



ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА/TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.75.6>

EDN: YORQKG

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Научная статья

Оспанов Б.Т.¹, Нестеренко Г.А.^{2,*}, Нестеренко И.С.³²ORCID : 0000-0003-1528-4627;³ORCID : 0000-0003-4749-010X;^{1, 2, 3} Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nga112001[at]list.ru)

Предложена: 09.07.2026; Принята: 04.08.2026; Опубликовано: 21.08.2026

Аннотация

В работе описана возможность применения беспилотных транспортных средств при проведении строительных работ. Проведен анализ сфер использования беспилотных транспортных средств. Предложено применение систем обеспечения автономного управления транспортным средством посредством использования радаров и лидаров. Рассмотрена схема, которая обеспечивает круговой обзор с возможностью дублирования и исключения «мертвых» зон при управлении автономными транспортными средствами. Предложено использование искусственного интеллекта для обеспечения точного позиционирования транспортного средства в пространстве на строительной площадке.

В результате использования предложенного подхода к управлению транспортными средствами будет обеспечиваться безопасность выполняемых работ.

Ключевые слова: автономное вождение, транспорт, искусственный интеллект, радар, лидар.**THE USE OF AUTONOMOUS DRIVING SYSTEMS IN CONSTRUCTION WORK**

Research article

Ospanov B.T.¹, Nesterenko G.A.^{2,*}, Nesterenko I.S.³²ORCID : 0000-0003-1528-4627;³ORCID : 0000-0003-4749-010X;^{1, 2, 3} Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

* Corresponding author (nga112001[at]list.ru)

Suggested: 09.07.2026; Accepted: 04.08.2026; Published: 21.08.2026

Abstract

The work describes the potential for using unmanned vehicles in construction work. An analysis is carried out of the areas of application for unmanned vehicles. The use of systems for autonomous vehicle control, using radar and lidar, is suggested. A system is examined which provides a panoramic view, with the ability to duplicate and eliminate "blind spots" when controlling autonomous vehicles. The use of artificial intelligence is proposed to ensure the precise positioning of the vehicle within the construction site.

The suggested approach to vehicle management will ensure that the work carried out is done safely.

Keywords: autonomous driving, transport, artificial intelligence, radar, lidar.**Введение**

В наше время общеизвестна тенденция к цифровизации и автоматизации во всех областях жизни. Одним из аспектов такого направления прогресса является развитие интерфейсов типа «машина — мир человека», то есть средств взаимодействия машин с реальным миром. Это и различные манипуляторы, и транспортные грузовые платформы, и беспилотный транспорт, и так далее [1]. Такие системы массово применяются уже несколько десятилетий, так как позволяют автоматизировать те процессы, которые требуют физических действий и перемещений предметов: от сварочных автоматов на автомобильных заводах до роботов-доставщиков. Но несмотря на это, всё ещё обладают огромным потенциалом по расширению.

Искусственный интеллект (ИИ) на сегодняшний день затрагивает все больше аспектов нашей жизни от банальных чат-ботов до сложных систем анализа погоды [2]. ИИ используется также и в транспорте, в данный момент испытываются системы автопилота для легковых автомобилей 5 уровня, а автопилоты уровня 2–4 уже ограничено передвигаются по городам [3]. Использование систем автопилотирования активно осуществляется и в специальной технике (таблица 1). Использование подобных систем позволяет задавать траекторию движения, осуществлять автоматическую корректировку при сходе с курса.

Испытания системы автопилотирования проводятся также на дорогах общего пользования в том числе и в России, так с 2023 года компания NATRAC являющаяся дочерним предприятием автопроизводителя КАМАЗ преодолела 6 миллионов километров по трассе М11. За указанный период автопилот с уровнем автономности SAE 4 не был замечен

ни в одном ДТП. Использование автопилота позволило в 2024 году перевезти 330 тысяч кубометров сжиженного газа, а за 2025 год было совершено 5400 рейсов.

