



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 623.746.4-519

## ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В МАССОВУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

<sup>1</sup>Кулаков К.А., <sup>2</sup>Торосян Л.Е.

ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет", Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4), e-mail: <sup>1</sup>kulakovkirill@list.ru, <sup>2</sup>levantor@mail.ru

В данной научной статье рассматриваются перспективные внедрения беспилотных грузовых автомобилей. Описывается классификация процессов автоматизации автомобилей. Также приведена конструкция беспилотных автомобилей и алгоритм работы системы автоматизации.

Ключевые слова: Автомобилестроение, электроавтомобили, беспилотные грузовые автомобили, искусственный интеллект.

## OVERVIEW OF PROMISING IMPLEMENTATIONS OF UNMANNED TRUCKS IN MASS OPERATION

<sup>1</sup>Kulakov K.A., <sup>2</sup>Torosyan L.E.

FSBEI of HE "St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering", St. Petersburg, Russia (190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya St., 4), e-mail: <sup>1</sup>kulakovkirill@list.ru, <sup>2</sup>levantor@mail.ru

This scientific article discusses the promising introduction of unmanned trucks. The classification of car automation processes is described. The design of unmanned vehicles and the algorithm of the automation system are also given.

Keywords: Automotive industry, electric vehicles, unmanned trucks, artificial intelligence.

В ноябре 2018 года Премьер-министр РФ подписал постановление об использовании на дорогах беспилотных автомобилей. Опыт начался с 1 декабря в Москве и Татарстане. Участники опыта по тестированию беспилотных автомобилей (БПА) должны были получить одобрение Государственного научного центра ФГУП «НАМИ» (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ») [11]. Одно из главных условий к участникам опыта было страхование ответственности.

Актуальность и перспектива эксплуатации БПА вызывает интерес у транспортно-логистических компаний, так как предполагает возможное увеличение производительности труда и оптимизацию расходов, а также повышение технологического уровня и качества перевозочного процесса.

Разработкой БПА занимаются как IT-компании, так и крупные автомобильные заводы-производители. Но насколько разными получаются их результаты? Рассмотрим, действительно ли концепции различных производителей отличаются друг от друга.

Для начала надо рассмотреть, что собой представляет беспилотный автомобиль. Беспилотный автомобиль представляет собой транспортное средство, которое оборудовано системой автоматического управления, с возможностью передвигаться без участия человека.

Для данного беспилотного автомобиля программное обеспечение включает машинное зрение нейросети.

Машинное зрение – по-другому называется лидарами. Лидары расшифровывается как «Light Detection and Ranging» (другими словами – это обнаружение и определение дальности светового источника). Они основаны на сенсорной технологии. Также машинное зрение создает карту окружающей среды вокруг устройства (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Устройство лидара

Лидарные датчики излучают не только инфракрасный свет, но и измеряют время. Это нужно для того, чтобы свет отразился от объекта и вернулся обратно к датчику, тем самым создавая трёхмерную карту.

Существуют различные типы лидаров.

Первый тип – это лидар времени полёта (ToF); второй – лидар непрерывной волны с частотной модуляцией (FMCW).

Оба типа выполняют одну и ту же функцию, но каждый тип лидара имеет свои преимущества и недостатки.

Первый тип является наиболее распространённой формой лидара на транспортных средствах. Тип ToF отображает своё окружение путём измерения импульсов или фотонов света, которые он посылает и принимает обратно отражёнными от объекта. Данный тип имеет диапазон 360 градусов, что позволяет одному устройству выполнять эту работу. Второй тип лидара (FMCW) вместо импульсов посылает непрерывный поток света. Такой тип лидара, в отличие от первого типа, имеет недостаток, а именно – ограниченное поле зрения, поэтому на автомобиле их нужно несколько.

Карта, которая создана датчиком лидара, очень важна для самоуправляемого транспортного средства, потому что она помогает автомобилю «видеть» окружающий мир. В отличие от других решений (таких как радары и камеры) указанная технология обеспечивает большую глубину и детализацию.

Нейросети – это различные варианты сенсоров, т.е. камеры, лидары, радары и ультразвуковые датчики. Нейронные сети обрабатывают и подают данные с этих датчиков, чтобы сформировать основу событий, встречающихся на дороге.

Нейронные сети отвечают за распознавание важных объектов инфраструктуры и ситуаций, таких как светофоры, разметка, знаки и внезапно появляющиеся на дороге люди.

