

УДК 629.113

Д.В. Зезюлин, Д.Ю. Тюгин, А.В. Тумасов, А.М. Грошев, В.В. Беляков, Д.М. Порубов,
В.И. Филатов, П.О. Береснев

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е.Алексеева

Представлены предпосылки и первые шаги в разработке систем беспилотного управления движением транспортного средства коллективом НГТУ им. Р. Е. Алексеева при поддержке инженеров Объединенного инженерного центра Группы ГАЗ и специалистов ПАО «ГАЗ». Данная система разрабатывается для функционирования в сложных дорожно-климатических условиях на территории РФ. Предложен компонентный состав системы беспилотного управления движением транспортного средства, определены месторасположение и зоны действия оборудования. Представлена разработка рулевого управления с электромеханическим усилителем, установленного на электроплатформу.

Ключевые слова: беспилотное транспортное средство, система помощи водителю, электроплатформа, электромеханическое рулевое управление.

Рыночный сектор систем беспилотного управления движением транспортных средств является новым и быстрорастущим как в мире, так и в РФ. В течение многих лет для повышения безопасности дорожного движения проводятся исследования, связанные с разработкой систем помощи водителю. Данные системы обозначаются мировым инженерным сообществом термином ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Крупные автопроизводители ведут разработки в области создания систем беспилотного управления движением (СБУД) ТС на базе систем ADAS. Также разработкой СБУД успешно занимаются IT-компании и производители военной техники, такие как Google [1], Nvidia [2], Tesla[3]; DARPA[4]; Armament Research; Development and Engineering Center; Oshkosh Defense; Lockheed Martin; Mira Autonomous Control Equipment; Ruag Defence; Torc Robotics; Kairos Autonomi; Selex ES; Oto Melara; G-Nius и т.д.

Зарубежный опыт разработки систем беспилотного управления движением транспортных средств

Для оценки работоспособности и повышения уровня конкуренции среди разработчиков систем беспилотного управления движением при поддержке правительства США были организованы соревнования беспилотных транспортных средств (БПТС) – DARPA Grand Challenge [4]. Проведение данных соревнований выявило все недостатки беспилотных транспортных средств и существенно повлияло на развитие беспилотной отрасли. Следует отметить, что большинство команд – участников являлось связкой крупного автопроизводителя, предоставившего ТС, и университета, занимавшегося реализацией беспилотных функций на данном транспортном средстве.

В 2014 г. в США был утвержден первый национальный стандарт в сфере автономных АТС – SAE J3016 «Системы автоматизированного управления движением АТС. Классификация, термины и определения» (SAE J3016 Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems) [5]. Стандарт разрабатывался вновь созданным комитетом On-Road Automated Vehicle Standards Committee и содержит определения, терминологию и классификацию уровней автоматизации дорожных АТС. Рассматриваемый документ является основой для последующей разработки стандартов и определяет будущий язык общения сообщества, занимающегося вопросами автоматизированных и автономных АТС.

В классификации SAE J3016 [5] даны следующие определения уровням автоматизации:

- уровень 0 – без автоматизации;
- уровень 1 – помощь водителю;
- уровень 2 – частичная автоматизация;
- уровень 3 – условная автоматизация.
- уровень 4 – повышенная автоматизация (например Model S фирмы Tesla (Hardware version 2), успешно прошедший тесты автопилота в Калифорнии [3];
- уровень 5 – полная автоматизация (проект по разработке технологии беспилотного движения, начатый компанией Google [1]).

Основное отличие разработок компании Google от остальных разработчиков БПТС в том, что в процессе движения данные, получаемые с ЛИДАРа, верифицируются с трехмерными картами высокого разрешения, записанными ранее. Благодаря этому возможно обнаружение препятствия на пути следования методом сравнения. Поэтому на данном этапе развития технологий автономного вождения автомобиля Google двигаются не по всем дорогам общего пользования, а только по тем, где уже записаны подробные трехмерные карты.

Отечественный опыт разработки беспилотных транспортных средств

В РФ направление разработок систем беспилотного управления движением ТС развивается менее успешно, однако большой задел имеют ряд компаний: Яндекс [6], Cognitive technologies [7], ФГУП НАМИ [8], ПАО «КамАЗ» [9], Avroa robotics [10] и др.