Таблица 1 - Уровни систем автопилотирования

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.75.6.1>

Уровень автопилота	Роль водителя	Пример реализации
0	Водитель полностью контролирует автомобиль	Парктроники
1	Автоматические системы помогают водителю, но он все еще должен контролировать ситуацию	Круиз-контроль
2	Системы автомобиля могут ускоряться и замедляться, также необходим контроль водителя	Адаптивный круиз-контроль, Tesla autopilot
3	Системы автомобиля могут управлять движением автомобиля, но также необходимо контролировать	Mercedes-Benz Drive Pilot
4	Автономное вождение по конкретным маршрутам	Такси Waymo, автопилот компании NATRAC
5	Автономное пилотирование, без участия человека	Отсутствует серийная реализация

Методы и принципы исследования

Использование автопилота в строительной технике происходит на закрытой площадке. Работа строительной техники должна быть максимально точна, ввиду зонирования рабочего пространства. Поэтому использование систем отслеживания местоположения способами, которые используются системами автопилотирования на дорогах общего пользования, ввиду низкой точности порядка 20 метров у системы ГЛОНАСС и 1,7 у GPS, системы автопилотирования для ориентирования в пространстве используют сложную систему датчиков, состоящую из камер и лидаров, такое «машинное зрение» позволяет реагировать на изменение обстановки [4], [5]. Использование камер и лидаров в строительной технике затруднительно, ввиду высокой степени загрязненности мест проведения строительных работ, данный фактор обязывает следить за состоянием объектива камеры и очищать от загрязнений, также ввиду различных факторов, сложное навесное оборудование может быть повреждено [6], [7]. Отказ от вышеописанных систем не представляется возможным, ввиду этого необходимо учесть наиболее вероятные развития событий.

Строительная площадка является местом повышенной опасности, ввиду наличия работающей техники и механизмов, возможности падения различных предметов на работающий персонал, воздействия вредных факторов и прочие факторы риска, которые могут навредить здоровью или отнять жизнь человека.

Подробнее рассмотрим фактор травматизма с транспортными средствами. В данную группу факторов попадают как столкновения автотранспорта с другими транспортными средствами, так и наезды на рабочих не находящихся за управлением транспортным средством [8], [9].

Одной из причин возникновения дорожно-транспортного происшествия является ограниченная видимость транспортных средств, эксплуатируемых на строительных работах, обзорность различных погрузчиков, экскаваторов и прочей специальной техники порой недостаточна для безопасной эксплуатации в условиях ограниченного пространства, также дополнительными факторами являются высокая звуковая зашумленность.

Для решения данной проблемы предлагается установить на корпус строительной техники комплекс камер с лидаром [10], [11]. Данные, с которых планируется обрабатывать искусственным интеллектом на борту специальной техники.

На данный момент подобные решения представлены на карьерных самосвалах. Используемые там системы состоят из GPS трекера, который располагается на персонале, на технике в свою очередь размещается набор оборудования, который может отслеживать приближение GPS трекера, при приближении на определенную дистанцию срабатывают предупредительные сигнальные знаки (звучит звуковой сигнал и срабатывают световые индикаторы на технике). В качестве недостатков данной системы можно выделить централизованность, данные о приближении поступают сначала на сервер, после чего на саму технику, на данный процесс требуется порядка 5–10 секунд, а при средней скорости транспорта в местах разработки месторождений в 20 км/ч техника успеет преодолеть порядка 25–50 м. Вместе с тем дополнительно стоит отметить ранее выявленную погрешность системы GPS, вследствие которой для обеспечения удовлетворительной точности необходимо использовать стационарные базовые станции.

Основные результаты

Обзор строительного транспорта может ограничиваться конструкцией кабины и кузова, рабочим оборудованием (ковш у бульдозеров, стрелы у автокранов и тд.), внешними препятствиями и условиями среды.

Использование системы камер и лидара позволит улучшить обзор и предотвратить ряд возможных столкновений

При использовании предлагаемой системы технике не нужно будет передавать данные на сервер для обработки данных, решение будет приниматься на месте, конкретным транспортным средством, информация о предполагаемом действии будет передаваться на другие автомобили, оснащенные данной системой. Данный подход позволит децентрализовать поток данных, увеличит скорость принятия решения и повысит общую надежность, поскольку общий сервер является уязвимым звеном, выход из строя которого критическим образом скажется на общей степени функциональности системы (рис. 1).



