с ТС легкого коммерческого класса), используемый в симуляторе (рис. 8).



Рис. 8. Пример испытания системы *BSM* в симуляторе *CARLA*

Fig. 8. Example of testing the *BSM* system on the *CARLA* simulator

Испытания представляли собой движения по многополосной дороге с обгоняющими и обгоняемыми вспомогательными ТС, имитируя реальные дорожные сценарии. В каждом случае регистрировалось срабатывание или несрабатывание предупреждений от системы, продольное и поперечное расстояние до вспомогательных ТС, абсолютные и относительные скорости, а также направление движения вспомогательных ТС. Затем полученные результаты сопоставлялись с кейсами специально разработанной программы и методики проведения испытаний.

На рис. 9 приведен пример проведения испытаний в компьютерном симуляторе *CARLA* для сценария, когда вспомогательное ТС опережает ТС с системой *BSM*, находясь в соседней полосе движения.

Анализировались следующие параметры:

- 1) включенная передача заднего хода;
- 2) скорость ТС с системой *BSM*;
- 3) скорость и направление движения вспомогательного ТС;
- 4) скорость сближения ТС;
- 5) продольное и поперечное расстояние между ТС во время проведения тестов;
- 6) пересечение вспомогательным ТС слепой зоны.

На рис. 10 представлены графики состояния системы *BSM* во время проведения виртуального испытания.