Среди российских разработчиков беспилотных автомобилей одной из наиболее успешных компаний является Яндекс [6]. Цель разработки, как и у компании Uber [11], использовать в будущем беспилотные автомобили в сфере транспортных услуг (пассажирские такси, грузоперевозки и т.д.). К настоящему времени компанией Яндекс разработано два прототипа беспилотных автомобилей на базе Toyota Prius и Kia Soul.

Аппаратная часть состоит из следующих типов сенсоров. Внутри автомобиля располагаются камеры переднего и заднего обзора, по изображению с которых происходит распознавание автомобилей, пешеходов, дорожных знаков и разметки, а также границ проезжей части. На крыше автомобиля установлены три ЛИДАРа: Velodyne HDL-32 и два Velodyne VLP-16. Данные приборы с помощью лазерного излучателя сканируют окружающее пространство. На основе информации об отражениях лучей составляется трёхмерная карта, с помощью которой вычисляются точные расстояния до тех или иных объектов вокруг машины. Машина также оборудована датчиками, определяющими её местоположение, скорость и направление движения. Это приёмники GPS/GLONASS, блок инерциальных измерителей и сенсоры, измеряющие одометрические данные машины, например, скорость вращения отдельных колёс.

Для сокращения разрыва в технологическом развитии систем беспилотного управления движением ТС и развития технологий автоматического управления БПТС, адаптированных к использованию в российских климатических дорожных условиях, в России ежегодно проводятся соревнования БПТС [12].

В настоящий момент масштабным соревнованием на территории РФ является технологический конкурс «Зимняя трасса» от Национальной технологической инициативы [13].

Электроплатформа разрабатываемого беспилотного транспортного средства

В качестве шасси для установки системы беспилотного управления движением транспортного средства была выбрана электроплатформа (рис. 1).

Данный выбор обосновывается рядом преимуществ электротранспорта над традиционными типами ТС. Развитие электротранспорта является общемировым трендом. Практически все крупные автопроизводители ведут разработки в этой области, а передовые страны мира (США, Китай, Япония, Германия, Великобритания) имеют долгосрочные программы

поддержки развития электротранспорта и стимулирования потребителей. В настоящее время ожидается поддержка и со стороны правительства РФ.

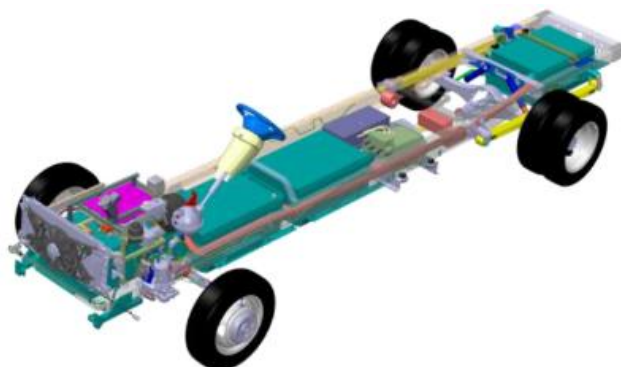


Рис. 3. Внешний вид электроплатформы

Управление электроагрегатами шасси не требует установки актуаторов и приводов в случае механических, гидравлических и пневматических агрегатов, что способствует увеличению безопасности и надежности систем ТС, а также увеличения быстродействия и уменьшения стоимости различных его систем.

Данная электроплатформа – основа электробуса (рис. 2). Использование маршрутного транспорта в качестве объекта, на котором будут применены решения беспилотного функционирования, объясняется рядом причин: заранее определен основной маршрут ТС, возможность передвигаться по выделенным полосам для общественного транспорта, возможность зарядки аккумуляторных батарей в конечных точках маршрута. Указанные причины использования электробуса в качестве объекта беспилотного функционирования актуальны в том случае, когда будет сформирована нормативная и законодательная база по беспилотным ТС в РФ, по которой возможна будет эксплуатация БПТС на дорогах общего пользования.

