

Научная статья
УДК 629.33.02 – 027.45

Анализ существующих систем, повышающих активную безопасность автомобиля

Александр Георгиевич Тыняный¹, Филипп Кириллович Дьяков²,
Екатерина Дмитриевна Андреева³, Валентина Анатольевна Кравцева⁴,
Павел Александрович Красавин⁵

^{1,2,3,4,5}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия.

¹a.tynyanuy@madi.ru

²dyakov@madi.ru

³katyabelova02@gmail.com

⁴kravceva_va@madi.ru

⁵krasavin.madi@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются последние подходы, используемые ведущими автопроизводителями в области использования и усовершенствования интеллектуальных систем помощи водителю. На сегодняшний день, среди всех устройств, использующихся в системах обнаружения окружающего пространства, основными являются радар, лидар, или камеры. Эти устройства основаны на различных принципах работы, помимо этого работают с различной эффективностью и обладают разной стоимостью. По этой причине некоторые компании автопроизводители имеют разный подход в области использования систем помощи водителю. Приведены некоторые особенности функций помощи вождения, применяемых компанией Ауди, работа которых основанных на адаптивном круиз контроле и ассистенте ведению по полосе движения. Описаны функции систем помощи водителю на основе искусственного зрения, применяемых в автомобилях компании Тесла.

Ключевые слова: системы помощи водителю, АДАС, ассистенты движения, адаптивный круиз контроль, ассистент движения в полосе, радар, лидар, камеры, обнаружение окружающего пространства.

Для цитирования: Тыняный А.Г., Дьяков Ф.К., Андреева Е.Д., Кравцева В.А., Красавин П.А. Анализ существующих систем, повышающих активную безопасность автомобиля // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2025. № 4 (46).

Original article

Analysis of existing systems that increase active vehicle safety

Aleksandr G. Tynyanyy¹, Philipp K. Dyakov², Ekaterina D. Andreeva³,
Valentina A. Kravceva⁴, Pavel A. Krasavin⁵

^{1,2,3,4,5}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

¹a.tynyanyy@madi.ru

²dyakov@madi.ru

³katyabelova02@gmail.com

⁴kravceva_va@madi.ru

⁵krasavin.madi@yandex.ru

Abstract. The article examines the latest approaches used by leading automakers in the field of using and improving intelligent driver assistance systems. Today, among all the devices used in ambient detection systems, the main ones are radar, LiDAR, or cameras. These devices are based on different principles of operation, in addition, they work with different efficiencies and have different costs. For this reason, some car manufacturers have different approaches in the field of using driver assistance systems. Some features of the driving assistance functions used by Audi, which are based on adaptive cruise control and a lane guidance assistant. The functions of driver assistance systems based on artificial vision used in Tesla cars are described.

Keywords: driver assistance systems, ADAS, traffic assistants, adaptive cruise control, lane assist, radar, lidar, cameras, ambient detection.

For citation: Tynyanyy A.G., Dyakov P.K., Andreeva E.D., Kravceva V.A., Krasavin P.A. Analysis of existing systems that increase active vehicle safety. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2025. № 4 (46).

Введение

Безопасность дорожно-транспортного процесса зависит от многих составляющих факторов, в том числе и от безопасности самих автомобилей. Существует автоматическая система управления движением (АСУД, в оригинале ADS – automated driving system), которая в совокупности аппаратных и программных средств, входящих в ее состав, способна выполнять всю задачу управления движением (ЗУД, в оригинале DDT – dynamic driving task) в длительном режиме вне зависимости от конкретных условий эксплуатации [1-3].

Основными функциями управления и планирования действий, выполняемыми при решении ЗУД автоматической системой или водителем-человеком, являются:

- управление траекторией движения транспортного средства посредством рулевого управления;
- управление скоростью движения транспортного средства посредством команд ускорения и замедления;
- наблюдение за дорожной обстановкой с распознаванием и классификацией объектов;
- осуществление реакций на дорожные ситуации.

В настоящее время группа систем, использующихся при решении ЗУД, объединена под общим названием «Advanced Driving Assistance Systems» (ADAS) – «Интеллектуальные системы помощи водителю» [10-12].

ADAS может включать различные системы и ассистенты. Уровни систем ADAS делятся на 6 ступеней от начального нулевого, до максимального пятого уровня. Например, на нулевом уровне автоматизация управления движением отсутствует. Вся ЗУД выполняется водителем с возможными кратковременными вмешательствами систем активной безопасности. В состав ADAS 3-го уровня автоматизации могут входить системы помощи удержания полосы движения, круиз контроль и адаптивный круиз контроль, система помощи при перестроении, система определения слепых зон, распознавание дорожных знаков и их учет при выборе режимов движения. На пятом уровне происходит полная автоматизация управления движением, не подразумевающая реакции водителя на запросы о вмешательстве.

