

Научная статья  
УДК 629.7.05

## Классификация систем контроля непросматриваемых зон

Николай Викторович Попов<sup>1</sup>, Александр Юрьевич Котенёв<sup>2</sup>,  
Вадим Константинович Ишутин<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),  
Москва, Россия

<sup>1</sup>niko-popov@yandex.ru

<sup>2</sup>kotenev1103@mail.ru

<sup>3</sup>Vadim0ishutin@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлена классификация СКНЗ (СКНЗ – систем контроля непросматриваемых зон), которые играют важную роль в повышении безопасности дорожного движения, особенно в условиях современных мегаполисов. Рассмотрены статистические данные об эффективности таких систем, а также выявлены их преимущества и недостатки при эксплуатации в различных условиях. Особое внимание уделено аварийности с участием СИМ (СИМ – средств индивидуальной мобильности) в Москве, что подчёркивает актуальность исследования. Также описаны методики тестирования СКНЗ, включающие моделирование сложных городских сценариев, таких как узкие улицы, высокая плотность движения и неблагоприятные климатические условия. Отдельно проанализированы помехи, ложные срабатывания и адаптация технологий. Цель работы – выявить перспективы применения СКНЗ и их влияние на снижение количества дорожно-транспортных происшествий.

**Ключевые слова:** системы контроля непросматриваемых зон (СКНЗ), средства индивидуальной мобильности (СИМ), снижение дорожно-транспортных происшествий, радарные системы, ультразвуковые системы, оптические системы, методы испытаний, системы контроля.

**Для цитирования:** Попов Н.В., Котенёв А.Ю., Ишутин В.К. Классификация систем контроля непросматриваемых зон // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2025. № 2 (44).

Original article

## The classification of blind spot monitoring systems

Nikolaj V. Popov<sup>1</sup>, Aleksandr Yu. Kotenyov<sup>2</sup>, Vadim K. Ishutin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

<sup>1</sup>niko-popov@yandex.ru

<sup>2</sup>kotenev1103@mail.ru

<sup>3</sup>Vadim0ishutin@yandex.ru

**Abstract.** The article presents a classification of blind spot monitoring systems (BSMS), which play a crucial role in improving road safety, especially in modern metropolitan areas. Statistical data on the effectiveness of such systems are analyzed, and their advantages and disadvantages in various operating conditions are identified. Particular attention is paid to accidents involving personal mobility devices (PMDs) in Moscow, highlighting the relevance of the study. Testing methodologies for BSMS are described, including simulations of complex urban scenarios such as narrow streets, high traffic density, and adverse weather conditions. Interference, false alarms, and the adaptation of technologies are also examined. The aim of the study is to explore the prospects for BSMS implementation and their impact on reducing road traffic accidents.

**Keywords:** blind spot monitoring systems (BSMS), personal mobility devices (PMDs), reduction of road traffic accidents, radar systems, ultrasonic systems, optical systems, testing methods, monitoring systems.

**For citation:** Popov N.V., Kotenyov A.Yu., Ishutin V.K. The classification of blind spot monitoring systems. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2025. № 2 (44).

### Введение

Безопасность пешеходов и велосипедистов в городах является важным аспектом жизни современного города. Плотное и активное движение, множество транспортных средств и высокие скорости в сочетании с большим количеством пешеходов и велосипедистов создают множество потенциально опасных ситуаций. Даже незначительные происшествия в городской среде могут иметь серьёзные последствия, влияя не только на безопасность

участников дорожного движения, но и на экономическую и социальную сферы.

Повышение безопасности дорожного движения способствует сокращению числа аварий, травм и смертей, а также снижению материальных потерь. Кроме того, доказано, что это повышает общее качество жизни горожан, что приводит к росту доверия к городской инфраструктуре и транспортной системе.

По данным ГИБДД в Москве в 2023 году с января по сентябрь случилось 665 ДТП с участием СИМ, в большинстве из которых виновными были признаны водители СИМ. В 2024 году за аналогичный период времени произошло 658 ДТП [1]. Несмотря на введённые ограничительные меры для арендованных электросамокатов, общее количество ДТП с СИМ сократилось на 1% (см табл. 1). Это говорит о недостаточном уровне воздействия на общее снижение количества ДТП с участием СИМ. Так как если на электросамокаты в сервисах с поминутной арендой есть возможность устанавливать ограничения, то для личных самокатов такой возможности нет.