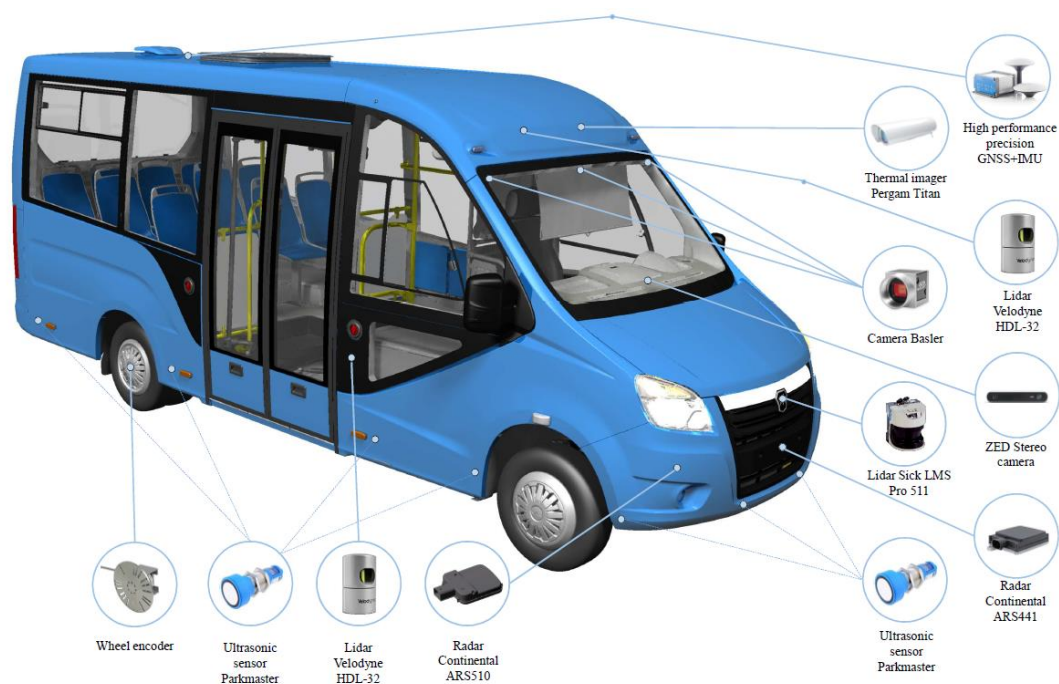


Рис. 2. Внешний вид разработанного электробуса и аппаратная часть системы определения обстановки вокруг ТС

Что касается технологического конкурса «Зимняя трасса», то подготовка БПТС для данного соревнования достаточно сложная и наукоемкая задача. Одна из основных проблем

– большие габариты ТС. Для получения актуальной информации об обстановке, окружающей БПТС, необходимо большое количество сенсоров разнородного типа действия. Высота электробуса также осложняет установку некоторых сенсоров ввиду их ограниченного по вертикали сектора функционирования.

Аппаратная часть системы определения обстановки вокруг ТС представлена на рис. 2 и состоит из нескольких типов сенсоров.

Для обнаружения других объектов движения и препятствий на пути следования, а также построения виртуальной карты маршрута будут использоваться 4 ЛИДАРа Velodyne HDL-32, расположенные по периметру автомобиля. Также в системе будет задействован планарный ЛИДАР Sick LMS Pro 511, установленный на уровне бампера. Данный ЛИДАР имеет более высокую частоту и защиту от воздействия окружающей среды и будет использован для определения препятствий впереди автомобиля на более дальних расстояниях.

Важным аспектом при проектировании СБУД является надежность всей системы управления в целом. Особенно данный вопрос актуален в экстремальных дорожных и климатических условиях.

Для повышения надежности системы обнаружения препятствий на БПТС, помимо лидарной системы, планируется применение системы радаров ближнего и дальнего действия. Подходящими по характеристикам являются радары Continental ARS441 и SRR510. Применение данной системы из нескольких радаров позволит оценивать ситуацию впереди автомобиля, измерять расстояние до препятствий на больших дальностях (до 250 м). На работу радаров меньше влияют погодные условия, цвет объектов и освещенность. Также радары имеют хорошую разрешающую способность по дальности и скорости, мгновенную обработку данных, что особенно важно для высоких скоростей движения. Стоит отметить, что системы с различными типами радаров уже серийно применяются крупными автопроизводителями при разработке ADAS систем.

В ближней зоне (до 3 м) контроль обстановки вокруг БПТС будет осуществляться с помощью системы, состоящей из 16 ультразвуковых датчиков.

