

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 13787

(13) U

(45) 2025.08.20

(51) МПК

G 01C 21/04 (2006.01)

G 05B 19/00 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПРИ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПО ПЛИТОЧНОМУ ПОЛУ В ЗАДАННОМ ПОМЕЩЕНИИ

(21) Номер заявки: u 20250029

(22) 2025.02.10

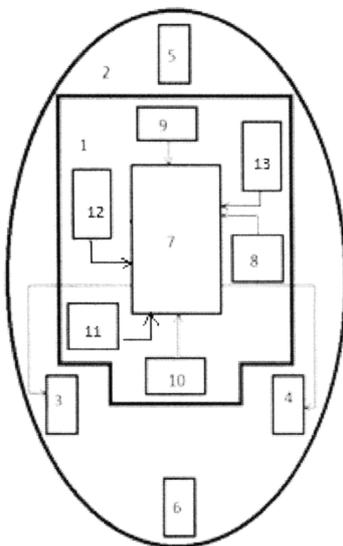
(71) Заявитель: Учреждение образования
"Брестский государственный тех-
нический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Василюк Евгений Викто-
рович; Шуть Василий Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Брестский государственный
технический университет" (ВУ)

(57)

Устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении в помещении с декартовой системой координат, образованной межплиточными швами горизонтальной поверхности помещения, содержащее эллиптическую платформу, независимо управляемые колеса-электромоторы, контроллер, выходы которого подключены к колесам-электромоторам, а его входы соединены с выходами ультразвуковых датчиков, блок ввода в контроллер координат начальной и конечной точек маршрута, оптоэлектрический датчик, выход которого подключен к входу контроллера и расположен на малой оси эллипса тележки на расстоянии, равном или большем, чем 1,5 длины стороны квадратной плитки, от центра эллипса, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит два оптоэлектрических датчика, симметрично расположенных относительно большой оси эллипса тележки ближе к ее носовой части и подключенных к входам контроллера.



Фиг. 4

ВУ 13787 U 2025.08.20

(56)

1. BY 12995.

2. BY 13516 (прототип).

Полезная модель относится к робототехнике, а именно к устройствам навигации и определения местоположения тележки мобильного робота в плоских декартовых координатах "координатная сетка" при перемещении мобильного робота по плиточному полу в заданном помещении.

В современной робототехнике одной из актуальных задач является задача разработки способов и устройств автономной "интеллектуальной" навигации роботов. При автономном передвижении робот должен уметь определять свое местоположение на карте местности с заданной точностью и осуществлять управление своим движением без участия человека. Поэтому актуальной является разработка специализированных "умных" устройств и программных средств, осуществляющих навигацию мобильных роботов.

Чтобы осуществлять такую навигацию, роботу необходимо иметь указание цели движения, некий алгоритм осуществления движений, карту местности, очерчивающую возможные пути передвижения, а также устройство, способное определять ориентацию робота и его текущее местоположение на карте помещения. В общем случае такая задача сегодня полностью не решена, и единого универсального способа и устройства для ориентации и навигации мобильного робота в любом возможном пространстве перемещений пока не создано.

Данное техническое решение предназначено для решения одного из частных случаев этой общей задачи - случая перемещения мобильного робота в помещениях, пол которых выложен белыми плитками, швы которых обработаны фугой определенного цвета, при наличии динамически перемещающихся других объектов (людей, механизмов). Такая задача возникает в производственных цехах, складах и т. д., где мобильные роботы заняты перевозкой грузов.

Сегодня известно много способов и устройств для автономной ориентации и навигации мобильных роботов и робототехнических автоматизированных систем (автокаров, автомобилей и т. п.) в пространстве.

Наиболее близким по своим эксплуатационным характеристикам к заявляемому техническому решению является устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении, изложенное в описании полезной модели к патенту [1]. Устройство содержит эллиптическую платформу, независимо управляемые колеса-электромоторы, контроллер, выходы которого подключены к колесам-электромоторам, а его входы соединены с выходами ультразвуковых датчиков, блок ввода в компьютер координат начальной и конечной точек маршрута, оптоэлектрический датчик, выход которого подключен к входу контроллера, расположенный на малой оси эллипса тележки на расстоянии, равном или большем, чем 1,5 длины стороны квадратной плитки пола помещения от центра эллипса.

Недостатком данного устройства является то, что тележка мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности плиточного пола, образующего декартову систему координат, со временем теряет необходимую ориентацию в пространстве. Последнее связано с накоплением погрешности при движении робота. Малая ось эллипса платформы при прямолинейном движении должна быть параллельна стороне плитки (аналогично большая ось эллипса всегда перпендикулярна стороне плитки по вектору направления движения). Из-за неточности колес, проскальзывания колес относительно пола, неточности при поворотах тележки на 90° вокруг центра эллипса платформы накоп-

ливается ошибка. Малая ось эллипса становится непараллельна стороне плитки, и со временем робот может потерять реальное свое положение в помещении.