Функционирование систем ADAS основано на работе системы ABS (ESP) и EPS. Для повышения эффективности работы систем, влияющих на активную безопасность автомобиля, его оснащают сенсорами различного типа, такими как: камеры, лидары, радары ближнего и дальнего действия, инфракрасные камеры, лазерные сканеры, инерционные датчики, датчики одометрии и т.п. [4]. Датчики работают в составе систем управления,

обеспечивающих функции обнаружения, распознавания, определения положения на местности и прочих.

Системы восприятия окружающего пространства

Камеры, радары и лидары, которые составляют часть системы восприятия окружающего пространства, активно развиваются и применяются на автомобильных устройствах (рис. 1).

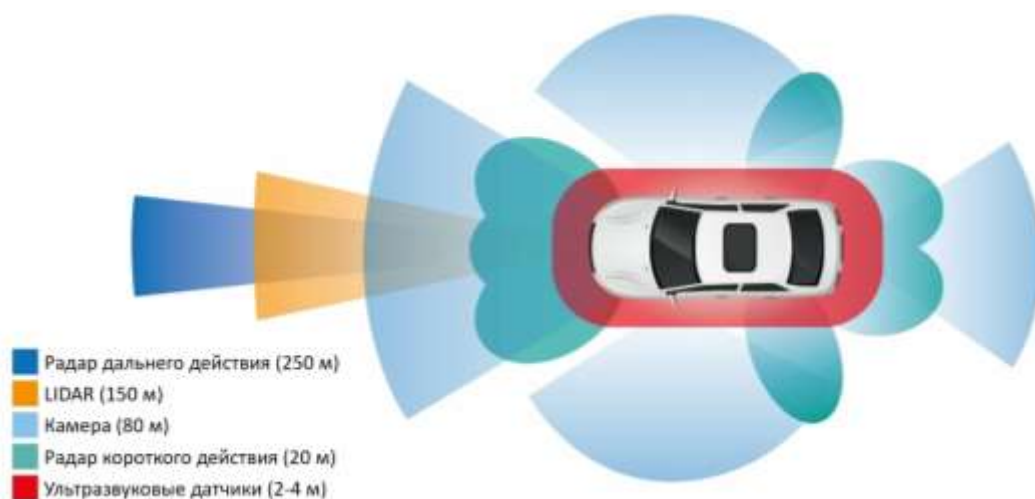


Рис. 1. Оснащение автомобиля устройствами обнаружения окружающего пространства

Среди присутствующих устройств большей эффективностью отличаются камеры и лидары, которые позволяют получать достаточный объем информации с высокой скоростью на большом расстоянии (рис. 2).



Рис. 2. Сравнение полученного изображения с лидара, камеры и радара

Лидары имеют свое название от аббревиатуры LiDAR (Light Detection And Ranging – обнаружение и определение дальности с помощью света). Он состоит из излучателя и сенсора, который использует лазерные импульсы (ультрафиолет или инфракрасное излучение) для обнаружения объектов вокруг себя. Луч света, излучаемый лазером в окружающее пространство, доходит до ближайшей поверхности и отражается обратно к фотосенсору, который замеряет расстояние между автомобилем и отраженной поверхностью с помощью метода фазового сдвига.

В зависимости от физического устройства, лидары разделяют на два основных типа – подвижные (механические) и статичные (твердотельные). Механические или круговые лидары располагаются в специальных модулях на крыше автомобиля. Находящиеся в них датчики постоянно вращаются, обеспечивая обзор на угол 360°.

Твердотельные лидары (Solid state LiDAR) – блоки со статично зафиксированными или регулируемые датчиками, сканирующими с высокой скоростью определенную область по направлению движения транспорта. Обычно таких датчиков в твердотельном лидаре четыре – каждый охватывает сектор обзора в 90°, а после информация с них сводится в цельную картину с охватом на 360°.

Получение информации об окружающем пространстве может быть реализовано с помощью компьютерного зрения, которое представлено бортовой камерой или несколькими камерами в случае кругового обзора. Камеры позволяют проводить анализ изображений, извлекая информацию, необходимую для оценки дорожной ситуации, принятия решений и выполнения управляющих действий.