Соблюдение правил дорожного движения – обязательное условие эксплуатации БПТС на дорогах общего пользования. Распознавание участников дорожной сцены, в частности, других автомобилей, пешеходов, дорожных знаков, разметки и т.д. осуществляется с помощью системы технического зрения, аппаратной частью которой служат видеокамеры Basler [14]. В системе беспилотного управления движением ТС применены три видеокамеры, полностью охватывающие передний обзор.

Для повышения эффективности, надежности и безопасности работы систем обнаружения препятствий и других участников дорожного движения будет применен тепловизор. Получаемое с него тепловое изображение, после обработки вычислительным комплексом, позволит улучшить распознавание границ дорожного полотна, заранее оценивать приближающиеся повороты и искривления на маршруте. Тепловизор, в отличие от видеокамер, функционирует при засвечивании фарами встречных автомобилей, сквозь дым, пыль, туман и дождь.

Для точного позиционирования БПТС на местности предполагается применить комплексную слабосвязанную навигационную системы, состоящую из высокоточной GNSS навигации и инерциального блока с одометром.

Экспериментальные исследования компонентов СБУД планируемых к установке на электробус

Перед установкой аппаратной части на электробус был реализован и имплементирован функционал системы помощи водителю, направленный на распознавание дорожной сцены, объектов дорожного движения и предупреждения о возможной критической ситуации.

Для работы системы распознавания параметров дорожной сцены и объектов дорожного

движения было предложено использовать стереокамеру ZED [15] с вычислительным модулем Nvidia Jetson TX2. Данное сочетание оборудования должно обеспечить непрерывный сбор данных при движении и построение 3D-модели дорожной сцены, с дальнейшим сохранением и загрузкой в общую базу данных. Система позволяет производить постоянный сбор данных об окружающей обстановке и прорисовывать траекторию движения, что поможет прокладывать наиболее благоприятный маршрут передвижения (рис. 3).

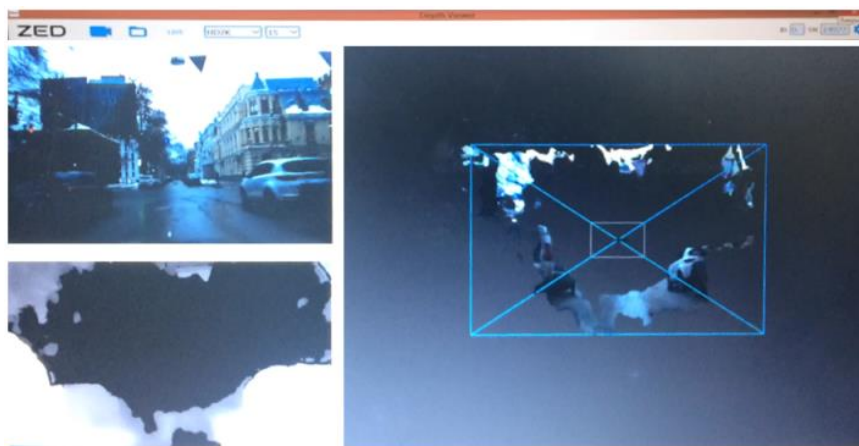


Рис. 3. Построение карты глубины со стереокамерой ZED

Для работы камеры требуется интерфейс USB 3.0, высокопроизводительная видеокарта Nvidia или платформа для разработки от Nvidia Jetson TX 1-й или 2-й серии, а также установленная библиотека Cuda 7.5 (данный драйвер находится в открытом доступе).

По результатам исследований стереокамеры была проведена оценка дальности действия системы. Среднее значение дальности действия составляет 11,65 м, что удовлетворяет поставленным требованиям и позволяет на базе стереокамеры вести построение карт глубины, которые в дальнейшем могут быть использованы в работе.

Параллельно с экспериментальными исследованиями стереокамер проводились работы с ЛИДАРами. Цель – оценка возможности генерации облака точек дорожной сцены и целесообразность дальнейшей локализации БПТС внутри облака точек. В рамках испытаний применялся ЛИДАР Velodyne VLP 16, механизм сканирования которого использует вращающееся зеркало. Если ось вращения зеркала находится почти перпендикулярно к поверхности зеркала, развертка отраженного лазерного луча будет представлять собой эллиптическую кривую. Неоспоримым преимуществом такого подхода является то, что дважды сканируется каждая точка окружающего пространства. Но в то же время такая развертка в несколько раз усложняет обработку самих результатов сканирования, так как, кроме увеличения объема выходных данных, в связи с тем, что точки одной и той же области получены не с одной, а с разных позиций (если рассматривать движущуюся систему), полученное облако точек содержит «шумы».