Известно устройство для ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении (прототип), изложенное в описании полезной модели к патенту [2]. Устройство содержит эллиптическую платформу, независимо управляемые колеса-электромоторы, контроллер, выходы которого подключены к колесам-электромоторам, а его входы соединены с выходами ультразвуковых датчиков, блок ввода в компьютер координат начальной и конечной точек маршрута, два оптоэлектрических датчика, выходы которых подключены к входу контроллера, симметрично расположенные относительно центра эллипса на малой оси эллипса тележки на расстоянии, равном или большем, чем 1,5 длины стороны квадратной плитки пола помещения от центра эллипса.

В данном устройстве устранен недостаток устройства аналога [1], т. е. при движении тележки и прохождении одного ряда плиток в данном устройстве каждый раз выполняется коррекция ошибки, связанная с движением и несимметричностью колес, проскальзыванием их и т. д.

Тем не менее данное устройство имеет существенный недостаток, состоящий в том, что тележка мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности плиточного пола, образующего декартову систему координат, все равно со временем смещается относительно траектории движения. Последнее связано с накоплением ошибки коррекции при движении робота. Центр эллипса платформы при прямолинейном движении должен двигаться параллельно межплиточному шву (аналогично большая ось эллипса всегда должна быть перпендикулярна стороне плитки по вектору направления движения).

При устранении ошибки движения (коррекция) возникает второй тип ошибки, сопровождающий коррекцию. В результате за один шаг коррекции центр эллипса смещается относительно заданной траектории. Механизм возникновения ошибки коррекции будет описан ниже. Таким образом, функционирование устройства сопровождается двумя типами ошибок (ошибка движения и ошибка коррекции). Первый тип ошибок (ошибка движения) устраняет устройство-прототип [2]. Ошибку коррекции устраняет данное устройство.

Задача данного технического решения направлена на устранение вышеуказанного недостатка. Авторами предлагается недорогое, безопасное решение для устранения нарастающей погрешности положения тележки мобильного робота при его перемещении в заданном помещении по горизонтальной поверхности и не требующее напольного покрытия в виде черно-белых плиток.

Поставленная задача решается следующим образом. В устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота для его перемещения в помещении с декартовой системой координат, образованной квадратными плитками горизонтальной поверхности помещения, по патенту [2], содержащее эллиптическую платформу, независимо управляемые колеса-электромоторы, контроллер, выходы которого подключены к колесам-электромоторам, а его входы соединены с выходами ультразвуковых датчиков, блок ввода в контроллер координат начальной и конечной точек маршрута, оптоэлектрический датчик, выход которого подключен к входу контроллера и расположен на малой оси эллипса тележки на расстоянии, равном или большем, чем 1,5 длины стороны квадратной плитки, от центра эллипса, дополнительно введены два оптоэлектрических датчика, симметрично расположенные относительно большой оси эллипса тележки ближе к ее носовой части.

Полезная модель показана на фигурах.

На фиг. 1 - смещение Δ_1 центра платформы из-за ошибки (погрешности) движения.

На фиг. 2 - смещение Δ_2 центра платформы из-за ошибки коррекции движения.

На фиг. 3 - суммарное (полное) смещение Δ центра платформы из-за обеих ошибок (погрешности движения и погрешности коррекции).

На фиг. 4 - предлагаемое устройство, расположенное на эллиптической платформе тележки мобильного робота.

На фиг. 5 - проекция платформы тележки мобильного робота на пол помещения.

На фиг. 6 - маршрут движения мобильного робота от точки А до точки В.

На фиг. 7 - маршрут движения мобильного робота от точки А до точки В при наличии в помещении оборудования.

На фиг. 8 - траектория движения оптоэлектрического датчика относительно центра платформы при правом повороте мобильного робота.

На фиг. 9 - траектория движения оптоэлектрического датчика относительно центра платформы при левом повороте мобильного робота.

На фиг. 10 - параметры места установки оптоэлектрического датчика.

На фиг. 11 - пояснения к принципу работы оптоэлектрического датчика.

Предлагаемое устройство 1, размещаемое на эллиптической платформе тележки 2 мобильного робота с левым колесом-электромотором 3 и правым колесом-электромотором 4, а также двумя пассивными поддерживающими колесами 5 и 6, расположенными в фокусах эллипса, содержит контроллер 7 с блоком ввода информации 8, ультразвуковые датчики 9 и 10, выходы которых подключены к входу контроллера 7, еще два входа которого подключены к оптоэлектрическим датчикам 11, 12 и 13 (фиг. 5). Выходы контроллера 7 соединены с левым колесом-электромотором 3 и правым колесом-электромотором 4.

