

## **БЕСПИЛОТНАЯ ТЕЛЕЖКА**

студент Сидоренко А. А.,

студент Марач М. С.

*Научный руководитель - канд. техн. наук Шуть В. Н.*

Брестский государственный технический университет

Брест, Беларусь

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека[1-3]. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталости, психическое состояние и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на вождение транспортных средств. Такие системы разрабатываются на основе платформ, конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.

Разработка беспилотных автомобилей началась около 40 лет назад. Так в 1980-ых система автономного управления автомобилем, финансируемая Управлением перспективных исследовательских программ DARPA в Соединенных Штатах была апробирована на дороге для управления автономным транспортным средством на скорости до 30 км/ч [4].

Особое место в развитии беспилотного транспорта занимают так называемые беспилотные тележки. Они уже сейчас используются в складских помещениях, заводских цехах, в некоторых крупных портах для автономного перемещения грузов. Перспектива их применения довольно широка: подвоз комплектующих со склада на сборочный участок, отвоз готовых изделий от металлообрабатывающих станков на промежуточный склад хранения и т.д. Многие передовые страны (Германия, Дания, Япония, Россия) производят их серийно. В РБ они не производятся, и это может быть хорошей продукцией, как для государственного предприятия, так и для частного.

Беспилотная тележка (AGV - Automatic guided vehicle) - транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. Тележка

автоматическая, а это значит, что для ее обслуживания не нужен отдельный оператор - тележки двигаются по заданной траектории в автономном режиме без участия человека.

Беспилотная тележка снабжена всеми необходимыми системами и элементами безопасности, может эксплуатироваться на вредных или опасных производствах, местах скопления людей и других движущихся тележек.

В зависимости от типа, беспилотная тележка работает:

1. буксиром, перевозя другие тележки;
2. перевозчиком, поднимая и перевозя на себе грузы (стеллажи, паллеты и тд).

Основные направления работы:

1. движение по предварительно определенной траектории различной формы, включая развилки
2. поддержание постоянной скорости в случае сопровождения конвейера или других объектов
3. остановки и продолжение движения, как в заранее определенных позициях, так и "по требованию" оператора
4. загрузка и разгрузка перевозимых компонентов
5. беспроводная связь с другими тележками или центральным терминалом для создания сети тележек, движущихся без участия людей
6. картографирование неподвижных препятствий для проезда на минимальном расстоянии
7. распознавание перемещающихся препятствий, ожидание их исчезновения и продолжение работы.

Следуя по маршруту, беспилотная тележка может:

1. останавливаться и снова начинать движение
2. сопровождать конвейер на постоянной скорости
3. выполнять другие запрограммированные действия

В структуру автоматически управляемой тележки входят:

1. блок привода, с 2-мя независимыми электромоторами, обеспечивающий тягу и поворот на маршруте следования
2. блок энергообеспечения, содержащий набор герметичных необслуживаемых аккумуляторов (разрешены для применения в помещениях, где находятся люди, не требуют специальной комнаты для зарядки)

3. блок управления с программируемым контроллером, отвечающий за процесс движения

4. система безопасности и оповещения, включающая в себя свето-звуковую сигнализацию при движении и сертифицированный ультразвуковой дальномер

5. система навигации, позволяющая реализовать движение по заданной траектории

6. пульт управления

Использование этих систем позволяет беспилотной тележке следовать по заданному маршруту, включая развилки и повороты, контролировать препятствия на пути следования, останавливаться при их наличии и продолжать движение при первой возможности.