На рис. 4 показан пример облака точек, полученных с помощью ЛИДАРа Velodyne VLP 16 [16] на участке Нижне-Волжской набережной (г. Нижний Новгород). Вблизи центра изображения различима голубая точка. Она указывает на положение ЛИДАРа в пространстве. Представление данных в пространстве осуществляется объединением двухмерных облаков точек. При вращении модуля массив точек от каждой пары излучатель-детектор образует на ровной поверхности непрерывную окружность.

В приведенном примере ЛИДАР был установлен на крыше автомобиля, поэтому на изображении ниже голубой точки имеется темная область – кузов автомобиля. На изображении видны дорожное ограждение, земля и деревья.

Если на оптическом пути находятся препятствия, не позволяющие получить данные о

том, что находится за ними, на рисунке такие области остаются пустыми. Также возможно крепление ЛИДАРа под углом 90° к вертикальной оси для изменения области обзора.

Рассмотренный ЛИДАР Velodyne VLP 16 относится к классу 1, то есть считается безопасным для глаз. Сенсор находится в водонепроницаемом корпусе, сохраняющем работоспособность при температурах от -10 до $+60$ $^\circ\text{C}$, и оптимален для использования в автомобилях.

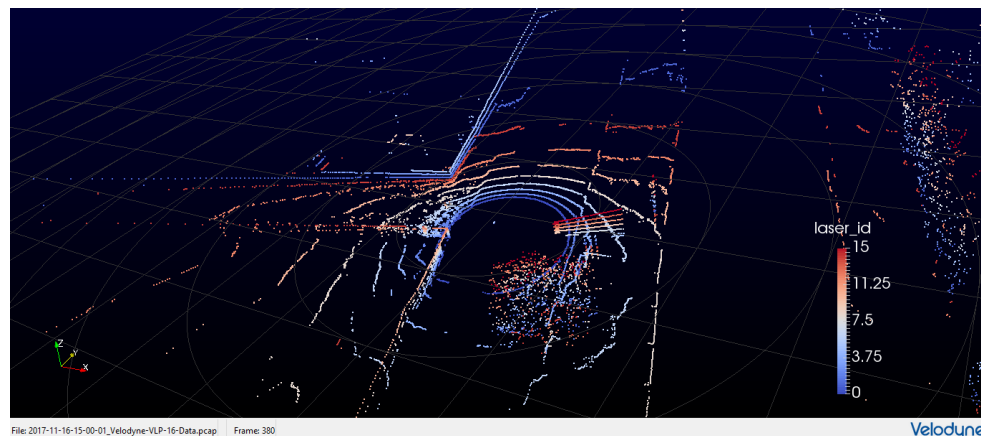


Рис. 4. Облако точек

По результатам исследований ЛИДАРа подтверждена целесообразность использования данного способа локализации ТС в пространстве по границам проезжей части. Качество работы алгоритма составляет 78%. Следует отметить, что проверка способа определения полосы движения является частью локализации автомобиля в пространстве. В дальнейшем при движении беспилотной электроплатформы заранее составленная карта будет сравниваться с получаемой в реальном времени картой, формирующейся также с помощью ЛИДАРОВ. По результатам сравнения будет происходить локализация БПТС в относительной системе координат, где центром является ЛИДАР.

Также проводились экспериментальные исследования системы позиционирования на маршруте, в составе:

- двухантенный ГНСС приемник ОС-203-GSM [17];
- две ГНСС антенны АТ330;
- инерциальный блок Гиrolаб ГЛ-ВГ109.

Система выполнена по отдельной схеме интеграции данных ГНСС приемника и IMU, т.е. они работают независимо друг от друга. Периодически проводится корректировка IMU по данным ГНСС.

Всего после монтажа оборудования на ТС было проведено 10 заездов по маршруту. Выбранный маршрут имитировал городскую среду, состоящую из близкостоящих друг к другу зданий, расположенных вдоль дороги деревьев, металлических сооружений, ферм и труб. Анализ работы навигационной системы производился после заездов и заключался в сравнении координат от ГНСС приемника и блока IMU.