Нейросети выделяют значимые объекты из дорожной среды и направляют автомобиль на реагирование, например, замедляя движение на пешеходных переходах (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Принцип работы нейросетей

Нейросети начинаются с датасетов. Датасеты — это наборы данных информации, которые используются для обучения нейросетей. Данные с камер (лидаров), которые могут принимать форму фотографий или облаков точек лидара.

Некоторые системы полагаются на инфраструктурные системы (например, встроенные в дорогу или около неё). Современные и развитые технологии могут имитировать присутствие человека на уровне принятия решений об изменении положения руля и скорости, с помощью набора камер, сенсоров, радаров, лидаров и спутниковых навигационных систем.

Общие принципы работы у всех БПА примерно одинаковы. Рассмотрим классический проект беспилотного автомобиля. Сенсоры (perception) собирают информацию об окружающем мире, затем передают её в компонент системы управления (motion planning). На основе этой информации указанный компонент планирует действия, а также данных карт и локализации. После motion planning передаёт принятые решения компоненту «управление автомобилем» (vehicle control), который направляет его по заданной траектории.

Благодаря специальному программному обеспечению (ПО) и сенсорам БПА способны передвигаться самостоятельно. ПО управляет работой всех систем автомобиля, таких как рулевое управление, переключение передач, системы газа и тормозом. Датчики собирают информацию об окружающей обстановке, на основе которой строится работа автомобиля.

Современные беспилотные транспортные средства используют алгоритмы на основе метода Байеса для одновременного определения местоположения и составления карты. Принцип алгоритма заключается в объединении данных от датчиков автомобиля с данными карты (автономный режим).

Классификация процессов автоматизации автомобилей разработана «Сообществом автомобильных инженеров (SAE)» и содержит шесть уровней [7]. Перечислим их:

- Уровень 0. Данный уровень не имеет никакой автоматизации, и всю работу выполняет водитель.
- Уровень 1 называется «Hands on», «Помощь водителю». В данном уровне водитель и система управляют автомобилем вместе. Например: водитель управляет автомобилем, а система регулирует мощность двигателя для поддержания заданной

скорости и, при необходимости, снижает скорость для сохранения дистанции (адаптивный круиз-контроль). В других случаях, например, при автоматической парковке, водитель сам определяет скорость и автоматически управляет автомобилем.

- Следующий уровень 2 называется «Hands off», «Частичная автоматизация». Система полностью контролирует и управляет автомобилем, выполняет ускорение, торможение и рулевое управление. Функция водителя - следить за ездой и быть готовым вмешаться в любой момент, если система не сможет правильно отреагировать. Однако, несмотря на название «Hands off», такие системы часто требуют, чтобы водитель держал руки на руле в качестве доказательства своего намерения вмешаться.
- Уровень 3. «Eyes off», «Условная автоматизация». Это когда от водителя не требуется немедленной реакции. Он может, например, писать сообщения или смотреть фильм. Система сама реагирует на ситуации, требующие немедленной реакции, например, экстренное торможение. От водителя требуется готовность вмешаться в течение какого-то ограниченного времени, установленного производителем.
- Четвертый уровень «Mind off», «Широкая автоматизация», в отличие от третьего уровня, не требует постоянного внимания водителя. Например, водитель может лечь спать или покинуть свое водительское место. Полностью автоматизированное вождение происходит только в определенных пространственных зонах (геозонах) или в определенных ситуациях, например, в пробках. За пределами таких зон или ситуаций система может прекратить движение и припарковать автомобиль, если водитель не контролирует ситуацию.
- Уровень 5. «Steering wheel optional», «Полная автоматизация». На данном уровне не требуется никакого человеческого вмешательства.

Тестирование беспилотных автомобилей происходит в различных режимах.

Традиционно режимы делятся на три основные категории:

- Тестирование алгоритмов в виртуальном симуляторе;
- Тестирование на закрытых треках и полигонах;
- Тестирование на дорогах общего пользования.

Первым шагом для проверки обновлений системы беспилотного управления является *виртуальное моделирование*. Данный вид тестирования обходится компаниям дешевле, чем другие виды тестирования с использованием настоящих автомобилей и водителей. Некоторые компании, например, Aigo, проводят большую часть своих испытаний в виртуальной среде. С другой стороны, многие утверждают, что имитационное тестирование не следует переоценивать. Причина в том, что дорожные и погодные условия, с которыми беспилотный автомобиль может столкнуться на дороге, невозможно идеально воспроизвести в лабораторных условиях. Это может быть не так важно при создании базовых сценариев на ранних стадиях разработки, но становится необходимым на последних стадиях. Моделирование также не позволяет проверить конструкторские и технологические решения, поведение датчиков и взаимодействие системы автопилота с блоками управления автомобиля.

