

УДК 629.782.519.711

## РОБОТИЗАЦИЯ НАНЕСЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ

© 2011 Е.В. Поезжаева, В.С. Юшков

Пермский государственный технический университет

Поступила в редакцию 17.03.2011

В данной статье рассматривается робототехнический комплекс предназначенный для нанесения горизонтальной дорожной разметки с целью повышения безопасности дорожного движения. Представлена схема системы управления данным комплексом и приведен расчет погрешности положения. Рассмотрена возможная оснащённость комплекса и возможность его эксплуатации.

Ключевые слова: *автомобильная дорога, горизонтальная дорожная разметка, система управления, манипулятор*

Помимо машиностроения и приборостроения средства робототехники все более широкое применение получают в угольной и горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, строительстве автомобильных дорог и на транспорте. Важность развития робототехники в этих областях очевидна уже из того факта, что здесь используется большая часть трудовых ресурсов страны, а степень автоматизации ниже, чем в машиностроении. Подобные робототехнические комплексы должны быть мобильными, снабжаться, как правило, развитой системой оцувствления, включая техническое зрение, несколькими манипуляторами [1]. В данной статье предложено применять для нанесения горизонтальной дорожной разметки в виде «виброполосы» робототехнический комплекс.

Среди технических средств организации дорожного движения разметка дороги занимает особое место. Основными отличиями и, по сути, преимуществами именно дорожной разметки над дорожными знаками, светофорами, направляющими устройствами являются следующие [2]:

- дорожная разметка практически постоянно находится в поле зрения водителей, это позволяет воспринимать информацию и реагировать на неё.

- дорожная разметка позволяет с высокой точностью обозначить границы допустимого или запрещенного манёвра, действия, как водителей, так и самих пешеходов.

В нашей стране расстояния между городами огромны, и многим водителям, в особенности дальнбойщикам, часто приходится

совершать длительные переезды, водители большегрузного транспорта, как и «перегонщики» легковых автомобилей из Европы, стремятся скорее доехать до пункта назначения и часто управляют автомобилями в экстремальном состоянии. Для предотвращения съезда автомобиля с дороги нами разрабатываются методы снижения аварийности на дорогах с помощью устройства разметки.

Одним из способов снижения аварийности дорожного движения является применение виброполосы сплошной продольной разметки. Метод заключается в устройстве выемок глубиной до 10 мм, при ширине до 15 см и длине до 35 см вдоль дороги. Также предусматривается покраска такой виброполосы. Данный размер выемок был получен экспериментально и является наиболее подходящим для снижения аварийности на автомобильных дорогах. Для нанесения «виброполос» используется роботизированный комплекс, который имеет вибромеханизмы. Как только колесо грузовой или легковой машины, даже частично попадает на такую полосу, в салоне раздается резкий неприятный звук, похожий на звук, издаваемый стиральной доской, когда по ней проводят деревянной палочкой. Главная задача «виброполос» – разбудить засыпающих водителей или привлечь внимание отвлекшихся. В зимних условиях такие полосы должны ощущаться даже через снег и лед. При нанесении виброполосы необходимо использовать краску, что повысит видимость разметки с проезжей части.

Беспилотные машины впервые в истории доказали, что способны не просто работать в реальной обстановке (на местности), но самостоятельно преодолевать весьма протяженные маршруты. Автомобили должны были преодолеть сложный городской маршрут: проехать

*Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор. E-mail: vova\_84\_07@mail.ru  
Юшков Владимир Сергеевич, аспирант*

много перекрестков (разных типов) и поворотов, большие и маленькие улицы, захватить на парковку и выехать из нее, выполнить большое количество прочих маневров. Система управления должна обеспечивать управление движением и работой беспилотной машины, а также адаптивное управление ходовой частью и энергетической установкой с учетом взаимодействия транспортной системы с окружающей средой.

Система управления включает в себя информационно-управляющую часть (аппаратуру управления, датчики, система технического зрения и микропроцессоры предварительной обработки информации), расположенную на робототехническом комплексе; пост оператора включает в себя: пульт управления, видеопросмотровые устройства, ЭВМ для обработки информации и комплект приемо-передающей аппаратуры, обеспечивающей передачу информации от робототехнического комплекса на пост оператора и управляющих команд от поста оператора на комплекс. Система управления движением должна также обеспечивать планирование движения в недетерминирован-

ных условиях на основе картографической базы с учетом непрерывно поступающей информации в систему управления от технических органов чувств и навигационной системы.

Беспилотная машина для нанесения горизонтальной виброполосы дорожной разметки должна работать в автономном режиме. Сложность системы управления определяется сложностью решаемой задачи, степенью неопределенности внешней среды и требуемой степенью автономности работы. На рис. 1 представлена схема управления данным робототехническим комплексом.

Машина нанесения виброполосы должна содержать в своем составе:

- спутниковую навигационную систему (ГЛОНАСС/GPS);
- устройства радиолинии видовой и телеметрической информации;
- устройства командно-навигационной радиолинии;
- устройство обмена командной информацией;
- устройство информационного обмена;
- устройство хранения видовой информации.



Рис. 1. Функциональная схема управления робототехническим комплексом

Современные телевизионные камеры обеспечивают представление оператору в реальном времени картины наблюдаемой местности в формате наиболее близком к характеристикам зрительного аппарата человека, что позволяет ему свободно ориентироваться на местности и при необходимости выполнять процесс нанесения виброполосы. Устройство информационного обмена обеспечивает распределение видовой информации между бортовыми источниками видовой информации, передатчиком радиолинии видовой информации и бортовым устройством хранения видовой информации. Данное устройство также обеспечивает информационный обмен между всеми функциональными устройствами. Спутниковая навигационная система обеспечивает привязку координат беспилотной машины и наблюдаемых объектов по сигналам глобальной спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС (GPS). Спутниковая навигационная система состоит из одного или двух приемников с антенными системами.