Пол помещения выстлан плитками, а швы покрыты фугой черного цвета. Геометрическая карта-план помещения содержится в блоке памяти контроллера и представляет собой сетку декартовых координат X_1 , X_2 , по которым движется мобильный робот. Плитка квадратная. Робот выполняет движение по ортогональной сетке как вертикально, так и горизонтально. В связи с этим повороты робот осуществляет только под прямым углом, как показано на фиг. 6.

В прототипе из-за несимметричности изготовления колес, проскальзывания колес относительно пола, нестабильности электрических параметров колес-электромоторов и т. д. возможны ситуации отклонения тележки мобильного робота от прямолинейного движения как по вертикали, так и по горизонтали. Отклонение может быть как вправо, так и влево. Причем незначительные отклонения при переходе от одного ряда плиток к другому накапливаются и через некоторое время могут составить значительную величину. Тележка 2 мобильного робота со временем будет находиться совсем не там, где она отражена в памяти контроллера 7.

Это связано с накоплением ошибки при движении робота (фиг. 1). Центр эллипса платформы O_1 при прямолинейном движении должен двигаться параллельно межплиточному шву. Большая ось эллипса всегда должна быть перпендикулярна стороне плитки по вектору направления движения, а малая ось параллельна стороне плитки. Из-за ошибки движения, возникающей в результате проскальзывания колес относительно пола, неточности при поворотах тележки 2 мобильного робота на 90° вокруг центра эллипса платформы, образуется смещение Δ_1 (фиг. 1), которое обозначим как ошибку движения. На фиг. 1 левое колесо-электромотор 3 быстрее правого, и поэтому оно быстрее достигло горизонтали шва, из-за чего малая ось стала негоризонтальна стороне плитки. В результате ошибки движения Δ_1 малая ось эллипса становится непараллельна стороне плитки, как показано на фиг. 1.

Для устранения негоризонтальности используется операция коррекции (левое колесо заторможено, а правое движется (фиг. 2)). В результате операции коррекции малая ось эллипса совпадает со стороной плитки. Но операция коррекции сопровождается новой ошибкой - ошибкой коррекции Δ_2 .

В итоге за один шаг движения тележки между горизонталями на одну плитку образуется суммарная ошибка $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$ (фиг. 3). Учитывая, что $\Delta_1 = \Delta_2$, получаем суммарную

ошибку $\Delta = 2\Delta_1$ за один шаг движения тележки. Ошибка состоит в смещении центра тележки 2 мобильного робота вправо на величину Δ .

Для устранения этого недостатка в устройстве-прототип дополнительно введено два оптоэлектрических датчика, симметрично расположенных относительно большей оси эллипса тележки ближе к фокусу эллипса (к носовой части тележки).

Коррекция движения осуществляется следующим образом. При движении центра тележки 2 мобильного робота по вертикали $x_1 = 4$ (фиг. 5) к точке В(4,15) центр тележки последовательно проходит горизонтальные ряды плиток. Возможна ситуация, когда тележка 2 мобильного робота начнет отклоняться от заданной траектории движения вправо. Тогда левый оптоэлектрический датчик 12 первым достигнет вертикали $x_1 = 4$, нежели правый датчик 13. То есть с оптоэлектрического датчика 12 пришла смена сигнала 0(1), а с датчика 13 нет. Тогда контроллер 7 отключает левое колесо-электромотор 3, в то время как правое колесо-электромотор 4 продолжает работать и дотягивает тележку 2 мобильного робота до требуемого положения, когда с оптоэлектрического датчика 12 придет смена сигнала 1(0). Далее вновь включается левое колесо-электромотор 3, и выровненная тележка 2 мобильного робота продолжает движение по вертикали через следующий ряд горизонтальных плиток.

Принцип работы оптоэлектрического датчика приведен на фиг. 11. Когда свет от инфракрасного датчика падает и отражается от светлой поверхности, то на выходе появляется единичный сигнал, в противном случае (темная поверхность) сигнал нулевой.

Таким образом, при прохождении тележки 2 мобильного робота каждого ряда горизонтальных плиток происходит коррекция положения тележки. Поэтому в предлагаемом устройстве отклонения тележки 2 мобильного робота от заданной траектории быть не может. В то время как в устройстве-прототипе это возможно за счет постепенного накопления ошибки движения и ошибки коррекции.

Аналогичным образом выполняется коррекция положения тележки 2 мобильного робота при левом ее смещении. То есть в этом случае правый оптоэлектрический датчик 13 первым достигает вертикали $x_1 = 4$, в то время как левый оптоэлектрический датчик 12 ее не достиг. С правого оптоэлектрического датчика 13 в контроллер 7 поступает сигнал смены цвета со светлого на темный 0(1). Подача напряжения на правое колесо-электромотор 4 прекращается, а левое колесо-электромотор 3 работает до момента, когда с правого оптоэлектрического датчика 13 не поступит смена сигнала 1(0). Тележка 2 мобильного робота выровнена.