Таблица 1

Количества ДТП с участием СИМ в период с января по сентябрь 2023 года и с января по сентябрь 2024 год

Год	Период	Общее количество ДТП с СИМ в Москве	Количество ДТП с арендными самокатами в Москве
2023	Январь-Сентябрь	665	176
2024	Январь-Сентябрь	658	91

### **Влияние ADAS на безопасность дорожного движения**

В крупных городах, где активно развиваются средства индивидуальной мобильности, и где ежегодно увеличивается количество участников дорожного движения вопрос безопасности движения является актуальным.

Так для повышения безопасности дорожного движения в современных автомобилях активно применяются системы ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), включая системы контроля слепых зон (BSM – Blind Spot Monitoring). Эти системы направлены на предотвращение столкновений путём обнаружения участников движения в «непросматриваемых зонах» и предупреждения водителей о возможном пересечении траекторий транспортных средств. Исследования показывают, что технологии BSM могут снизить риск боковых столкновений на 4% [2]. В целом, системы ADAS способны предотвратить до 40% всех ДТП и уменьшить количество травм на 37% [3].

Дополнительно, обзор систем ADAS подчёркивает их значение в обеспечении не только безопасности, но и комфорта при вождении. Например, опросы водителей показывают, что наличие таких систем существенно повышает их уверенность и снижает уровень стресса за рулём [4]. Тем не менее, для достижения полного потенциала ADAS требуется дальнейшая оптимизация, в частности, уменьшение ложных срабатываний и улучшение пользовательских интерфейсов.

Одним из примеров системы помощи водителю, повышающей безопасность дорожного движения, является система предупреждения о приближении транспортного средства. В таких системах обычно используются радары, камеры или другие датчики для обнаружения приближающихся транспортных средств сзади или сбоку от автомобиля. Обнаружив транспортное средство, система оповещает водителя звуковым или визуальным сигналом, тем самым предупреждая его о потенциальной опасности при открытии двери.

Согласно данным Европейской комиссии по безопасности дорожного движения, около 10% ДТП с участием легковых автомобилей связано с отсутствием контроля за “слепыми” зонами [5]. Введение систем контроля

непросматриваемых зон позволяет минимизировать этот риск, однако их эффективность зависит от ряда факторов: технических характеристик, погодных условий, и особенностей дизайна автомобиля.

Это особенно важно в городских районах, где интенсивное движение и узкие улицы могут создать опасные условия для пешеходов и велосипедистов. Такие системы помогают предотвратить несчастные случаи и смягчить последствия тех, которые все же происходят. Эти технологии становятся ключевым компонентом усилий по повышению безопасности дорожного движения и сокращению числа пострадавших участников дорожного движения.

### **Классификация систем контроля непросматриваемых зон**

Системы контроля непросматриваемых зон можно разделить на четыре основные категории в зависимости от используемых технологий:

Радарные системы используют радиоволны для определения объектов в слепых зонах. Отличаются высокой точностью и стабильностью работы, но могут быть подвержены помехам от других источников радиосигнала и испытывают сложности при сильных осадках, тумане или снегопаде.

Оптические системы такие как камеры высокого разрешения фиксируют объекты, затем данные обрабатываются с использованием алгоритмов компьютерного зрения. Главный недостаток – зависимость от условий освещённости. Камеры могут терять объекты при недостаточной освещённости или загрязнении объектива.

Ультразвуковые системы применяются на низких скоростях, например, для парковки. Малопригодны для движения на трассе из-за ограниченной дальности.

Гибридные системы комбинируют несколько технологий, что увеличивает надёжность, но приводит к росту стоимости и сложности эксплуатации.

Проблемами и недостатками данных систем контроля непросматриваемых зон являются ошибки распознавания объектов, ложные срабатывания (например, на дорожные ограждения или кусты). Пропуск объектов в случае высокой скорости движения соседнего автомобиля. Сложности интеграции в старые модели автомобилей, установка систем на более старые автомобили сопряжена с техническими и экономическими трудностями.

Согласно исследованию IIHS (Insurance Institute for Highway Safety): Использование СКНЗ снижает вероятность ДТП в непросматриваемых зонах на 23%. Автомобили с адаптивными радарными системами демонстрируют на 18% меньше аварий при перестроении [6]. Тем не менее, по данным NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), около 15% инцидентов происходят из-за несвоевременного срабатывания или ложных срабатываний [7].