Следующая рассматриваемая группа – это *испытания в закрытых помещениях*. Беспилотные транспортные средства испытываются до того, как они выйдут на открытую дорогу. Испытательные полигоны позволяют проверить то, что невозможно проверить на симуляторе (например, работу сенсоров (датчиков), качество сборки автомобиля), а также отработать основные дорожные сценарии. Будущие водители беспилотных автомобилей также могут пройти подготовку на испытательных полигонах.

Последняя группа, и самый важный этап для развития технологии – это *тестирование на дорогах общего пользования*. Беспилотные транспортные средства будут сталкиваться с самыми разными дорожными условиями, которые трудно воспроизвести в симуляторах или на испытательных треках. Основное внимание уделяется взаимодействию с пешеходами, велосипедистами и другими водителями на дорогах, которые не всегда соблюдают правила дорожного движения.

Конструкция беспилотных автомобилей включают в себя [1]:

- Датчики температуры, нагрузки на ось, давления, температуры в шинах, уровня топлива и открытия дверей;
- GPS/GSM антенна;
- Трекер, дисплей, модуль управления, видеорегиистратор, TPMS, камера заднего вида.

Алгоритм работы системы и конструкции беспилотного автомобиля (Рисунок 3).

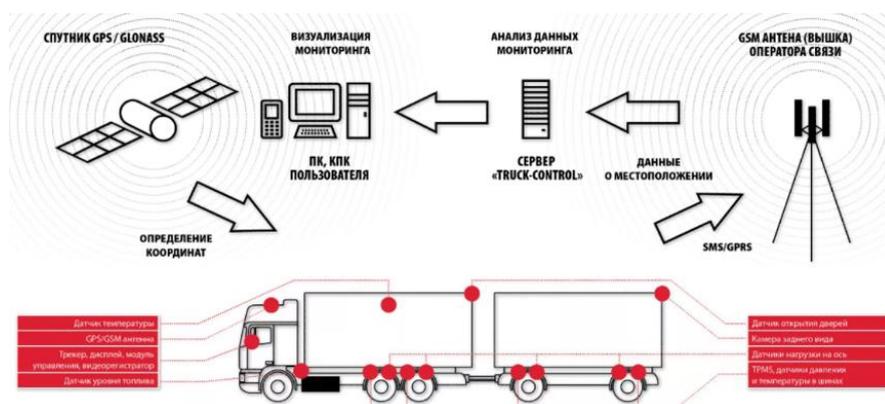


Рисунок 3 – Алгоритм работы системы автоматизации и конструкции беспилотного грузового автомобиля

На данный момент доступные сервисы – это беспилотные грузовые автомобили (или по-другому называется «высокоавтоматизированные транспортные средства») есть у следующих компаний:

Беспилотный тягач T-pod. (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Беспилотный тягач T-rod.

Беспилотный тягач T-rod создала молодая шведская компания Einride, основанная в 2012 году. Особенностью этой опытной модели является полный отказ от элементов кабины и механических систем, которые занимают пространство под капотом, что позволяет уменьшить длину автомобиля при увеличении объема грузового отсека. Грузоподъемность беспилотного транспортного средства составляет 20 тонн. Электрическая силовая установка питается от электрической батареи общей емкостью 200 кВт/ч. Тягач T-rod может проехать 200 км без подзарядки.

Беспилотный грузовой автомобиль Tesla (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Беспилотный грузовой автомобиль Tesla

Одним из первых производителей электромобилей является американская компания Tesla, основанная в июле 2003 года. Первоначально модельный ряд продукции Tesla включала три серии автомобилей, которые были оснащены электродвигателем мощностью 268 л.с. и 362 л.с. Разработка автономных автомобилей находится в стадии завершения, о технических характеристиках новых автомобилей пока ничего не известно. Предполагается, что дальность хода тягача на одном заряде аккумулятора составит около 400 километров.

Беспилотный грузовой автомобиль КАМАЗ (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Беспилотный грузовой автомобиль КАМАЗ

Автомобиль оснащен системой помощи водителю с компонентом искусственного интеллекта - ADAS (Advanced Driver Assistance System). В отличие от аналогичных зарубежных продуктов, важнейшим преимуществом отечественного проекта является возможность реальной эксплуатации в российских условиях.