Во время заездов определялась целостность и плавность траектории, качество GSM-связи на всей длине маршрута, возможность интеграции системы позиционирования с бортовым компьютером, необходимость и качество работы инерциального блока. Фрагмент проведения испытаний представлен на рис. 5.

Качество слежения за навигационными спутниками на всем протяжении траектории соответствовало нормальному. Исключение составляли только места пересечения с железными фермами и трубами, которые вызывали смещение траектории на 1-3 с.

Качество сигнала GSM-сети являлось удовлетворительным, однако в начале маршрута были замечены срывы связи (нерегулярные). Следует рекомендовать использование Wi-Fi для передачи корректирующей информации от базовой станции на ТС.

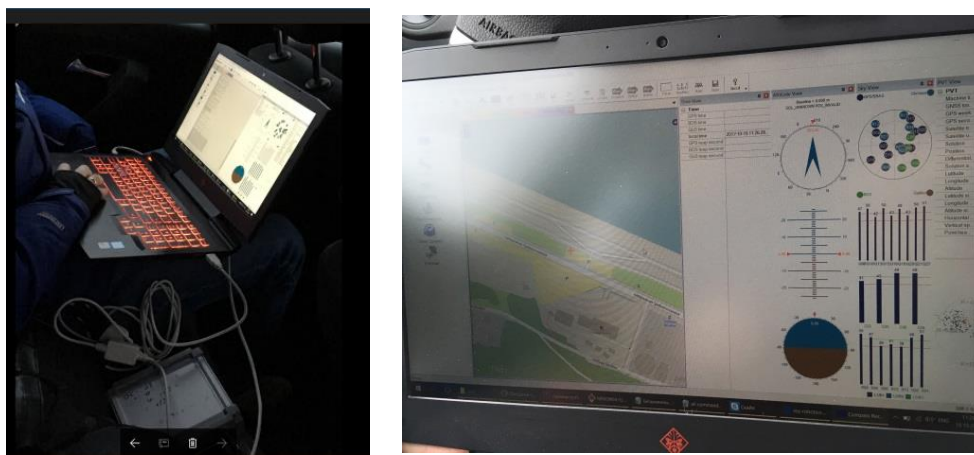


Рис. 5. Работа с навигационным оборудованием во время испытаний

Применение инерциального блока вызвало ухудшение гладкости траектории, однако использование инерциальной системы желательно для предотвращения резких скачков траектории при ухудшении слежения за навигационными спутниками. Расстояние между точками при оптимальной работе составляло порядка 2 м на всем маршруте. Необходимо отметить, что навигационная траектория не может рассматриваться как абсолютно надежный источник информации о позиционировании.

Таким образом, данную навигационную систему можно применять в городских условиях, но без наличия туннелей и прочих длительных разрывов связи со спутниками ГНСС. Для повышения точности позиционирования ТС в пространстве в дальнейшем необходимо обеспечить совместную работу с системами диверсификации для повышения надежности работы системы (техническое зрение, работа с лазерными сканерами и т.д.). Также будет произведена работа над улучшением качества выходной траектории инерциальной системы, запланировано повторное проведение испытаний.

По результатам исследований навигационной системы отклонение траектории движения ИНС от траектории движения ГНСС не превышало 3 м. Минимальное значение отклонения составляет 1,334 м, максимальное – 2,647 м. Широкий интервал между минимальным и максимальным значением возник ввиду того, что была потеряна связь со спутниками ГНСС на длительное время (более 10 с) ввиду помех на участке движения (металлические фермы и трубы) и низкой скорости движения ТС. В дальнейшем требуется произвести улучшение качества выходной траектории ИНС, а также обеспечить совместную работу с системами диверсификации для повышения надежности работы системы.

Техническая реализация беспилотного ТС

Подготовка к установке систем беспилотного управления как электроплатформы в целом, так и отдельных ее узлов и агрегатов является одной из важнейших задач. Некоторые узлы, заимствованные с серийно выпускаемых автомобилей, не подходят для интеграции системы беспилотного управления. Так, в настоящий момент на электроплатформе устанавливается гидравлический усилитель рулевого управления с электрическим гидронасосом. Данное решение осложняет реализацию контроля рулевого управления в беспилотном режиме, приводит к удорожанию конструкции, повышению ее сложности и уменьшению надежности в случае использования дополнительных актуаторов и приводов. В дальнейшем данное конструктивное решение невозможно применить на серийном образце.