### **Методики испытаний систем контроля непросматриваемых зон**

Для повышения эффективности работ систем контроля непросматриваемых зон разработаны методики тестирования в лабораторных и эксплуатационных условиях. Важно учитывать адаптацию к реальным городским условиям, включая сложные сценарии, такие как узкие улицы и высокая интенсивность движения. Современные системы должны тестироваться на помехи, климатические условия и ложные срабатывания, что требует комплексного подхода.

При тестировании лабораторным методом применяются стенды, для проверки точности датчиков, установки имитирующие погодные условия и симуляторы для проверки программного обеспечения и алгоритмов.

В эксплуатационных испытаниях тесты проводятся на специализированных полигонах или на дорогах общего пользования для получения более точных и актуальных результатов, например, анализ

ложных срабатываний и работу систем в условиях узких улиц с большим количеством помех сигналу и использованием манекенов различных объектов, таких как пешеходы, велосипедисты и другие транспортные средства [8-10].

### **Анализ работы системы Audi Exit Warning**

Для примера рассмотрим сценарий, в котором водитель припарковал свой автомобиль на тротуаре и готовится к выходу. Однако сзади приближается велосипедист или другое транспортное средство. В отсутствие системы предупреждения о приближении транспортного средства водитель может открыть дверь, не заметив приближающегося участника дорожного движения, что может привести к столкновению и травмам.

Система предупреждения о приближении транспортного средства использует датчики для обнаружения приближения встречного транспортного средства, предупреждая водителя с помощью слухового или визуального сигнала на приборной панели. Это даёт водителю достаточно времени, чтобы среагировать и не открывать дверь до тех пор, пока потенциальная опасность не будет устранена. Некоторые варианты этой системы оснащены механизмом блокировки двери, не позволяющим открыть её до тех пор, пока не проедет другой автомобиль. В некоторых разновидностях данной системы есть функция блокировки дверных замков, пока другое транспортное средство не покинет зону потенциального столкновения или не изменит свою траекторию движения.

Примером такой системы может быть Audi Exit Warning, которая использует камеры и радары для обнаружения приближающихся транспортных средств при открытии двери. По аналогии, Tesla также внедрила подобную функцию в свои автомобили, предупреждая водителя о приближающихся объектах с помощью уведомлений на экране. Эти системы

помогают предотвратить аварии и сделать дорожное движение более безопасным для всех участников.

Алгоритм работы системы предупреждения о приближении транспортных средств на примере автомобиля Audi A8, оснащённой системой Audi Exit Warning

1. *Обнаружение приближающихся транспортных средств*: система Audi Exit Warning использует камеры и ультразвуковые сенсоры, чтобы непрерывно сканировать окружающую обстановку за пределами автомобиля. Эти датчики могут обнаруживать приближающиеся объекты, такие как пешеходы, велосипедисты или другие автомобили (рис. 1).



*Рис. 1. Потенциально опасная ситуация столкновения велосипедиста с открывающейся дверью автомобиля*

2. *Анализ данных и выявление угрозы*: полученные данные о приближающихся объектах анализируются системой. Если обнаруживается, что транспортное средство движется в направлении, где может возникнуть опасность при открытии двери, система классифицирует эту ситуацию как потенциально угрожающую (рис. 2).

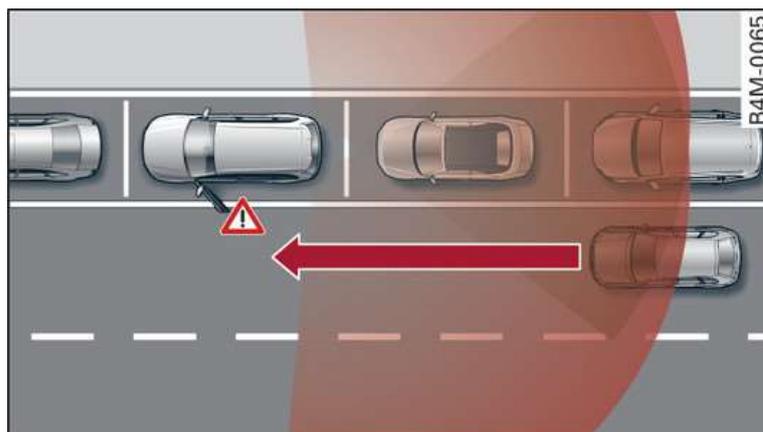


Рис. 2. Рассматриваемый сценарий ДТП

3. *Предупреждение водителя и пассажира*: когда система определяет возможность столкновения, она активирует предупреждающий механизм для водителя и пассажира. Это может быть звуковой сигнал, вибрация сиденья или визуальное предупреждение на панели приборов, зеркале или двери, чтобы привлечь внимание водителя или пассажира к возможной опасности (рис. 3).