По сравнению с лидарами камера обладает рядом преимуществ, такие как получение информации о состоянии дорожного покрытия, дорожной разметки или считывание дорожных знаков [5].

Системы обнаружения окружающего пространства позволяют выполнять различные функции в областях робототехники и автоматизированного управления транспортными средствами. Рассмотрим основные подходы в применении данных систем автомобильными производителями.

Основные подходы автомобильных производителей в применении АСУД

Компания Ауди на сегодняшний день является одним из ведущих разработчиков элементов АСУД. В ее стратегии основными направлениями в совершенствовании систем помощи водителю является: адаптивный ассистент движения, система предотвращения столкновения, система помощи при повороте на перекрестках, система помощи при маневрировании прицепа и другие [7].

Новая вспомогательная система водителя, такая как адаптивный ассистент движения объединяет три ранее независимые системы (адаптивный круиз-контроль, Audi active lane assist и ассистент движения в пробке) в одну вспомогательную систему водителя. Адаптивный ассистент движения впервые предоставляет возможность комбинированного продольного и поперечного ведения автомобиля в диапазоне скоростей от 0 до 250 км/ч.

Продольным ведением адаптивного ассистента движения в этой связи называются все регулируемые (т. е. независимые от водителя) продольные динамические манёвры, такие как ускорение, движение с постоянной скоростью и замедление.

Поперечным ведением является процесс руления автомобилем по поперечной траектории, то есть отклонение вправо или влево от прямолинейного движения. Водителю при поперечном ведении автомобиля оказывают поддержку два различных ассистента: Audi active lane assist и ассистент движения в пробке. Ассистент движения в пробке берёт на себя поперечное ведение при скорости не более 60 км/ч, если распознаётся

ситуация движения в пробке. Audi active lane assist берёт на себя поперечное ведение при скорости 65 км/ч и выше.

Система оказывает поддержку водителю в выполнении задач при движении, но не берёт на себя его ответственность. Использование адаптивного ассистента движения снижает нагрузку на водителя при движении и делает поездку более комфортабельной. Руки водителя должны при этом постоянно оставаться на рулевом колесе, что контролируется системой распознавания Hands Off.

Одной из наиболее продвинутых функций адаптивного ассистента движения является регулирование по геометрии трассы. В качестве дополнения к данной функции может быть задана ещё и желаемая скорость в поворотах («медленная», «средняя» или «быстрая»). В комбинации с выбранной программой движения («сдержанная», «стандартная», «спортивная») активируются различные индивидуальные настройки. Так, например, «сдержанная» программа движения в комбинации с «медленной» настройкой по геометрии трассы даёт возможность наиболее комфортабельного прохождения поворотов.

Если выбрана программа движения «спортивная» и она скомбинирована с «быстрой» настройкой по геометрии трассы, реализуется максимально возможная динамика прохождения поворотов. Все другие комбинации настроек реализуют динамичное поведение, которое находится в диапазоне между этими двумя граничными настройками.

Существенным параметром регулирования является измеряемая величина поперечного ускорения автомобиля, которое определяется датчиками, связанными с блоком управления подушек безопасности. Блок управления адаптивного круиз-контроля на базе содержащегося в предиктивных навигационных данных трассы значения радиуса поворота определяет поперечное ускорение или скорость движения в повороте в соответствии с текущими настройками. Регулирование производится в первую

очередь соответствующей адаптацией крутящего момента двигателя, при необходимости также используются активные процессы торможения с помощью системы ESC.

Предиктивные данные трассы, получаемые из навигационной системы, показывают предстоящий характер поворота. Адаптивный круиз-контроль на основе радиуса поворота и настроек по программе движения и геометрии трассы определяет, с каким поперечным ускорением будет пройден поворот.

Заранее, до входа в поворот, адаптивный круиз-контроль даёт команду на притормаживание автомобиля за счёт торможения двигателем. Если этого торможения недостаточно для выхода на оптимальную скорость входа в поворот, то системе ESC отдаётся сигнал на дополнительное торможение. Система поперечного ведения адаптивного ассистента движения оказывает поддержку водителю в процессах руления и тем самым уменьшает нагрузку на него при движении.

В системе Audi Active Lane Assist в предыдущих версиях базой для поперечного ведения были исключительно ограничительные линии дорожной разметки. Следствием этого был тот факт, что прерванные или отсутствующие линии дорожной разметки не давали возможности системе работать непрерывно. Такое же ограничение относилось к линиям разметки, которые из-за погодных или дорожных условий плохо распознавались.