Рисунок 1 - Принципиальная схема работы предлагаемой системы

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.75.6.2>

Функционирование системы происходит следующим образом при обнаружении лидаром и камерой персонала на заранее заданной дистанции, блок управления подает сигнал на кнопку-индикатор и включает световую и звуковую индикацию. При сокращении дистанции и нахождения персонала на критическом расстоянии, которая высчитывается от скорости автомобиля и времени реакции водителя или же задается изначально, срабатывает световая и звуковая индикация и тормозная система, прекращая движение автомобиля. Информация с камер и лидара выводится на монитор в салоне.

В случае, если автомобилю необходимо прийти в движение, а в слепой зоне находится персонал, система автоматически выводит на монитор изображение зоны, в которой находится человек, срабатывает световая и звуковая индикация, а перед началом движения необходимо нажать на кнопку-индикатор, подтверждая ознакомление о нахождении персонала в опасной зоне.

Подобная система C2X (Car to X) применяется в Европе и США на дорогах общего пользования, но с определенными отличиями. Объектами взаимодействия являются автомобиль и различные объекты инфраструктуры. Разработки в данной сфере ведут такие автомобильные производители как AUDI, BMW, HONDA, NISSAN и другие. Суть данной системы заключается в передаче текущих данных о состоянии автомобиля, а именно скорости и ускорения автомобиля, резкое нажатие на педаль тормоза, скорости вращения отдельных колес.

Сравним параметры обзора систем с модификацией и без, для этого по справочным данным построим схемы обзора по зеркалам заднего вида, также учтем геометрические параметры автомобиля Урал-4320 и дополним справочные данные графическими построениями.

Введем ограничения. Скорость движения техники на строительной площадке ограничена 10 км/ч, время реакции водителя в среднем составляет от 1 до 2 секунд, примем среднее арифметическое 1,5 секунды. По известным формулам найдем расстояние, которое транспорт преодолит прежде, чем остановиться.

$$S = V \cdot t$$

Искомое значение 4,21 м, примем во внимание низкое качество дорожного покрытия на строительной площадке, наличие песка, гравия, строительный мусор и прочие загрязнения и обозначим, что для полной остановки грузовику понадобится 5 м, графически обозначим это на схеме.

Дополнительным ограничением примем рост работника в 175 см, данное значение является средним для мужчин. Относительно роста работника графически обозначим зоны видимости в передней полусфере.

Имея схему видимости, можно заметить, что значительная область является «слепой», с помощью программы автоматизированного проектирования «Компас 3Д» найдем процентное отношение видимой области. Нужный нам параметр составляет 54,223%.

Наиболее крупные зоны без обзора расположены по левому борту и на карме транспортного средства.

Схематично изобразим данный рисунок с камерами дополнительного обзора по обоим бортам, на карме и в передней части автомобиля, расположим камеры так, чтобы нивелировать «слепые зоны» (рис. 2).

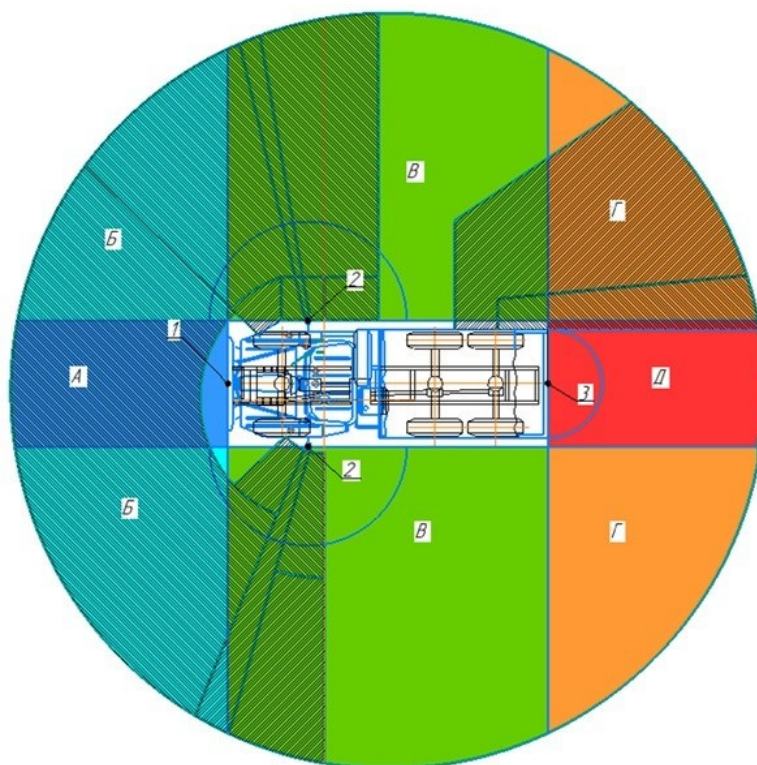


Рисунок 2 - Совмещенная схема обзора автомобиля Урал-4320:

1 – фронтальная камера обзора; 2 – боковые камеры обзора; 3 – задняя камера обзора; А – зона обзора фронтальной камеры; Б – зона обзора фронтальной и боковой камеры обзора; В – зона обзора боковой камеры; Г – зона обзора боковой камеры и задней камеры; Д – зона обзора задней камеры

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.75.6.3>

Заключение

По полученным результатам можно сделать вывод, что внедрение дополнительной системы контроля слепых зон существенно повысит обзорность транспорта, а интеллектуальный помощник в случае приближения персонала не позволит совершить наезд на человека.

Предполагается, что рассматриваемая системы будет являться активной системой безопасности, и вмешиваться в управление транспортом при условии наличия человека на близком расстоянии при движении транспорта, а также уведомлять водителя о наличии в слепой зоне персонала.

Внедрение систем автоматизации на строительной площадке является перспективным направлением, использование подобной системы позволит обезопасить трудовой процесс специалистов, однако данное решение не является окончательным вариантом исполнения, в дальнейшем возможно будет включить в процесс стационарные камеры, которые находятся на стройке, в таком случае автомобиль будет знать, что находится на пути следования заблаговременно.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Попов Н.А. Беспилотный автотопливозаправщик на базе КАМАЗ 43118-50 / Н.А. Попов // Cifra. Машиностроение. — 2024. — № 3 (4). — DOI: 10.60797/ENGIN.2024.4.3. — EDN: QYBQQS.
2. Кузнецова И.О. Предпосылки появления искусственного интеллекта / И.О. Кузнецова, Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 8 (146). — DOI: 10.60797/IRJ.2024.146.36. — EDN: ATBIVU.
3. Chibikova T.V. Typology of Neural Networks Used in Designing Autonomous Driving Systems for Electric Transport / T.V. Chibikova, G.A. Nesterenko // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. — 2025. — Vol. 54. — № 7. — P. 803–811. — DOI: 10.1134/S1052618825700487. — EDN: SAAPOU.