Во избежание указанных проблем было принято решение о реализации рулевого механизма с электромеханическим усилителем. Разработка собственного механического узла рейки нецелесообразно ввиду больших финансовых и временных затрат. Для ускорения разработки рулевого управления с электромеханическим усилителем был выбран аналог, свободно распространяющийся на российском рынке, который в полной мере отвечает постав-

ленным в техническом задании требованиям. По техническому заданию Объединенного инженерного центра группы ГАЗ был подобран и реализован рулевой механизм с электромеханическим усилителем. Данное рулевое управление реечного типа с датчиком момента на входном валу, электромотором, расположенным параллельно оси рейки (привод от электромотора на рейку за счет ременной передачи и шарико-винтовой передачи) и блоком управления электромеханическим усилителем соответствует параметрам.

Планируемый переход к системе рулевого управления с возможностью внешнего воздействия и подключения к системам ADAS с функцией автопилота в дальнейшем заключается в использовании для управления поворотом ТС электромеханического рулевого механизма выбранного типа. Данный тип рулевого механизма отвечает требованиям по нагруженности, долговечности и не нарушает углов установки колес. На рис. 6 представлены фотографии поле монтажа электромеханической рейки на штатные места подрамника разрабатываемого в НГТУ беспилотного электробуса с минимальными доработками.

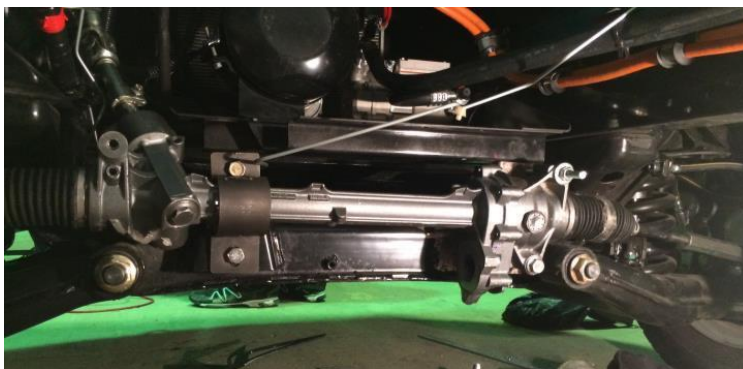


Рис. 6. Электромеханическая рейка, установленная на штатное место в электробус

Контроль рулевого управления будет осуществляться за счет изменения параметров вращения трехфазного синхронного электродвигателя, установленного на рулевой рейке. Управляющие сигналы будут передаваться посредством CAN-шины. Данное решение обеспечивает интеграцию рулевого управления в общую архитектуру CAN-шины автомобиля, быструю реакцию на управляющее воздействие и надежность срабатывания рулевого управления в целом.

Для реализации рулевого механизма на опытный образец БПТС необходимо было решить несколько основных задач:

- выбор и настройка контроллера электродвигателя рулевого механизма, передача управляющих команд через CAN-шину;
- разработка ПО управления электродвигателем;
- компоновка рулевого механизма с электромеханическим усилителем на штатные места автомобиля.

При выборе контроллера для электродвигателя возникли трудности из-за отсутствия продукта, либо характеристики имеющихся не удовлетворяли требованиям. К тому же все технические решения на рынке направлены на компании, ведущие свою деятельность в больших промышленных масштабах.

Выбранный модуль [18] позволяет регулировать положение, скорость и момент электродвигателя. К тому же данный модуль является одновременно и контроллером, с помощью которого возможна прием и передача сообщений в CAN-шину.

Выводы

Разработана структура системы беспилотного управления движением ТС, подобрана аппаратная часть, преодолены барьеры в области технической реализации системы рулевого управления с возможностью внешнего воздействия. Производится разработка конструктор-

ской документации на различные системы СБУД, программного обеспечения и сети передачи данных, объединяющих все подсистемы в единую сеть на бортовой вычислительной системе, подготовка электроплатформы для установки систем беспилотного управления движением. Также были произведены экспериментальные исследования планируемых к установке на электробус компонентов. Результаты исследований подтвердили целесообразность применения выбранных компонентов на БПТС.