Поперечное ведение адаптивного ассистента движения на сегодняшний день расширено так, что даже при отсутствии ограничительных линий дорожной разметки оно остаётся активным в определённых условиях (рис. 3).

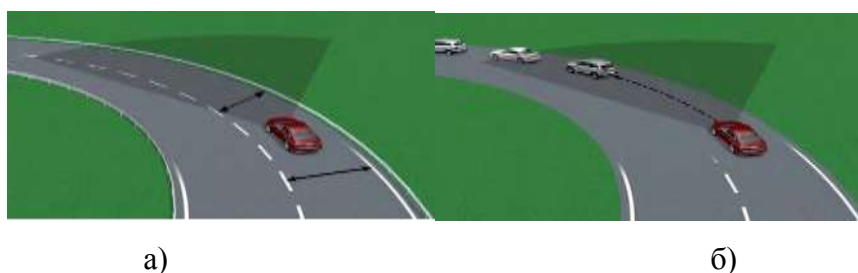


Рис. 3. Определение направления поворота: а) по разметкам полос; б) по направлению впереди идущих автомобилей

Если автомобиль с активным ведением по центру полосы находился в повороте, то он продолжал двигаться по центру полосы. При работе системы ведения по центру полосы активного ассистента движения планируемая траектория слегка смещается внутрь поворота, что компенсирует действие центробежной силы (рис. 4). Такое прохождение поворотов является более эффективным и безопасными.



Рис. 4. Выбор траектории прохождения поворота

Компания Тесла для снижения себестоимости автомобиля исключила из оснащения автомобиля радары и лидары, используя только камеры и систему технического зрения. С современным ПО этот подход дает автопилоту пространственное позиционирование высокой чёткости, возможность идентифицировать и различать объекты на большем расстоянии [8]. На рисунке 5 показано, что видит автомобиль во время движения по дороге, или то, что видят инженеры и разработчики компании, при режиме полного самостоятельного вождения [9].



Рис. 5. Вид дополненной реальности Тесла

Автопилот Tesla на основе искусственного зрения включает в себя адаптивный круиз контроль и удержание в полосе. В дополнение к функциям и возможностям автопилота существует расширенный автопилот, включающий в себя навигацию на автопилоте, который активно направляет автомобиль по полосам движения, перемещает его по развязкам, автоматически включает сигнал поворота и выбирает нужный съезд. Функция расширенного автопилота Full Self-Driving Capability также включает в себя контроль за дорожной обстановкой и автоматически замедляет автомобиль вплоть до полной остановки.

Выводы. Применение систем окружающего восприятия необходимо для повышения автоматизации и безопасности дорожного движения. Для этого современные автомобили оснащаются большим количеством различных сенсоров. На сегодняшний день нет однозначного ответа об эффективности различных систем и выбора автопроизводителей в пользу лидаров или камер. Лидары являются достаточно дорогостоящей технологией, которую могут позволить себе немногие премиальные автопроизводители.

Список источников

1. SAE J3016. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on road motor vehicles. – SAE, 2016.
2. ГОСТ Р 58823-2020. Автомобильные транспортные средства, системы автоматизации управления движением, классификация и определения: национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2020-10-30 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 35 с.
3. ГОСТ Р 58837-2020. Автомобильные транспортные средства. Системы автоматизированного управления, общие принципы проектирования : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2020-10-02 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 16 с.
4. Balyasnikov, I. V. Selection of equipment for vehicle proximity control / I. V. Balyasnikov, M. P. Malinovsky // Science Journal of Transportation. – 2022. – No. S(12). – P. 223-244. – EDN UBOIUD.