Центр платформы робота совпадает с центром эллипса, на малой полуоси которого слева, в отдалении в 1,5 стороны плитки, расположен оптоэлектрический датчик 11. Также на этой полуоси расположены колеса-электромоторы 3 и 4 (фиг. 5). Проекция на пол оптоэлектрического датчика 11 в режиме остановки робота располагается на ортогонали (горизонтальной либо вертикальной). Центр эллиптической платформы (центр эллипса) совпадает с точкой пересечения горизонтальных и вертикальных ортогоналей пола помещения при остановке движения робота. Таким образом, траектория движения робота - это движение его центра дискретно точкам пересечения ортогоналей пола, образованных межплиточными швами.

Роботу из точки А(2,3) с координатами (x_1, x_2) надо перевезти груз в точку В(7,13) и снова вернуться в точку А за новой партией груза (фиг. 6). Для этого он вначале движется из точки А вертикально до промежуточной точки С(2,13), где делает правый поворот, после чего, двигаясь по горизонтали, достигает пункта назначения В(7,13).

Рассмотрим работу устройства. Оператор через блок 8 ввода информации вносит в память контроллера координаты отправления робота, точку А(2,3), и координаты пункта назначения, точку В(7,13). Координаты точки поворота робота С(2,13) и направление поворота (левый, правый) контроллер вычислит самостоятельно из следующих условий: $x_{1C} = x_{1A}$, $x_{2C} = x_{2B}$. Эта операция, выполняемая контроллером 7, называется прокладкой

маршрута. Маршрут может быть построен и по другому варианту. Например, в точке А(2,3) робот разворачивается и движется по горизонтали до точки D (7,3). В точке D он снова делает поворот и затем по вертикали достигает пункта назначения, точки В. Это два равноценных рабочих маршрута, которые могут быть проложены и использоваться мобильным роботом для перевозки груза из точки А в точку В и наоборот.

Маршруты равноценны в плане того, что в каждом из них использован только один поворот. Минимизация числа поворотов важна, так как при повороте скорость передвижения снижается. Робот имеет равноценную переднюю и заднюю часть и по маршруту может двигаться из крайних точек без разворота. Колеса-электромоторы 3 и 4 реверсны, а в передней и задней части робота установлены ультразвуковые датчики 9 и 10. При появлении перед роботом неожиданного препятствия, не предусмотренного в карте помещения (хранится в памяти контроллера), робот останавливается и продолжает движение только после исчезновения неожиданного препятствия.

Рассмотрим вариант прокладки маршрута при наличии в помещении оборудования (фиг. 7). Контроллер 7 начинает первую прокладку вертикально вверх. Пройдя точку D и переходя к следующему шагу (точка С), программа контроллера 7 обнаруживает, что точка С занята. Тогда программа возвращается назад в точку D и делает правый поворот, двигаясь в направлении которого, доходит до точки E, в которой делается левый поворот, после которого, двигаясь вертикально вверх, будет достигнут искомый пункт назначения В. Этим построен маршрут I (фиг. 7), в котором использовано два поворота.

Затем контроллер 7 начинает построение альтернативных маршрутов из точки А. Двигаясь горизонтально в точке F, он делает левый поворот, после которого, двигаясь по ординате вверх, достигает пункта назначения, точки В. Это альтернативный маршрут II, в котором всего один поворот и который рекомендован контроллером 7 к реализации. К оптимальным маршрутам относятся одноповоротные маршруты либо нулевые, когда пункт отправления груза, точка А, расположен на одной вертикали или горизонтали с конечным пунктом приема груза, точкой В.

Рассмотрим вопрос идентификации роботом своего положения в помещении при движении. Для этого в устройстве имеются оптоэлектрические датчики 11, 12, 13 (фиг. 4). Принцип работы датчика поясняется фиг. 11. Инфракрасный светодиод излучает свет. Если он попадает на светлую поверхность, то он отражается и попадает на фотодиод. Выход такого фотодиода соответствует логической единице. В случае попадания на темную поверхность на выходе фотодиода будет ноль. Сигналы с фотодиода поступают на обработку в контроллер 7. При движении робота по плиточной поверхности в компьютер постоянно поступают обновляющиеся сигналы в форме логической 1 и 0.

