

при правительстве РФ. — М.: Юстицинформ, 2004. — 543 с. — Текст : непосредственный.

8. **Ляпустин, П.К.** Анализ дорожно-транспортных происшествий и обоснование внесения изменений в организацию дорожного движения в г. Ангарске / П. К. Ляпустин, С. В. Андриянов. — Текст : непосредственный // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. — 2025. — № 22. — С. 194-199.

9. **Коноплянко, В.И.** Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. — М.: Транспорт, 1991. — 183 с. — Текст : непосредственный.

10. **Пеньшин, Н.В.** Основы государственного регулирования автотранспортной деятельности / Н. В. Пеньшин. — Тамбов: Вестник ТГТУ, 2005. — 80 с. — Текст : непосредственный.

11. **Гантимурова, Ю.О.** Применение системы интеллектуальной адаптации скорости для повышения безопасности дорожного движения / Ю. О. Гантимурова. Текст : непосредственный // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2025. № 12. С. 139-140.

УДК 656.021, 656.11

Ляпустин Павел Константинович,

к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Управление на автомобильном транспорте»,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: lpk62@mail.ru

Андриянов Сергей Владимирович,

студент группы ТП-23-1, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: k9501401344@bk.ru

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

Lyapustin P.K., Andriyanov S.V.

KEY ISSUES AND PROSPECTS OF INTRODUCING UNMANNED VEHICLES INTO URBAN TRANSPORT

Аннотация. В статье проводится комплексный анализ современного состояния и перспектив развития технологии беспилотных автомобилей. Рассматриваются уровни автономности в соответствии с международной классификацией, преимущества и риски внедрения автономного транспорта. Основное внимание уделяется технологической дилемме выбора сенсорных систем: подхода с использованием лидаров и стратегии, основанной на компьютерном зрении. Материал основан на анализе актуальных публикаций, технической документации и экспертных мнений.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, автономное вождение, уровень автономности, лидар, компьютерное зрение, искусственный интеллект.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the current state and development prospects of self-driving car technology. It examines levels of autonomy according to international classifications, as well as the advantages and risks of implementing autonomous vehicles. It focuses on the technological dilemma of choosing sensor systems: a lidar-based approach or a computer vision-based strategy. The material is based on an analysis of current publications, technical documentation, and expert opinions.

Keywords: self-driving car, autonomous driving, level of autonomy, lidar, computer vision, artificial intelligence.

Беспилотные транспортные средства (БТС) являются одной из самых динамично развивающихся и капиталоемких технологических отраслей. Их повсеместное внедрение способно инициировать наиболее масштабную революцию в мобильности со времен изобретения автомобиля. Данная технология

потенциально обусловит радикальные изменения не только в транспортной сфере, но и в градостроительстве, логистике, экологии и социальной области. Однако реализация полностью автономного управления транспортными средствами требует преодоления комплекса технологических, нормативно-

правовых, этических и социальных барьеров. В основе современной конкуренции БТС лежит не только соперничество между корпорациями и стартапами, но и фундаментальный конфликт двух принципиально отличающихся технологических парадигм, определяющих механизмы восприятия и интерпретации окружающей среды транспортным средством.

Инженерное сообщество автомобильной промышленности (SAE International – Society of Automotive Engineers) разработало стандарт SAE J3016, который определяет уровни автономности транспортных средств [1]. Этот стандарт стал глобальным ориентиром для производителей автомобилей, регуляторов и разработчиков систем автономного вождения. Он описывает, насколько автомобиль может самостоятельно управлять движением, без участия водителя. Всего предусмотрено шесть уровней автономности (от 0 до 5).

Уровни автономности 0-2 соответствуют системам помощи водителю посредством набора технологий и датчиков (камеры, радары, лидары, ультразвуковые сенсоры) для управления автомобилем, повышая безопасность, комфорт и эффективность. На этих уровнях ответственность полностью лежит на человеке, системы (адаптивный круиз-контроль, ассистент удержания в полосе, автоматическая парковка) носят вспомогательный характер и требуют постоянного контроля со стороны водителя.

