

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

А.С. Павлюк, А.С. Баранов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Работа посвящена исследованию способов определения параметров положения мобильной машины, в том числе основанных на использовании приемников спутниковых навигационных систем. Недостатки указанных способов предопределили разработку способа определения положения мобильной машины на плоскости, основанного на локальном применении электромагнитного излучения. Установка уголковых отражателей с различными цветочными фильтрами позволяет получить результаты измерений с высокой степенью точности.

Ключевые слова: Координаты мобильной машины; спутниковая радионавигация, электромагнитное излучение; уголковый отражатель; первичный импульс; отраженный импульс.

METHODS FOR DETERMINING THE POSITION OF A MOBILE MACHINE

A.S. Pavlyuk, A.S. Baranov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The paper focuses on methods for determining the position parameters of a mobile machine, including those based on the use of satellite navigation systems' receivers. The disadvantages of these methods predetermined the development of the method for determining the position of a mobile machine on a plane based on the local application of electromagnetic radiation. The installation of angle reflectors with different color filters makes it possible to obtain measurement results with a high degree of accuracy.

Keywords: coordinates of the mobile machine; Satellite radio navigation, electromagnetic radiation; Angle reflector; Primary impulse; Reflected impulse.

С целью определения положения мобильной машины могут быть применены различные способы, в процессе применения большинства из которых используются спутниковые радионавигационные системы [1].

Информация со спутников, воспринимаемая приемником спутниковой навигационной системы, позволяет определить следующие параметры движения: местоположение в пространстве (трехмерные координаты); скорость движения и точное время.

На настоящий момент в мире существует две системы спутниковой радионавигации – это ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система), развернутая Россией и GPS NAVSTAR, созданная в США. В любой точке Земли приемник спутниковой радионавигационной системы (ПСРНС) может принимать радиосигналы с навигационных космических аппаратов (НКА). Количество спутников, которые передают информацию на приемник, может достигать двенадцати. Для реализации возможности определения текущего местоположения приемника (широта, дол-

гота, высота) число спутников не должно быть меньше четырех.

В настоящее время большое применение находят СРНС в сельскохозяйственном производстве [2] при решении задач наблюдения, землеустройства, организации землеиспользования, для точных работ во время сева и обработки посевных площадей, при внесении удобрений. Синтезируются алгоритмы предсказания траектории, визуализации внешних условий при использовании картографических данных. Для проведения сельскохозяйственных работ выпускается специализированная аппаратура, позволяющая создавать карты сельхозугодий, размечать маршруты, составлять навигационную сеть [1].

Нахождение между спутником и антенной ПСРНС каких-либо объектов, затрудняющих прохождение радиоволн, может препятствовать уверенному приему сигнала. Для частот, применяемых в ПСРНС, такими объектами являются здания, деревья, стекла, туннели и т.п. Кроме того, возможен прием

отраженного от внешних объектов сигнала, что влияет на качество связи.

Точность работы системы возрастает с увеличением мощности сигнала, принимаемого от спутника, и с увеличением числа спутников, от которых принимаются сигналы.

До настоящего времени предпринимались попытки разработки способов определения местоположения транспортных средств в пространстве. Одним из способов определения положения мобильной машины во время движения является способ, основанный на использовании гироскопического полукомпыаса, установленного на рассматриваемой мобильной машине. С помощью указанного полукомпыаса производится измерение угловых отклонений продольной оси мобильной машины от заданного направления движения и углов поворота рулевого колеса [3].

Основными недостатками указанного способа являются ограниченные возможности исследования динамики движения мобильной машины посредством определения курсового угла, так как при этом отсутствует возможность определения поперечных смещений мобильной машины, при которых курсовой угол не изменяется, а также низкая точность определения угловых отклонений мобильной машины вследствие влияния суточного вращения Земли на показания гироскопического полукомпыаса.

Еще одним способом является способ определения положения мобильной машины при движении. При его реализации осуществляется определение координат положения мобильной машины и ее продольной оси, то есть курсовой угол мобильной машины при движении относительно неподвижной системы отсчета. Способ основан на использовании спутниковой навигационной системы. Приемники СРНС, расположенные на кузове мобильной машины, воспринимают сигналы со спутников, и на основании данной информации определяются координаты положения мобильной машины и ее курсовой угол [4].