В исходном положении центр платформы робота располагается на пересечении ортогоналей $x_1 = 4$ и $x_2 = 6$, а оптоэлектрический датчик 11 расположен слева на расстоянии в 1,5 стороны плитки от продольной оси платформы или большой полуоси эллипса (фиг. 5). На фиг. 3 датчик расположен на горизонтали пола с координатой $x_2 = 6$. При начале движения робота вдоль вертикали (движение вверх) оптоэлектрический датчик 11 скользит вначале над межплиточным швом, и, следовательно, с его выхода в контроллер поступает логический ноль; затем над светлой плиткой, и с его выхода в контроллер 7 поступает логическая единица. Как только робот пересечет каждую следующую горизонталь, сигнал с датчика поменяется с 0 на 1. Каждый раз смена сигнала информирует контроллер, что робот прошел один ряд плиток. Это отображается контроллером 7 на карте помещения, хранящейся в памяти контроллера.

Карта помещения имеет две составляющие: статическую и динамическую. Статическая часть отображает размер, геометрическую конфигурацию и пол помещения в декартовых координатах в условных единицах "одна плитка" (фиг. 5). Также статическая составляющая карты отображает места расположения машин, оборудования и т. д., если

это производственный цех (фиг. 7), либо стеллажи для продукции в случае склада. Она заложена в память контроллера и отличается высокой степенью постоянства.

Динамическая составляющая, наоборот, постоянно меняется, так как она отображает движение и положение робота в пространстве цеха, склада и т. д. Контроллеру 7 всегда известно, где находится робот. Так, в исходном положении он расположен на позиции А(2,3) (фиг. 6). Ему необходимо доставить груз на позицию В(7,13) через точку С(2,13), ранее определенную для поворота. Для этого контроллер 7 должен рассчитать расстояние в плитках от А(2,3) до С(2,13) по формуле: $R_{AC} = |x_{2A} - x_{2C}| = |3 - 13| = 10$. Таким образом, роботу необходимо проехать десять горизонталей. С оптоэлектрического датчика 11 в процессе движения на компьютер будут поступать следующие сигналы 10101010101010101(0). Контроллер отслеживает эту последовательность и после десятой единицы при появлении нуля останавливает робота на горизонтали $x_2 = 13$ (точка С(2,13)).

В точке С робот разворачивается и начинает движение по горизонтали $x_2 = 12$ центра (7,13). Аналогичным образом рассчитывается расстояние от точки С до точки В: $R_{CB} = |x_{1C} - x_{1B}| = |2 - 7| = 5$ и контролируется двоичная последовательность 10101010(1) (фиг. 4). Контроллер отслеживает эту последовательность и сразу при появлении четвертой единицы останавливает робота на горизонтали $x_1 = 7$ (точка В(7,13)).

Центральным моментом данной транспортной системы является поворот робота на 90° вокруг своего центра (фиг. 8). Различают два типа поворота робота: правый и левый. Траектория движения оптоэлектрического датчика 11 относительно центра платформы, точки С, при правом повороте мобильного робота изображена на фиг. 9. Оптоэлектрический датчик 11 вместе с платформой переходит из положения "а" в положение "б" по дуге окружности "аб" относительно центра. При повороте оба колеса-электромотора 3 и 4 вращаются в разные стороны. Левое колесо-электромотор вращается по часовой стрелке, правое - против, чем обеспечивается совпадение центра платформы с центром поворота, точкой С. То есть робот повернулся вокруг своего центра (центр эллипса платформы) на $1/4$ окружности (90°). Во время поворота оптоэлектрический датчик 11 сначала проходит над темным швом, затем над светлой плиткой и вновь над темным швом. Значит, на вход контроллера 7 поступит следующая двоичная последовательность 010(1). Последняя единица в скобках информирует компьютер, что поворот завершен и необходимо остановить колеса-электромоторы.

При левом повороте траектория движения оптоэлектрического датчика 11 относительно центра платформы мобильного робота изображена на фиг. 9. Процесс поворота осуществляется аналогично. Двоичная последовательность следующая 101(0), т. е. она инверсна последовательности сигналов правого поворота. Поворот заканчивается при появлении нуля (в скобках). Таким образом, операция поворота, как одна из сложных в данном устройстве, просто реализуется. Контроллер 7 постоянно имеет информацию, где и в каком положении находится мобильный робот.

Важной особенностью предложенной транспортной системы является выбор места установки на малой оси эллипса оптоэлектрического датчика относительно центра платформы (фиг. 10). Если установить оптоэлектрический датчик на расстоянии $r_1 < 1$, где 1 означает в условных единицах длину стороны плитки, то при повороте платформы оптоэлектрический датчик 11 выдаст укороченный код 1(0), что снижает надежность работы системы. При расположении датчика на расстоянии $r_2 = \sqrt{2}$ - диагональ плитки, процесс работы оптоэлектрического датчика становится неустойчивым. И только при $r_3 \geq 1,5$ при повороте платформы вокруг центра эллипса обеспечивается значительный сектор вгд (фиг. 9), которым гарантируется требуемая последовательность 010(1).