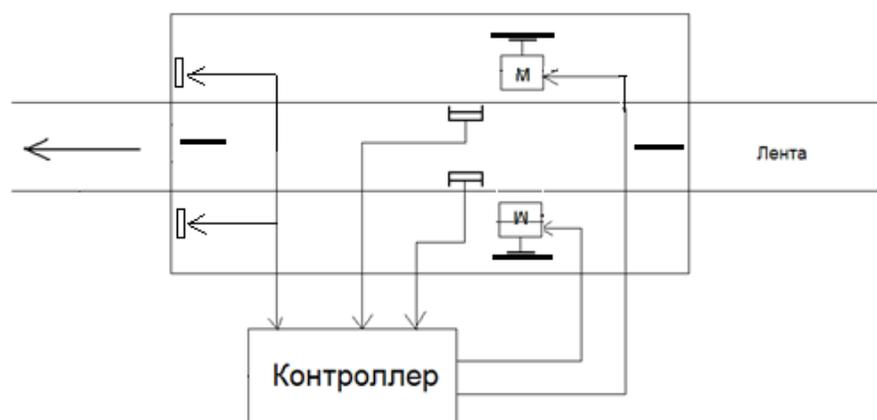


Рисунок 1. Структура беспилотной тележки

Беспилотная тележка имеет четыре колеса: 2 из них ведущие, остальные поддерживающие. Поддерживающие колеса вращаются на 360 градусов, чтобы в случае чего тележка могла развернуться вокруг своей оси и продолжить движение без сторонней помощи. Также тележка имеет три типа датчиков. Индуктивные и инфракрасные датчики, расположенные в самом низу тележки, будут считывать траекторию магнитной ленты или чёрной линии. Датчики, расположенный впереди автоматического транспорта должны предотвращать любое столкновение с препятствием, поэтому применяются ультразвуковые датчики расстояния. Все сигналы, получаемые датчиками, обрабатываются контроллером, который вырабатывает управляющий сигнал для драйверов привода.

Беспилотная тележка следует по предварительно определенной траектории. Старт движения может осуществляться по нажатию кнопки или событию: начало смены, прибытию груза, сигнал оператора.

Три варианта определение маршрута беспилотной тележкой:

1. по металлической ленте - наклеивается на пол, не мешает, легко создавать развилки, остановки и повороты. Дешевый способ, но лента изнашивается механически. При таком режиме работают индуктивные датчики, которые выдают сигнал при наличии магнитного поля.

2. по чёрной линии – рисуется на полу, не мешает, легко создавать развилки, остановки и повороты. Дешёвый способ, но при перестройке маршрута придётся стирать линию. При таком режиме работают ИК-датчики (датчики чёрной линии), которые работают по принципу отражения инфракрасного луча от поверхности пола.

3. комбинированный режим – на пол наклеивается металлическая лента и покрывается чёрным матовым лаком. Более дорогой способ, однако самый надёжный. При этом режиме работают одновременно два типа датчиков.

На панели управления находятся следующие кнопки:

1. кнопка «Питание»
2. кнопка «пуск»
3. переключатели для смены режимов определения маршрута и смены направления движения

Беспилотная тележка получает команды от металлической ленты (чёрной линии), наклеенной на пол. Рассмотрим четыре основные команды: остановка; снижение скорости; поворот направо; поворот налево. Все команды иллюстрированы. Рисунок 2,3,4и 5, соответственно.

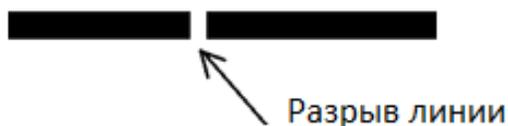


Рисунок 2. Команда для остановки

При кратковременной потере сигнала сразу на обоих датчиках, беспилотная тележка остановится. Для того, чтобы тележка продолжила движение по маршруту, необходимо нажать кнопку «Пуск».



Рисунок 3. Команда на снижение скорости

Для того чтобы тележка снизила скорость на определённом участке маршрута, рядом с основной лентой необходимо сделать метку. При получении сигнала о снижении скорости, включится таймер, и тележка будет двигаться с пониженной скоростью в течение заданного времени. Такая метка ставится перед каждым поворотом.

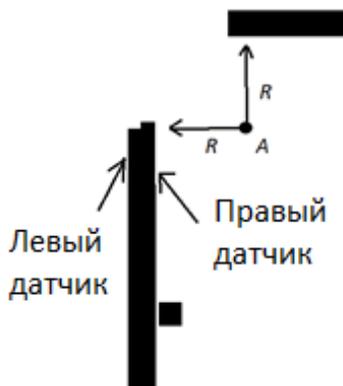


Рисунок 4. Команда для поворота направо

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула направо необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке. В этом случае сперва потеряет сигнал левый датчик, затем правый. Таким образом тележка повернёт направо. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота  $R$  равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка.