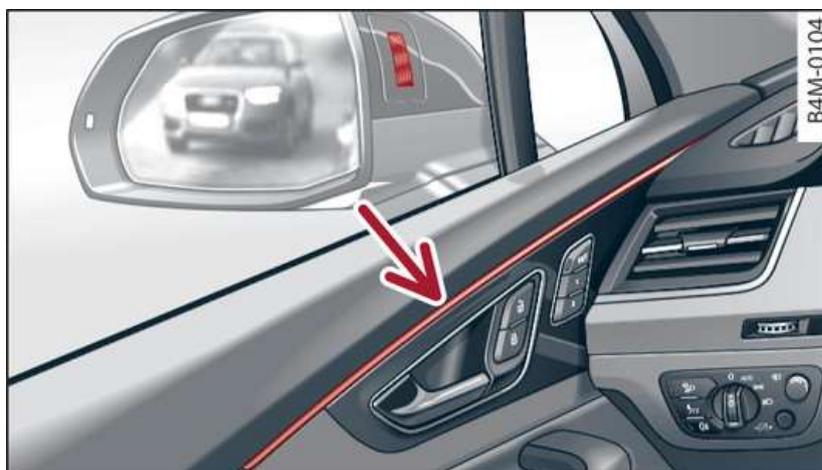


Рис. 3. Предупреждающие индикаторы на двери

4. *Реакция водителя или пассажира*: водитель и пассажир получают сигнал и могут принять меры для предотвращения аварии, такие как ожидание, пока транспортное средство не пройдёт, или закрытие двери обратно, чтобы уступить дорогу приближающемуся участнику дорожного движения.

Таким образом, системы предупреждения о приближении транспортных средств играют важную роль в обеспечении безопасности участников дорожного движения, предотвращая потенциальные столкновения при открытии дверей автомобиля.

### **Выводы**

Из вышеописанного можно сделать выводы, что данная система является перспективным направлением развития ADAS, так как она обладает рядом значительных преимуществ для всех участников дорожного движения:

1. Повышение безопасности для пешеходов и СИМ: подобные системы помогают снизить риск столкновения с пешеходами и СИМ при открытии двери автомобиля, что особенно важно на узких улицах или в густонаселённых районах, где с каждым годом увеличивается число пользователей СИМ. Так как нет возможности устанавливать принудительные ограничения личные СИМ, поэтому нужно стараться снижать количество ДТП путём внедрения подобных систем в автомобили.

2. Снижение числа аварий и травм: предупреждение водителя и пассажира о приближающихся транспортных средствах позволяет предотвратить аварии и уменьшить риск получения травмами участниками дорожного движения. Помимо предупреждений данная система безопасности имеет возможность воздействовать на органы управления автомобилем, а именно тормозную систему

3. Улучшение водительского опыта и уверенности: системы предупреждения о приближении транспортных средств помогают водителям чувствовать себя более уверенно при выходе из автомобиля или выезде с парковочного места, зная, что они получают предупреждение в случае опасности для окружающих.

4. Совместимость с другими системами безопасности: подобные системы могут дополнять другие технологии безопасности в автомобиле,

такие как системы помощи при парковке или системы контроля слепых зон, обеспечивая комплексный подход к безопасности.

Системы предупреждения о приближении транспортных средств имеют множество преимуществ, помогая сделать дорожное движение более безопасным и комфортным для всех его участников.