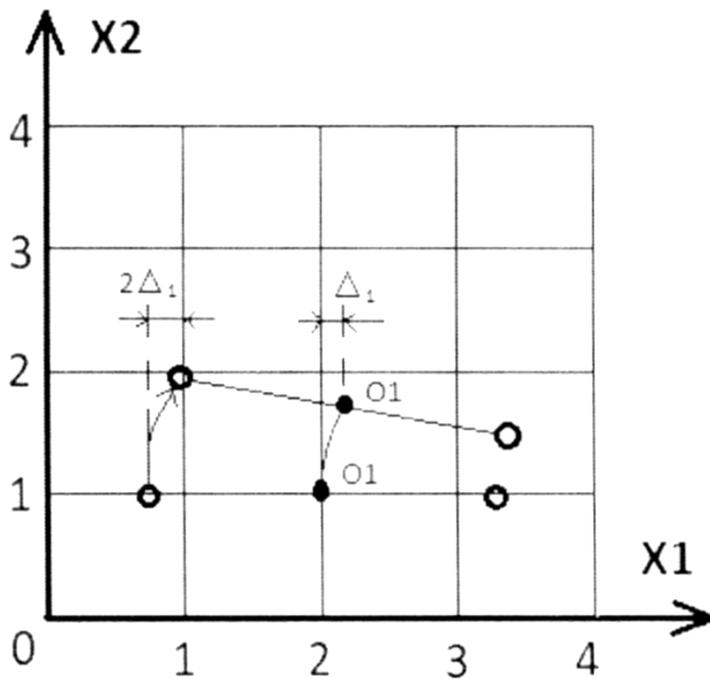
Два ультразвуковых датчика 9 и 10 предназначены для фиксации объектов, которые не отмечены в карте помещения. Если такой объект в поле зрения датчика появляется, то робот останавливается и продолжает движение при его исчезновении. Робот симметричен

как продольно, так и поперечно относительно полуосей эллипса, поэтому у него нет явно выраженной передней или задней части, и он движется по маршруту как вперед, так и назад без разворота.

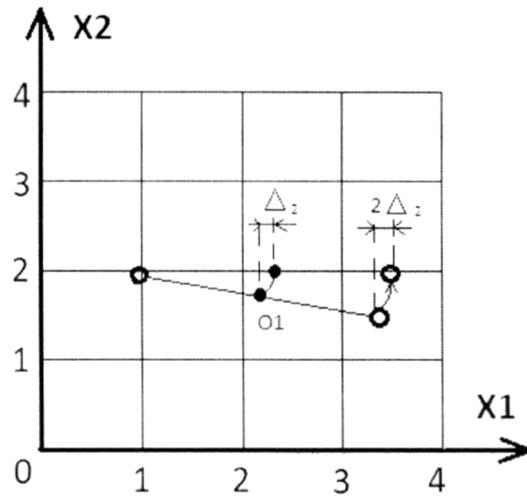
Таким образом, предложенное техническое решение функционально позволяет с заданной точностью, достаточной для практического применения, определять координаты тележки 2 мобильного робота на карте местности и ее угловое положение при перемещении тележки 2 мобильного робота по плиточному полу в заданном производственном или складском помещении при наличии в помещении двигающихся людей, механизмов.

При этом через блок 8 ввода информации легко вносится любой маршрут для робота посредством ввода начальной точки А и конечной точки В маршрута, что удобно и не требует переклейки магнитной ленты или рисования на полу белых (черных) линий. С использованием данного устройства возможно задать роботу программу работы на сутки с указанием времени смены маршрута. Это важно, так как на предприятии или на складе до обеда надо перевозить детали из точки A_1 в точку B_1 , а после обеда из A_2 в B_2 . Для этого через блок 8 ввода информации в контроллер 7 вносится суточный план работы робота в форме множества векторов $\{(A_1, B_1, t_1), (A_2, B_2, t_2) \dots \dots \}$, т. е. с времени t_1 робот перевозит грузы из A_1 в B_1 , при наступлении времени t_2 робот начинает перевозить грузы из A_2 в B_2 и т. д.