В настоящее время потребителей робототехнических комплексов интересует не то, каким образом достигается повышение точности робота, а каковы количественные оценки точности робота в целом, в частности оценки погрешностей позиционирования (рис. 2). Погрешность положения оценивается следующими параметрами [3, 4]:

- средними значениями отклонений координат характерной точки конечного звена:

$$x_0-x, y_0-y, z_0-z,$$

где  $x_0, y_0, z_0$  – значения координат точки в неподвижной системе OXYZ, заданные программой;  $x, y, z$  – средние значения координат характерной точки в  $n$  реализациях программы выхода в заданную точку.

$$x = \sum_1^n x_j/n; \quad y = \sum_1^n y_j/n; \quad z = \sum_1^n z_j/n,$$

где  $x_j, y_j, z_j$  – соответствующие значения координат в  $j$ -ой реализации.

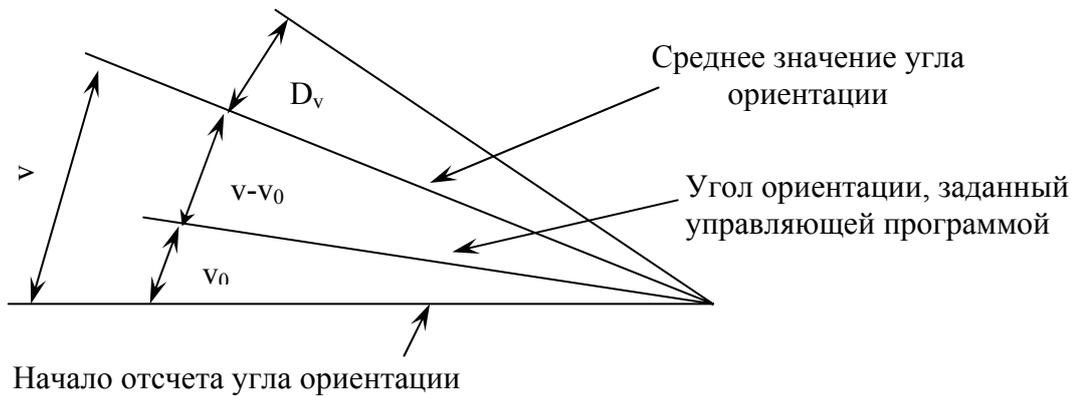


Рис. 2. Погрешность ориентации робототехнического комплекса

- значением радиуса:

$$R_0 - R = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2 + (z_0 - z)^2};$$

- средними значениями углов ориентации:

$$v_0 - v, \psi_0 - \psi, \varphi_0 - \varphi,$$

где  $v_0, \psi_0, \varphi_0$  – значения углов Эйлера в положении конечного звена, заданном управляющей программой;  $v, \psi, \varphi$  – средние значения углов ориентации.

$$v = \sum_1^n v_j/n; \quad \psi = \sum_1^n \psi_j/n; \quad \varphi = \sum_1^n \varphi_j/n;$$

где  $v_j, \psi_j, \varphi_j$  – значения углов ориентации при  $j$ -ой реализации программной позиции.

Повторяемость положения и ориентации робототехнического комплекса определяется величинами  $D + 3SD$ .

$$D = \sum_1^n D_j/n; \quad SD = \sqrt{\sum_1^n (D_j - D)^2 / (n - 1)},$$

$$D_j = \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2 + (z_j - z)^2},$$

$$Dv = 3\sqrt{\sum_1^n (v_j - v)^2 / (n - 1)},$$

$$D\psi = 3\sqrt{\sum_1^n (\psi_j - \psi)^2 / (n - 1)},$$

$$D\varphi = 3\sqrt{\sum_1^n (\varphi_j - \varphi)^2 / (n - 1)},$$

где  $Dv, D\psi, D\varphi, D$  – среднее значение радиуса отклонений характерной точки от среднего положения;  $SD$  – среднее квадратическое отклонение этого радиуса;  $Dv, D\psi, D\varphi$  – дисперсии углов ориентации.

Круг материалов, технологий, а также новых методов нанесения дорожной разметки с целью повышения безопасности дорожного движения постоянно расширяются. Выбор оптимальных решений является сложной задачей, требующей учета как технических, так и экономических факторов. Анализ результатов применения различных материалов и технологий

становится все более важным с точки зрения продления срока службы дорожной разметки, повышения ее эффективности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Зенкевич, С.Л.* Управление роботами / *С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко.* – М.: Изд. МГОУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 380 с.
2. Гост Р 51256 – 99. Дорожная разметка и ее характеристики.
3. *Корендяев, А.И.* Теоретические основы робототехники: в 2 кн./ *А.И. Корендяев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес;* отв. ред. *С.М. Каплунов.* – М.: Наука, 2006. Кн. 1. 383 с.; Кн. 2. 376 с.
4. *Поезжаева, Е.В.* Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. Изд. ПГТУ 2009. 163 с.

## ROBOTS FOR DRAWING THE ROAD HORIZONTAL MARKING

© 2011 E.V. Poezhaeva, V.S. Yushkov

Perm State Technical University

In given article the robotics complex intended drawing the horizontal road marking for purpose of increase traffic safety is considered. The control system scheme is presented by the given complex and calculation of position error is resulted. Possible equipment of complex and possibility of its operation is considered.

Key words: *highway, horizontal road marking, control system, manipulator*