Уровень 3 характеризуется как условная автоматизация. Система способна выполнять полный набор динамических задач вождения в predetermined условиях (на автомагистралях при благоприятных погодных условиях и дорожной обстановке). Водитель может временно отвлекаться от мониторинга окружающей среды, однако обязан оставаться готовым к оперативному вмешательству в управление по запросу системы в течение заданного интервала времени. Правовой статус данного уровня остается неопределенным в законодательстве многих юрисдикций, что обусловлено вопросами ответственности за потенциальные инциденты.

Уровень 4 – «высокая автоматизация». Система обеспечивает полную автоматизацию динамических задач вождения в рамках заранее заданной зоны (географически ограниченной области или определенного типа дорожной сети). Водитель не требуется для

постоянного контроля рулевого управления и может не наблюдать за дорожной обстановкой. В случае, если система не в состоянии разрешить возникшую ситуацию, она инициирует безопасную остановку транспортного средства. Большинство современных коммерческих прототипов и тестовых платформ функционируют на данном уровне, включая разработки компаний Waymo, Cruise и Яндекс [2 – 4].

Уровню 5 отведена роль полной автоматизации. Автомобиль демонстрирует способность к независимому выполнению динамических задач вождения в любых условиях, сопоставимых с человеческими возможностями, без необходимости участия водителя. Конструктивно такое транспортное средство может не включать элементы ручного управления, такие как рулевое колесо или педали. На текущий момент серийные автомобили данного уровня отсутствуют в коммерческом производстве [2, 5].

Архитектура любого беспилотного автомобиля базируется на последовательном выполнении четырех ключевых задач, образующих замкнутый цикл:

1) восприятие: датчики (камеры, радары, лидары) собирают данные об окружающем мире. Алгоритмы компьютерного зрения и обработки сигналов идентифицируют объекты (пешеходы, автомобили, дорожные знаки), определяют их скорость, траекторию и тип;

2) локализация: определение точного местоположения автомобиля в пространстве с использованием комплекса данных (сигналы спутниковых систем навигации (ГЛОНАСС, GPS)). Сверка данных лидара производится с высокоточными картами. Эти карты содержат статическую информацию о геометрии дорог, разметки, знаков. Полученная информация позволяет БТС ориентироваться даже при отсутствии разметки или в сложных погодных условиях;

3) планирование посредством интеллектуального анализа. На основе цифровой модели окружающей среды, построенной с использованием данных от сенсорных датчиков, система прогнозирует поведение участников дорожного движения и генерирует оптимальную траекторию движения, обеспечивающую безопасность, комфорт и эффективность, включая решения о маневрах, таких как перестроение, повороты, ускорение или остановка. Этот процесс опирается на алго-

ритмы машинного обучения и оптимизации для минимизации рисков и максимизации комфорта пассажиров;

4) исполнение: принятые решения планирования транслируются в физические команды для исполнительных механизмов. Электронные блоки управления преобразуют высокоуровневые инструкции в сигналы для систем рулевого управления, тормозов и привода. Современная архитектура автомобильной электроники, включая CAN-шину (Controller Area Network) – протокол последовательной коммуникации между контроллерами, – обеспечивает интеграцию автономной системы с существующими подсистемами транспортного средства. Это позволяет беспилотной платформе эффективно управлять динамикой автомобиля, обеспечивая синхронизированное и надежное исполнение команд в реальном времени.

Данная структура этапов подчеркивает иерархический подход к автономному управлению, где планирование служит основой для исполнения, а интеграция с аппаратной архитектурой автомобиля критически важна для достижения надежности.