### Список источников

1. Государственная инспекция безопасности дорожного движения. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <http://stat.gibdd.ru> (дата обращения: 09.12.2024).
2. Effectiveness of Advanced Driver Assistance Systems in Preventing System-Relevant Crashes / R. Shannon-Spicer, A. Vahabghaie, D.s Murakhovsky, G. Bahouth // SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility. – 2021. – № 3(4). – DOI 10.4271/2021-01-0869.
3. Potential Reduction in Crashes, Injuries and Deaths from Large-Scale Deployment of Advanced Driver Assistance Systems (Research Brief) / A. Benson, B.C.Tefft, A.M. Svancara, W.J. Horrey. – Washington, D.C.: AAA Foundation for Traffic Safety, 2018.
4. Neumann, T. Analysis of Advanced Driver-Assistance Systems for Safe and Comfortable Driving of Motor Vehicles / T. Neumann // Sensors. – 2024. – № 24(19). – P. 6223. – DOI 10.3390/s24196223.
5. Insurance Institute for Highway Safety. Compendium of HLDI collision avoidance research. –2023. – Vol. 40. – No. 4.
6. Интеллектуальные системы помощи водителю. Технические требования и методы испытаний / А. М. Иванов, С. Р. Кристальный, Н. В. Попов, С. С. Шадрин. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2019. – 100 с. – ISBN 978-5-7962-0260-9. – EDN QWUWKC.
7. U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration Field Study of Heavy-Vehicle Crash Avoidance Systems Final Report 2024. DOT HS 812 280.
8. Euro NCAP. Testing Protocols for ADAS TEST PROTOCOL – AEB/LSS VRU systems. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.euroncap.com> (дата обращения: 11.12.2024).
9. Сидорова, П. А. Анализ новых типов испытаний САЭТ в рамках рейтинга Euro NCAP (2020 г.) / П. А. Сидорова, Н. В. Попов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2020. – № 2(24). – С. 1. – EDN ХОННХI.
10. Virtual and physical testing of advanced driver assistance systems with soft targets / A. Ivanov, S. Shadrin, N. Popov [et al.] // 2019 International Conference on Engineering and Telecommunication, EnT 2019, Dolgoprudny, 20–21 ноября 2019 года. – Dolgoprudny, 2019. – P. 9030527. – DOI 10.1109/EnT47717.2019.9030527. – EDN KXWWYV.

## References

1. URL: <http://stat.gibdd.ru> (09.12.2024).
2. Shannon-Spicer R., Vahabaghaie A., Murakhovsky D., Bahouth G. *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility*, 2021, no. 3(4).
3. Benson A., Tefft, B.C., Svancara, A.M. & Horrey, W.J. Potential Reduction in Crashes, Injuries and Deaths from Large-Scale Deployment of Advanced Driver Assistance Systems, AAA Foundation for Traffic Safety, 2018.
4. Neumann T. *Sensors*, 2024, no. 24(19), p. 6223.
5. Insurance Institute for Highway Safety. Compendium of HLDI collision avoidance research, 2023, vol. 40, no. 4.
6. Ivanov A.M., Kristal'nyj S.R., Popov N.V., Shadrin S.S. *Intellectual'nyye sistemy pomoshchi voditelyu. Tekhnicheskiye trebovaniya i metody ispytaniy (Intelligent driver assistance systems. Technical requirements and test methods)*, Moscow, MADI, 2019, 100 p.
7. U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration Field Study of Heavy-Vehicle Crash Avoidance Systems Final Report 2024. DOT HS 812 280.
8. URL: <https://www.euroncap.com> (11.12.2024).
9. Sidorova P. A., Popov N. V. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2020, no. 2 (24), pp. 1.
10. Ivanov A., Shadrin S., Popov N., Gaevskiy V., Kristal'nyj S. 2019 International Conference on Engineering and Telecommunication, EnT 2019, Dolgoprudny, 2019, pp. 9030527.

Рецензент: В.В. Гаевский, д-р техн. наук, доц., МАДИ

### *Информация об авторах*

**Попов Николай Викторович**, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

**Котенёв Александр Юрьевич**, аспирант, МАДИ.

**Ишутин Вадим Константинович**, студент, МАДИ.

### *Information about the authors*

**Popov Nikolaj V.**, Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

**Kotenyov Aleksandr Yu.**, postgraduate, MADI.

**Ishutin Vadim K.**, student, MADI.

*Статья поступила в редакцию 24.02.2025; одобрена после рецензирования 06.05.2025; принята к публикации 04.06.2025.*

*The article was submitted 24.02.2025; approved after reviewing 06.05.2025; accepted for publication 04.06.2025.*