4. Chibikova T.V. Application of Machine Learning Methods to Process Lidar Data in Autonomous Driving Systems / T.V. Chibikova, G.A. Nesterenko // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. — 2025. — Vol. 54. — № S1. — P. S79–S89. — DOI: 10.1134/S1052618825701201. — EDN: OGPWCW.
5. Нестеренко Г.А. Чип-тюнинг автотранспортных средств / Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко // *Автомобильная промышленность*. — 2023. — № 8. — С. 28–30. — EDN: EYZAWX.
6. Нестеренко И.С. Исследование возможности применения передвижного грузоподъемного механизма при выполнении строительных работ / И.С. Нестеренко, Г.А. Нестеренко // *Современное строительство и архитектура*. — 2026. — № 4 (71). — DOI: 10.60797/mca.2026.71.2. — EDN: OOOJHX.
7. Sergeev V.Y. Thermal imaging method as a type of robotic diagnostics of hydraulic excavators / V.Y. Sergeev // *Cifra. Engineering*. — 2025. — № 4 (9). — DOI: 10.60797/ENGIN.2025.9.1. — EDN: IOEOIE.
8. Князев В.В. Инфраструктура электромобилей / В.В. Князев // *Молодые исследователи — современной России: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 26 декабря 2022 года*. — г. Петрозаводск: Новая Наука, 2022. — С. 74–78. — EDN: DFDGXC.
9. Медведев В.О. Передвижная роботизированная ремонтная станция / В.О. Медведев // *Cifra. Машиностроение*. — 2025. — № 1 (6). — DOI: 10.60797/ENGIN.2025.6.2. — EDN: NIQDGO.
10. Гладков С.Д. Модернизация транспортного средства за счет установки роботизированного модуля / С.Д. Гладков // *Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 07–08 декабря 2023 года*. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2024. — С. 113–116. — EDN: FMMLLA.
11. Киреёнок М.С. Разработка системы коммуникации между автомобилями / М.С. Киреёнок // *Теория и практика современной науки*. — Москва: Московский автомобильно-дорожный институт, 2018. — № 9 (39). — С. 136–138.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Popov, N. A. Bepilotnyj avtotoplivozapravshchik na baze KAMAZ 43118-50 [Unmanned Fuel Tanker Based on the KAMAZ 43118-50] / N. A. Popov // *Cifra. Mashinostroenie* [Cifra. Mechanical Engineering]. — 2024. — № 3 (4). — DOI: 10.60797/ENGIN.2024.4.3. — EDN: QYBQQS. [in Russian]
2. Kuznetsova I.O. Predposylki pojavleniya iskusstvennogo intellekta [Prerequisites for the Emergence of Artificial Intelligence] / I.O. Kuznetsova, G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal]. — 2024. — № 8 (146). — DOI: 10.60797/IRJ.2024.146.36. — EDN: ATBIVU. [in Russian]
3. Chibikova T.V. Typology of Neural Networks Used in Designing Autonomous Driving Systems for Electric Transport / T.V. Chibikova, G.A. Nesterenko // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. — 2025. — Vol. 54. — № 7. — P. 803–811. — DOI: 10.1134/S1052618825700487. — EDN: SAAPOU.
4. Chibikova T.V. Application of Machine Learning Methods to Process Lidar Data in Autonomous Driving Systems / T.V. Chibikova, G.A. Nesterenko // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. — 2025. — Vol. 54. — № S1. — P. S79–S89. — DOI: 10.1134/S1052618825701201. — EDN: OGPWCW.
5. Nesterenko G.A. Chip-tuning avtotransportnyh sredstv [Chip Tuning of Motor Vehicles] / G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko // *Avtomobil'naya promyshlennost'* [Automobile Industry]. — 2023. — № 8. — P. 28–30. — EDN: EYZAWX. [in Russian]
6. Nesterenko I.S. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya peredvizhnogo gruzopod'emnogo mekhanizma pri vypolnenii stroitel'nyh rabot [Research on the Possibility of Using a Mobile Lifting Mechanism in Construction Work] / I.S. Nesterenko, G.A. Nesterenko // *Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura* [Modern Construction and Architecture]. — 2026. — № 4 (71). — DOI: 10.60797/mca.2026.71.2. — EDN: OOOJHX. [in Russian]
7. Sergeev V.Y. Thermal imaging method as a type of robotic diagnostics of hydraulic excavators / V.Y. Sergeev // *Cifra. Engineering*. — 2025. — № 4 (9). — DOI: 10.60797/ENGIN.2025.9.1. — EDN: IOEOIE.
8. Knyazev V.V. Infrastruktura elektromobilej [Electric Vehicle Infrastructure] / V.V. Knyazev // *Molodye issledovateli — sovremennoj Rossii* [Young Researchers of Modern Russia]: Collection of Articles from the International Research Competition, Petrozavodsk, December 26, 2022. — Petrozavodsk: New Science, 2022. — P. 74–78. — EDN: DFDGXC. [in Russian]
9. Medvedev V.O. Peredvizhnaya robotizirovannaya remontnaya stanciya [Mobile Robotic Repair Station] / V.O. Medvedev // *Cifra. Mashinostroenie* [Cifra. Mechanical Engineering]. — 2025. — № 1 (6). — DOI: 10.60797/ENGIN.2025.6.2. — EDN: NIQDGO. [in Russian]
10. Gladkov S.D. Modernizaciya transportnogo sredstva za schet ustanovki robotizirovannogo modulya [Modernization of a Vehicle by Installing a Robotic Module] / S.D. Gladkov // *Problemy funkcionirovaniya sistem transporta* [Problems of Transport Systems Functioning]: Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists, Tyumen, December 7–8, 2023. — Tyumen: Tyumen Industrial University, 2024. — P. 113–116. — EDN: FMMLLA. [in Russian]
11. Kireyenko M.S. Razrabotka sistemy kommunikacii mezhdu avtomobilyami [Development of a Communication System between Cars] / M.S. Kireyenko // *Teoriya i praktika sovremennoj nauki* [Theory and Practice of Modern Science]. — Moscow: Moscow Automobile and Road Institute, 2018. — № 9 (39). — P. 136–138. [in Russian]