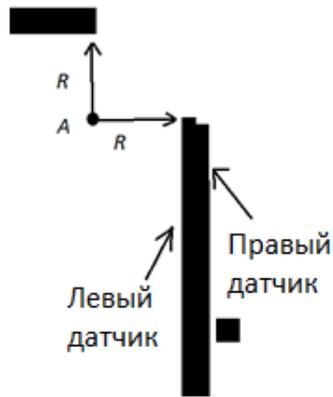


Рисунок. 5. Команда для поворота налево

Для того, чтобы беспилотная тележка повернула налево необходимо наклеить ленту так, как показано на рисунке. В этом случае сперва потеряет сигнал правый датчик, затем левый. Таким образом тележка повернёт налево. Поворот будет осуществляться относительно неподвижного колеса (точка А). Радиус поворота  $R$  равен расстоянию от колеса до датчика. Перед поворотом в обязательном порядке ставится метка. Рассмотрим две дополнительные команды: выезд на общую ленту; съезд с общей ленты.



Рисунок 6. Команда для выезда на общую ленту

На данном примере показан выезд тележки на общую ленту. В этом случае перед развилкой на основной ленте необходимо поставить две метки, чтобы тележка, движущаяся по общей ленте, во время разрыва ленты продолжила движение в прямом направлении. Стрелками указано направление движения.

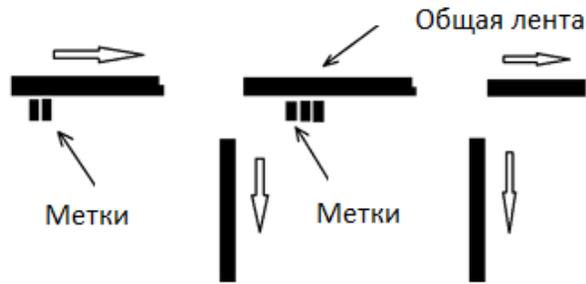


Рисунок 7. Команда для съезда с общей ленты

На данном примере показан съезд тележки с общей ленты. Команда – где именно нужно съехать с общей ленты, задаётся количеством меток перед съездом. Таким образом для каждой тележки можно проложить отдельный маршрут. Стрелками указано направление движения.

В управлении тележки заложен останов в случае обнаружения препятствия. Для этого в бампере тележки с обеих сторон находится по два ультразвуковых датчика. Такой датчик работает по принципу сонара, посылая пучок ультразвука, и получая его отражение с задержкой. Этим устройство управления определяет наличие объектов и расстояние до них. Ультразвуковые сигналы, генерируемые приёмником, отражаясь ото препятствия, возвращаются к нему через определённый промежуток времени. Именно этот временной интервал становится характеристикой, помогающей определить расстояние до объекта.

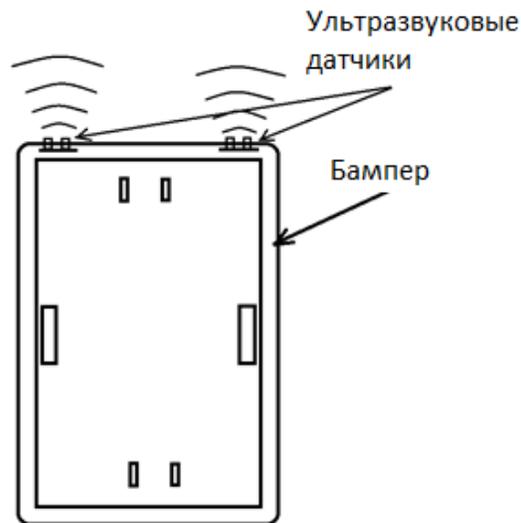


Рисунок 8. Схема тележки с ультразвуковыми датчиками

Таким образом при обнаружении препятствия на расстоянии менее 2 метров, беспилотная тележка снизит скорость. При обнаружении препятствия на расстоянии менее 1,2 метра, тележка остановится. Беспилотная тележка продолжит движение только после исчезновения препятствия. Перед поворотами, когда поступает команда о снижении скорости, тележка остановится только в том случае, если расстояние до препятствия будет менее 0.8 метра, поскольку маршрут тележки может быть проложен таким образом, что необходимо осуществить поворот сразу перед стеной, либо каким-нибудь другим препятствием.

### *Литература*

1. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52-60.

2. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Сб. научн. трудов по мат. междунар. заочной научно-практич конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», Воронеж, 2016 г. – Воронеж : «ВГЛТУ», 2016, т. 4, № 5, ч. 3 – с. 336-341.

3. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы». Брест, Беларусь, 25-28 мая 2016 г. – Брест : «БрГТУ», 2016 – с. 49-54.

4. Шуть В.Н., Персия Лука. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В.Н.Шуть, Л.Персия -Брест: Издательство УО «БрГТУ», 2017.-230с.- ISBN 978-985-6744-41-2.