В контексте эволюции автономных транспортных средств, стандартизированных по классификации SAE J3016, дискуссии о ключевых технологиях фокусируются на сравнении двух подходов. Сторонники инфраструктурных решений подчеркивают необходимость высокоскоростных сетей связи (5G/6G) для передачи больших объемов данных (о скорости, направлении, маневрах и состоянии транспортных средств) с минимальной задержкой, а также для взаимодействия с интеллектуальными элементами инфраструктуры (адаптивные светофоры, дорожные знаки, данные о фазах светофорного регулирования, ремонтных работах и погодных условиях).

В противоположность этому, сторонники автономных систем утверждают, что БТС должны функционировать в антропогенной среде без зависимости от дорогостоящей инфраструктуры. Такие системы полагаются на сенсорные данные для восприятия стандартных элементов, что обеспечивает глобальную масштабируемость и применимость за пределами мегаполисов с развитой инфраструктурой. Наиболее вероятным сценарием является гибридный подход, где БТС интегрируют данные в транспортную инфра-

структуру там, где они доступны, для повышения безопасности и эффективности.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодная смертность от дорожно-транспортных происшествий (ДТП) составляет около 1,35 млн человек, при этом 94% инцидентов обусловлены человеческим фактором. Применение БТС позволит снизить эти риски. Координированное движение и оптимизированный стиль вождения (плавное ускорение/торможение) способствуют снижению заторов и потребления топлива. Кроме того, оптимизация логистических маршрутов минимизирует экономические потери. В городском планировании прогнозируется сокращение потребности в парковочных местах в центральных районах, что потенциально снизит общее количество транспортных средств. БТС также применимы в экстремальных условиях, таких как зоны чрезвычайных ситуаций, горнодобывающие предприятия и опасные производства [6, 7].

Однако внедрение БТС сталкивается с существенными препятствиями. В нормативно-правовой сфере отсутствует унифицированная правовая база: определение ответственности в авариях с участием БТС (производитель, разработчик программного обеспечения или владелец); процедуры сертификации автономного программного обеспечения и оформления ДТП. Кибербезопасность является критическим аспектом: уязвимости могут привести к утечке персональных данных, шпионажу или захвату контроля злоумышленниками для террористических актов или вымогательства. Вопросы хранения, использования и защиты данных требуют пристального внимания. Социально-экономические последствия включают потенциальные массовые сокращения рабочих мест в транспортной отрасли, что влечет за собой разработку программ переобучения и социальной адаптации для затронутых групп.

В целом, развитие БТС представляет собой сложный, многоаспектный эволюционный процесс, а не мгновенный технологический прорыв. Прежде чем стать неотъемлемой частью повседневной жизни, беспилотные транспортные средства должны пройти этапы доработок, тестирований, общественного принятия и формирования правового поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SAE International. SAE J3016_202104: Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. – Текст: электронный // URL: https://web.archive.org/web/20211220101755/https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ (дата обращения: 10.11.2025).
2. **Talapkaliyeva, A.N.** Autonomous vehicles: an overview of challenges and possible solutions / A. N. Talapkaliyeva. – Текст : непосредственный // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 5. – С. 873-879.
3. Waymo releases its first self-driving ‘Safety Report’. – Текст: электронный // URL: <https://techcrunch.com/2017/10/12/waymo-self-driving-safety-report/> (дата обращения: 04.11.2025).
4. Яндекс. Технологии беспилотных автомобилей: Как мы создаём будущее. – Текст: электронный // URL: <https://yandex.ru/autonomous/technology> (дата обращения: 04.11.2025).
5. **Полтавская, Ю.О.** Система активной безопасности транспортных средств с учетом прогнозирования поведения водителя / Ю. О. Полтавская, А. Р. Анисимова. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2022. – № 19. – С. 138-142.
6. **Ляпустин, П.К.** Оценка социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий / П. К. Ляпустин, А. А. Кобак. – Текст : непосредственный // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – Т. 1. № 7. – С. 171-172.
7. **Полтавская, Ю.О.** Исследование влияния автономных транспортных средств на пропускную способность транспортных сетей / Ю. О. Полтавская, С. К. Каргапольцев, А. П. Хоменко. – Текст : непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3 (67). – С. 146-152.