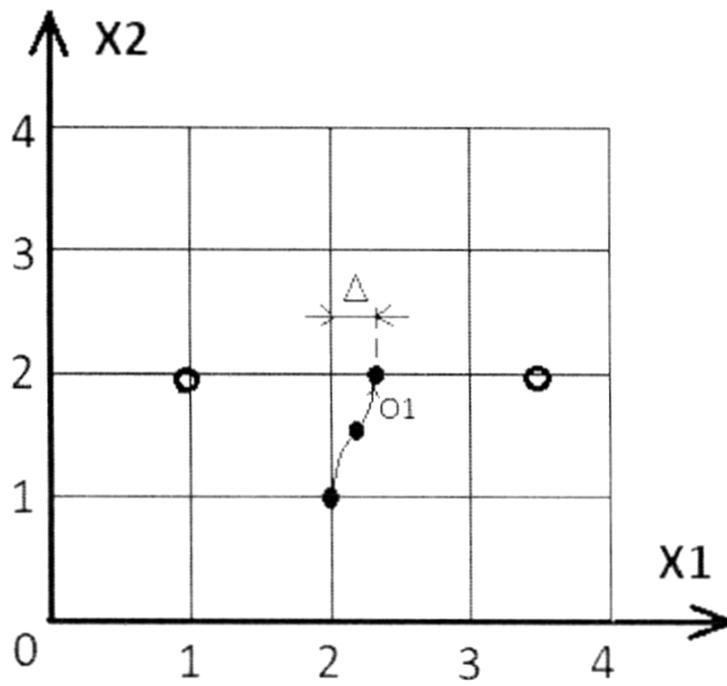
Еще одной особенностью предлагаемого устройства является эллиптическая форма платформы. Для работы в цехе и на складе при наличии людей это самая удобная форма без острых углов.