В настоящее время на разных стадиях разработки и производства беспилотных грузовых автомобилей находятся компании: Daimler, Uber, Passar, Nvidia, Google, BAIC, Komatsu, Hyundai, Volvo, Mercedes, Starline.

Обзор перспективы внедрения беспилотных грузовых автомобилей в массовую эксплуатацию показывает:

- автоматизация автотранспортных средств может позволить снизить расход энергии по сравнению с обычными современными транспортными средствами;
- ожидаемый экономический эффект включает сокращение расхода топлива и снижения аварийности на дорогах;
- в структуре машиностроительной отрасли появляется более инновационная сфера разработок беспилотных грузовых автомобилей.

### Список литературы

1. Умутбаев Р.Р., Р.И. Салимов. Алгоритм работы интеллектуальной системы дистанционного запуска с функцией автозапуска ДВС беспилотного грузового автомобиля, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань).
2. Халяфиев А.А., Халяфиев Р.А. «Беспилотные грузовые автомобили». [Электронный ресурс]: URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/bespilotnye-gruzovye-avtomobili>, (дата обращения: 22.02.23).
3. Айвазян А.В. Беспилотные технологии в сфере грузового коммерческого транспорта, ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)».
4. А.А. Лотышева, к.т.н.д. А.А. Конорева. «Будущее беспилотных грузовиков в России», ФГБОУ ВО «СиБАДИ», «Сборник материалов V Международной научно-практической конференции».
5. А.А. Тюгашев, А.П. Долгинцев. «Использование логических подходов к интеллектуальному контролю и управлению транспортными средствами»

6. «Молодой ученый. Беспилотный транспорт будущего». [Электронный ресурс]: Официальный сайт. – URL.:<https://moluch.ru/archive/246/56678/>, (дата обращения: 22.02.23).
7. Кузнецова М.В., Веремеенко Е.Г. «Перспективы внедрения беспилотного управления автомобильными перевозками, Донской Государственный технический университет».
8. Т.Е. Мельникова, З.М. Адуллина, И.С. Степанова. «Перспективы развития автономных грузовых автотранспортных средств в России с учетом зарубежного опыта»
9. Халяфиев А.А., Халяфиев Р.А. «Программное обеспечение для беспилотных автомобилей»
10. А.В. Калинин, А.Н. Малая. «Разработка концепции алгоритма управления беспилотного колёсного тягача, движущегося в колонне за направляющим»
11. Зайцева Е.П., д.т.н., с.н.с. Сайкин А.М., Туктакиев Г.С., к.т.н. Журавлев А.В. «Развитие наземных беспилотных транспортных средств, систем помощи водителю и компонентов по данным патентных публикаций» – 10 с.

## References

1. Umutbaev R.R., R.I. Salimov. The algorithm of the intelligent remote start system with the function of autorun of the internal combustion engine of an unmanned truck, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan).
  2. Khalafiev A.A., Khalafiev R.A. "Unmanned trucks". [Electronic resource]: URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/bespilotnye-gruzovye-avtomobili> , (date of application: 02/22.23).
  3. Ayvazyan A.V. Unmanned technologies in the field of commercial cargo transport, FSUE VO "RSEU (RINH)".
  4. A.A. Lotysheva, Candidate of Technical Sciences, D.A.A. Konoreva. "The future of unmanned trucks in Russia", SibADI, "Collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference".
  5. A.A. Tyugashev, A.P. Dolgintsev. "Using logical approaches to intelligent control and management of vehicles"
  6. "Young scientist. Unmanned transport of the future". [Electronic resource]: Official website. – URL.:<https://moluch.ru/archive/246/56678/> /, (accessed: 22.02.23).
  7. Kuznetsova M.V., Veremeenko E.G. "Prospects for the introduction of unmanned control of road transport, Don State Technical University".
  8. Т.Е. Melnikova, Z.M. Adullina, I.S. Stepanova. "Prospects for the development of autonomous cargo vehicles in Russia taking into account foreign experience"
  9. Khalafiev A.A., Khalafiev R.A. "Software for unmanned vehicles"
  10. A.V. Kalinin, A.N. Malaya. "Development of the concept of an algorithm for controlling an unmanned wheeled tractor moving in a column behind a guide"
  11. Zaitseva E.P., Doctor of Technical Sciences, S.N.S. Saikin A.M., Tuktakiev G.S., Candidate of Technical Sciences Zhuravlev A.V. "Development of ground-based unmanned vehicles, driver assistance systems and components according to patent publications" - p.10
-