5. De-Las-heras, G. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Based on Machine Learning Techniques for the Detection and Transcription of Variable Message Signs on Roads / G. De-Las-heras, Ja. Sánchez-Soriano, E. Puertas // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21, No. 17. – P. 5866. – DOI 10.3390/s21175866. – EDN FIXMDU.
6. The Advanced Driving Assist System (ADAS) Pissing Contest In China Is Huge And Complicated So Here Is Your Comprehensive Guide And Ranking. – *The Autopian*. – URL: <https://www.theautopian.com/the-advanced-driving-assist-system-ad-as-pissing-contest-in-china-is-huge-and-complicated-so-here-is-your-comprehensive-guide-and-ranking/>.
7. SSP 668 – Audi A8 (4N) Вспомогательные системы для водителя.
8. Tesla Vision Update: Replacing Ultrasonic Sensors with Tesla Vision | Tesla Support. – URL: <https://www.tesla.com/support/transitioning-tesla-vision> (дата обращения 12.02.2024).
9. Посмотрите глазами Tesla: хакер активирует дополненное зрение только для разработчиков. – URL: <https://www.carscoops.com/2020/12/see-through-the-eyes-of-a-tesla-hacker-activates-developer-only-augmented-vision> (дата обращения 12.02.2024).
10. Veretelnikov, A. S. Automotive autopilot system / A. S. Veretelnikov, N. A. Dmitrienko // *Тенденции развития науки и образования*. – 2022. – No. 92-10. – P. 15-17. – DOI 10.18411/trnio-12-2022-458. – EDN MBRFYU.
11. Зайцев, Э. М. Разработка системы адаптивного круиз-контроля / Э. М. Зайцев // *Наука без границ*. – 2020. – № 3(43). – С. 68-75. – EDN HRUIWO.
12. Григорьев, М. В. Перспективы развития дистанционного мониторинга технического состояния автоматизированных транспортных средств / М. В. Григорьев // *Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта : Сборник научных трудов, посвященный 85-летию кафедры ЭАТиС МАДИ, по материалам 79-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, Москва, 26–27 января 2021 года*. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. – С. 125-134. – EDN AVNJJZ.

References

1. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on road motor vehicles, SAE J3016, SAE, 2016.
2. *Avtomobil'nyye transportnyye sredstva, sistemy avtomatizatsii upravleniya dvizheniyem, klassifikatsiya i opredeleniya*, GOST 58823-2020 (General safety requirements, State Standart 58823-2020), Moscow, Standarty, 2020, 35 p.
3. *Avtomobil'nyye transportnyye sredstva. Sistemy avtomatizirovannogo upravleniya, obshchiye printsipy proyektirovaniya*, GOST 58837-2020 (General safety requirements, State Standart 58837-2020), Moscow, Standarty, 2020, 16 p.
4. Balyasnikov I.V., Malinovsky M.P. Selection of equipment for vehicle proximity control, *Science journal of transportation*, no.S(12), 2022, pp. 233-244.
5. De-Las-Heras G., Sánchez-Soriano J., Puertas E. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Based on Machine Learning Techniques for the Detection and Transcription of Variable Message Signs on Roads, *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 17, pp. 5866, doi 10.3390/s21175866.

6. The Advanced Driving Assist System (ADAS) Pissing Contest In China Is Huge And Complicated So Here Is Your Comprehensive Guide And Ranking - The Autopian, available at: <https://www.theautopian.com/the-advanced-driving-assist-system-adas-pissing-contest-in-china-is-huge-and-complicated-so-here-is-your-comprehensive-guide-and-ranking/>.
7. Self Study Program 668 – Audi A8 (type 4N) driver assistance systems;
8. Tesla Vision Update: Replacing Ultrasonic Sensors with Tesla Vision | Tesla Support, available at: <https://www.tesla.com/support/transitioning-tesla-vision> (12.02.2024).
9. Look through the eyes of Tesla: hacker activates augmented vision for developers only, available at: <https://www.carscoops.com/2020/12/see-through-the-eyes-of-a-tesla-hacker-activates-developer-only-augmented-vision> (12.02.2024).
10. Veretnikov A.S., Dmitrienko N.A. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2022,– no. 92-10, pp. 15-17, doi 10.18411/trnio-12-2022-458.
11. Zaytsev E.M. *Nauka bez granits*, 2020, no. 3(43), pp. 68-75.
12. Grigor'yev M.V. *Problemy tekhnicheskoy ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta*, Sbornik trudov, Moscow, Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet (MADI), 2021, pp. 125-134.

Рецензент: А.Е. Есаков, канд. техн. наук, доц., Московский политехнический университет

Информация об авторах

Тыняный Александр Георгиевич, аспирант, МАДИ.

Дьяков Филипп Кириллович, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Андреева Екатерина Дмитриевна, магистрант, МАДИ.

Кравцева Валентина Анатольевна, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Красавин Павел Александрович, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Information about the authors

Tunyanyu Aleksandr G., postgraduate, MADI.

Dyakov Philipp K., Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

Andreeva Ekaterina D., undergraduate, MADI.

Kravceva Valentina A., Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

Krasavin Pavel A., Candidate of Sciences (Technical), associate professor, MADI.

Статья поступила в редакцию 13.11.2025; одобрена после рецензирования 10.12.2025; принята к публикации 26.12.2025.

The article was submitted 13.11.2025; approved after reviewing 10.12.2025; accepted for publication 26.12.2025.