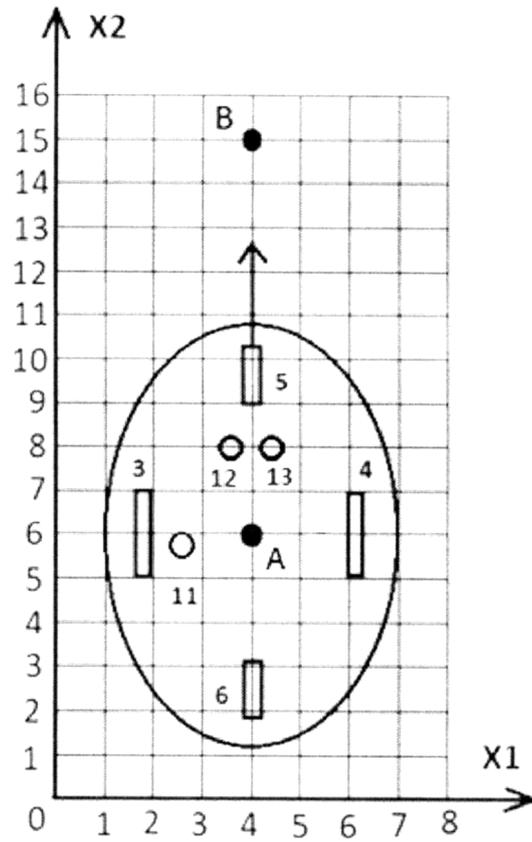
Фиг. 1



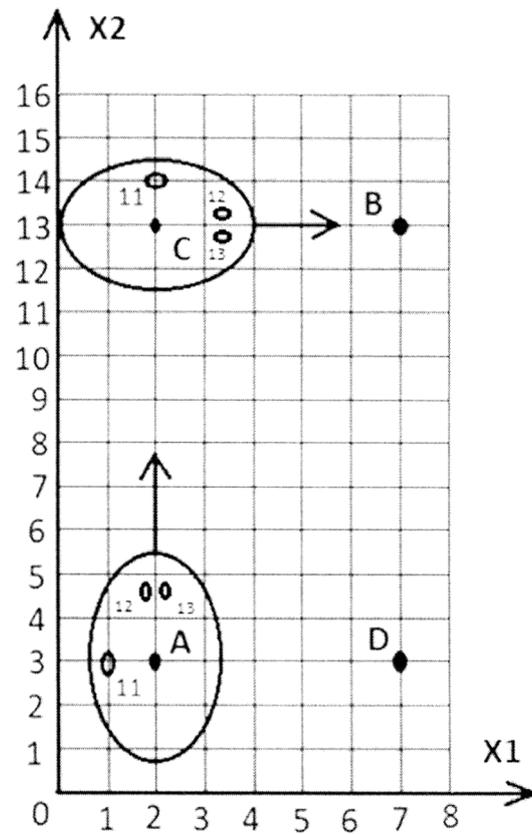
Фиг. 2



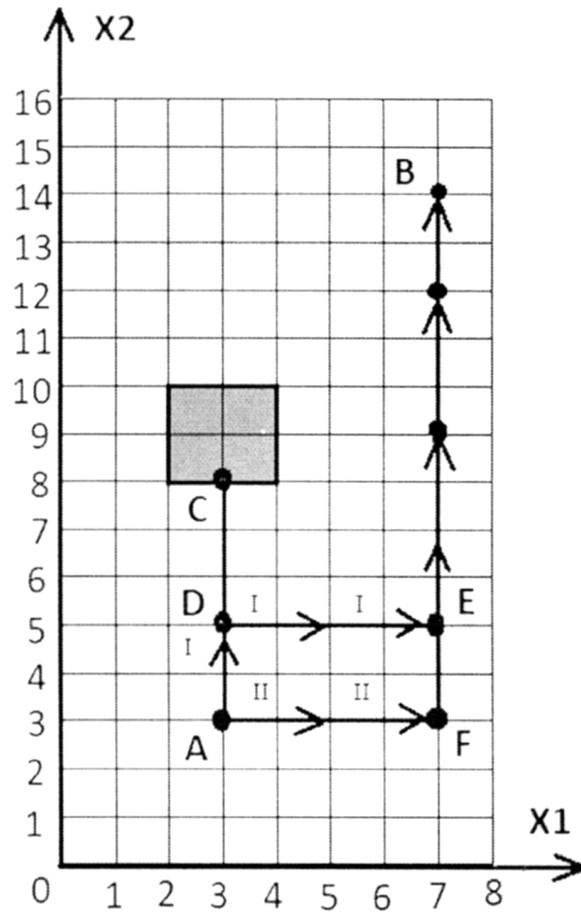
Фиг. 3



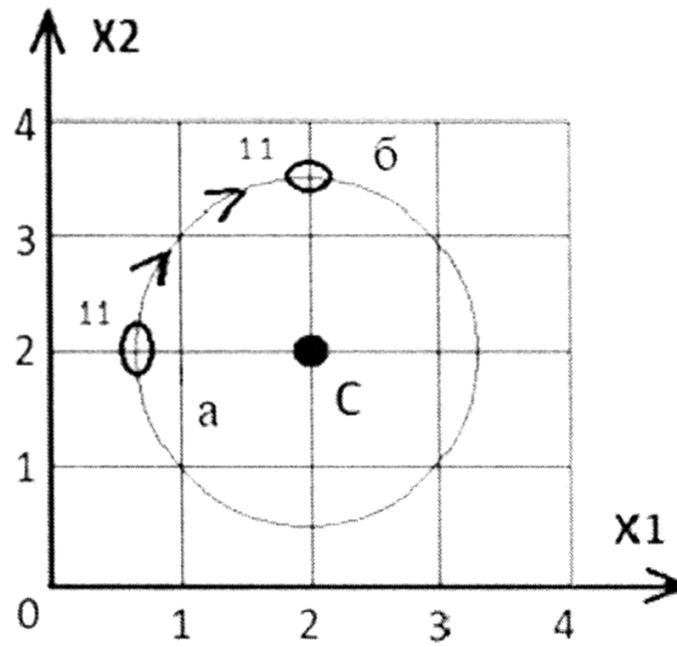
Фиг. 5



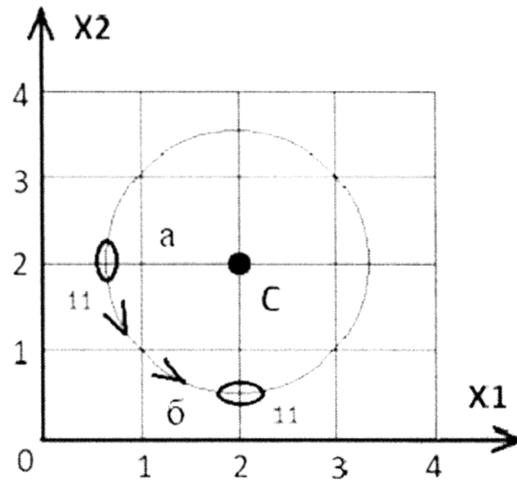
Фиг. 6



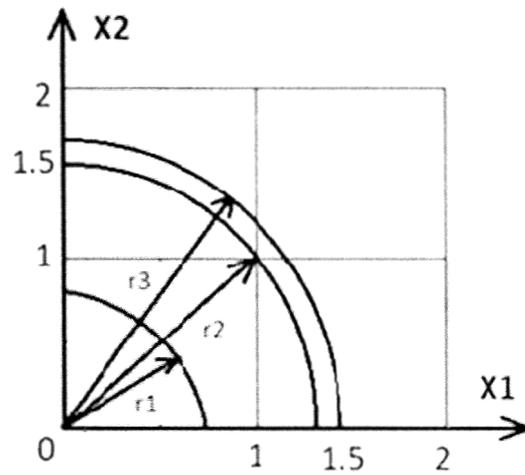
Фиг. 7



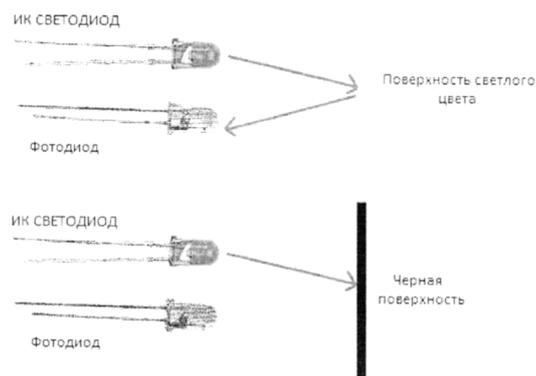
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11