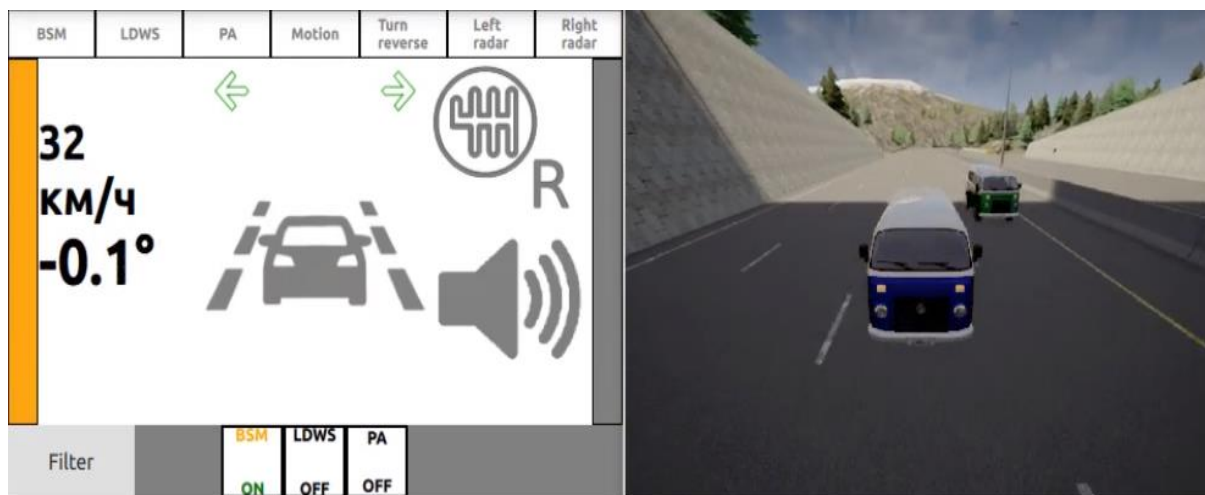


Рис. 9. Расположение объектов в момент поступления предупреждения

Fig. 9. Location of objects at the moment of arrival of warnings

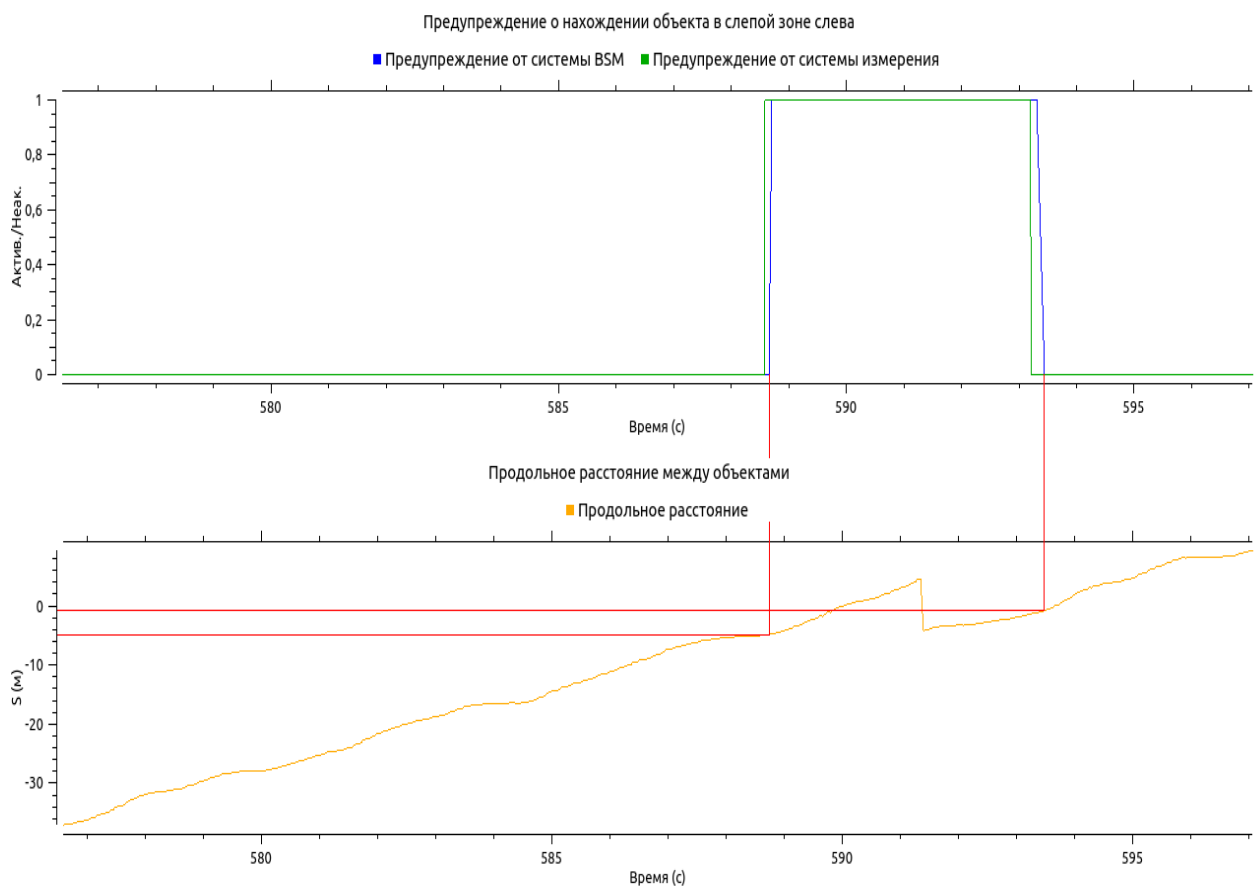


Рис. 10. Графики состояния системы BSM и продольное расстояние между ТС

Fig. 10. BSN system state graphs and alongside distance between vehicles

Синим цветом отображается предупреждение от системы BSM, зеленым – от системы измерения. Значение 0 соответствует отсутствию предупреждения, 1 – наличию сигнала предупреждения. При появлении сигнала предупреждения продольное расстояние между объектами равно 5 м. Результаты проведения испытания представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Соотношение нормативных и фактических значений работы системы

Table 2.

Relationship between standard and actual system operational parameters

| Параметр | Нормативное значение | Фактическое значение |
|---|---|---|
| Скорость ТС с BSM | 30 ±3 км/ч | 30 ±3 км/ч |
| Скорость вспомогательного ТС | 40 ±3 км/ч | 40 ±3 км/ч |
| Продольное расстояние между ТС в начале испытания | 30 м | 36 м |
| Продольное расстояние до вспомогательного ТС при подаче сигнала | 5 м | 5 м |
| Условия прекращения подачи сигнала | Вспомогательное ТС вышло из слепой зоны | Вспомогательное ТС вышло из слепой зоны |

Согласно табл. 2, система считается выдержавшей испытание. Испытания по определению попутных транспортных средств в слепых зонах, а также тестирование на ложные срабатывания были успешно пройдены системой *BSM*. Система во всех случаях активного режима подала сигнал о наличии движущегося попутно ТС в слепой зоне, а также не подала ложных срабатываний, в том числе, в пассивном режиме.

Выводы

Проведен анализ рынка систем контроля слепых зон, составлен бенчмаркинг систем различных производителей, а также сделаны выводы об общих подходах, применяемых в таких системах. Разработана и предложена собственная система контроля слепых зон, которая в дальнейшем может быть установлена на транспортные средства сегмента легкого коммерческого транспорта. Описаны общие подходы используемые при создании системы контроля слепых зон. Проведены тесты в компьютерном симуляторе CARLA, которые показали положительные результаты и доказали работоспособность разработанной системы.

Дальнейшие исследования будут связаны с проведением полевых испытаний системы контроля слепых зон в реальных условиях на специально подготовленном участке полигона группы ГАЗ. Также планируется реализация и адаптация системы контроля слепых зон для семейства автомобилей Группы ГАЗ.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства модельного ряда автомобилей ГАЗель Next с новой электронной архитектурой электронных систем» по Соглашению № 075-11-2019-027 от 29.11.2019 (постановление Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года № 218).

Библиографический список

1. MERCEDES-BENZ [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.la.mercedes-benz.com/en/passengercars/mercedes-benz-cars/models/gla/gla-suv/explore.pi.html/mercedes-benz-cars/models/gla/gla-suv/explore/intelligent-technologies/parking-pilot>, свободный.
2. MERCEDES-BENZ (YouTube) [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=wc2H6IbVtGg>, свободный.
3. FORD [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.ford.com/technology/driver-assist-technology/enhanced-active-park-assist/>, свободный.
4. Columbine Ford [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.columbineford.com/ford-blis-technology/>, свободный.

5. VOLVO [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.volvocars.com/ru-am/support/manuals/v60/2014/podderzhka-voditelya/blis-sistema-bezopasnosti/blis-blind-spot-information-system-ispolzovanie>, свободный.
6. Volvo Cars [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/photos/8152>, свободный.
7. BUICK [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.auto123.com/en/news/side-blind-zone-alert-in-buick-lacrosse/21661/>, свободный.
8. [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: https://media.buick.com/media/us/en/buick/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2010/Apr/0407_si_deblind.html, свободный.
9. Parkmaster [Электронный ресурс]: [сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://www.parkmaster.ru/catalog/auto/bs-d-01/>, свободный.
10. SAE J2802-2015. Blind Spot Monitoring System (BSMS): Operating Characteristics and User Interface.
11. ISO 17387-2008. Intelligent transport systems — Lane change decision aid systems (LCDAS) — Performance requirements and test procedures.
12. ГОСТ Р 58808-2020. Автотранспортные средства. Системы мониторинга слепых зон. Общие технические требования и методы испытаний
13. Виртуальный симулятор CARLA [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. дан. Режим доступа: <https://carla.org/>, свободный.

***Дата поступления
в редакцию: 19.01.2021***