На данный момент опытный образец электробуса оборудован электромеханической рейкой рулевого управления с возможностью внешнего управления. Было проведено тестирование системы. После монтажа и отладки технологического оборудования опытный образец БПТС будет протестирован на специализированном полигоне для проверки и отладки всех систем.

Реализация данной системы беспилотного управления движением ТС, а также задел, наработанный в ходе её разработки, позволит не только принять участие в технологическом конкурсе «Зимняя трасса», но и в дальнейшем будет способствовать развитию направления разработки беспилотных автобусов для маршрутов общественного транспорта. Это значительно снизит затраты на транспортировку пассажиров и временные ресурсы, повысит экономическую эффективность, а также минимизирует число дорожно-транспортных происшествий.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта «Создание высокотехнологичного производства безопасных экспортоориентированных автомобилей ГАЗ с элементами автономного управления и возможностью интеграции с электроплатформой на базовых компонентах российского производства» по договору №03.G25.31.0270 от 29.05.2017 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года №218). Экспериментальные исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования НГТУ «Транспортные системы».

Библиографический список

1. Autonomous car development company Waymo [Электронный ресурс] URL: <https://waymo.com>, свободный.
2. The Official NVIDIA Blog [Электронный ресурс] URL: <https://blogs.nvidia.com/>, свободный
3. Tesla motors [Электронный ресурс] URL: <https://www.tesla.com>, свободный.
4. DARPA [Электронный ресурс] URL: <https://www.darpa.mil/>, свободный
5. **Шадрин, С.С.** Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: автореф. дисс. ... д-ра технич. наук. – М., 2017. – 34 с.
6. Yandex Taxi Unveils Self-Driving Car Project [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.com/company/blog/yandex-taxi-unveils-self-driving-car-project/>
7. Cognitive Technology [Электронный ресурс] URL: <https://www.cognitive.ru>
8. ГИЦ РФ ФГУП «НАМИ» [Электронный ресурс] URL: <http://nami.ru/>
9. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» [Электронный ресурс]: URL: <https://kamaz.ru/>
10. Aurora Robotics [Электронный ресурс] URL: <http://aurora-robotics.ru/>
11. Uber Blog [Электронный ресурс] URL: <https://www.uber.com/blog/our-road-to-self-driving-vehicles>
12. Робототехника Инженерно-технические кадры инновационной России [Электронный ресурс] URL: <http://russianrobotics.ru/>
13. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс] URL: <http://www.nti2035.ru/>
14. Basler the power of sight [Электронный ресурс] URL: <https://www.baslerweb.com/ru>
15. STEREO LABS [Электронный ресурс] URL: <https://www.stereolabs.com>
16. Velodyne LiDAR [Электронный ресурс] URL: <http://velodynelidar.com>
17. Orient Systems [Электронный ресурс]: [URL: <http://www.orsyst.ru>

18. HIGH PERFORMANCE MOTOR CONTROL [Электронный ресурс] URL: <https://odriverobotics.com/>

*Дата поступления
в редакцию 14.02.2018*

**D.V. Zeziulin, D.Y. Tyugin, A.V. Tumasov, A.M. Groshev, V.V. Belyakov, D.M. Porubov,
V.I. Filatov, P.O. Beresnev,**

**DEVELOPMENT OF A MOVEMENT CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED
GROUND VEHICLE WITH ELECTRIC DRIVE**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Development of unmanned ground vehicles for moving in difficult weather conditions in the Russian Federation.

Design/methodology/approach: The approach is based on the study of foreign experience in the development of unmanned vehicles. Technological equipment, capable to work in severe climatic conditions of the Russian Federation is studied.

Findings: The component composition of the system was proposed. Experimental studies of systems for detecting objects of the road scene, obstacles on the route and positioning on the route were carried out. It was proposed to use a system of duplication to increase traffic safety in adverse weather conditions.

Research limitations/implications: This study is the starting point for continuing experimental studies of unmanned functions on a vehicle

Originality/value: The implementation of this unmanned vehicle, as well as the backlog gained in the course of its development, will allow not only to participate in the technological competition "Winter Track", but will further promote the development of the field of unmanned buses for public transport routes.

Key words: unmanned ground vehicle, ADAS, electrical platform, electromechanical steering system.