Также известен способ определения положения мобильной машины при движении. В процессе его реализации используется электромагнитное излучение, полученное от передатчика спутниковой навигационной системы и воспринимаемое принимающим устройством (ПСРНС). Приемник снабжен антеннами, установленными на концах жестких штанг в точках мобильной машины, не лежащих на одной прямой. Штанги жестко закреплены на кузове мобильной машины. Определение траектории движения и положения мобиль-

ной машины в пространстве производится путем определения координат положения не менее трех антенн. Определение координат различных точек мобильной машины при движении производится относительно неподвижной системы отсчета на основании положения данных антенн. Повышение точности реализации способа обусловлено расположением антенн приемников спутниковой навигационной системы за пределами кузова мобильной машины, вследствие чего линейные перемещения, характеризующие угловые отклонения ПСРНС, становятся значительно большими, чем линейные перемещения, характеризующие угловые отклонения любой из точек мобильной машины, даже при отклонении мобильной машины на небольшой угол. Данный факт обуславливает возможность фиксирования незначительных угловых отклонений движущейся мобильной машины [5].

Основными недостатками двух указанных способов определения положения мобильной машины являются недостаточная точность определения положения мобильной машины при движении и высокая трудоемкость изготовления используемого оборудования.

Для устранения указанных недостатков на кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» (АлтГТУ) был разработан способ определения положения мобильной машины на плоскости [6].

Реализация способа производится с помощью установки по краям участка, по которому перемещается мобильная машина, двух уголкового отражателя с индивидуальными фильтрами излучения. Фильтры формируют электромагнитные импульсы с разными частотами. После этого производится передача первичного импульса электромагнитного излучения, являющегося импульсом света. Передатчик импульса и датчик первого типа для регистрации первичного импульса установлены на мобильной машине. В качестве принимающего устройства может использоваться объектив типа «рыбий глаз» или линза Френеля, позволяющая принимать сигналы с углом охвата 180°. Отраженный импульс света от уголкового отражателя попадает в принимающее устройство. Датчики второго типа, также установленные на мобильной машине, производят регистрацию отраженных импульсов. После их регистрации определяют время между появлением первичного импульса и появлением отраженных импульсов от уголкового отражателя. Таким образом, возможно определение расстояния от мо-

бильной машины до угловых отражателей и, соответственно, определение координат машины на плоскости, если известны значения времени появления импульсов.

Повышение степени точности определения положения мобильной машины при движении обусловлено существенным уменьшением расстояния прохождения импульсов света от передатчика к принимающему устройству.

Преимуществом способа является невысокая трудоемкость изготовления оборудования, поскольку не предусматривается применение сложной дорогостоящей спутниковой навигационной системы для получения импульса электромагнитного излучения.

Схема реализации способа определения положения мобильной машины на плоскости показана на рисунке.

Способ определения положения мобильной машины на плоскости осуществляется следующим образом.

По краям участка местности движения мобильной машины устанавливают не менее двух угловых отражателей с индивидуальными фильтрами излучения, с заранее известным расположением относительно участка.

При движении мобильной машины производят передачу первичного импульса света в плоскости движения мобильной машины от передатчика и регистрацию первичного импульса датчиком первого типа, установленным на мобильной машине. Световой поток распространяется в круговом направлении.

Затем производят восприятие отраженного импульса света от угловых отражателей с индивидуальными фильтрами излучения через принимающее устройство и регистрацию отраженных импульсов, имеющих разную частоту, от угловых отражателей датчиками второго типа, установленными на мобильной машине. Таким образом, часть светового потока воспринимается угловыми отражателями и возвращается в виде отраженного импульса в зону расположения передатчика с частотой, обусловленной установленным на нем индивидуальным фильтром определенного цвета. Отраженный импульс принимается датчиками второго типа и передается в блок управления.

Далее определяют время между появлением первичного импульса и появлением отраженных импульсов от угловых отражателей, что реализуется блоком управления. По частоте отраженного импульса судят, от какого углового отражателя он вернулся.

При известных значениях времени появления импульсов находят расстояние от мобильной машины до угловых отражателей. Величины расстояний от измерительного устройства до угловых отражателей определяют координаты измерительного устройства в неподвижной системе отсчета ОХУ по формулам:

$$k = CT_c / 2$$

где k - расстояние от углового отражателя, установленного в точке c , до измерительного устройства, установленного на мобильной машине;

C - скорость распространения света;

T_c - время прохождения импульса света от измерительного устройства, установленного на мобильной машине, до углового отражателя, установленного в точке c , и обратно;

$$l = CT_d / 2$$

где l - расстояние от углового отражателя, установленного в точке d , до измерительного устройства, установленного на мобильной машине;

T_d - время прохождения импульса света от измерительного устройства, установленного на мобильной машине, до углового отражателя, установленного в точке d , и обратно.

Потом находят по нижеприведенной зависимости координаты машины на плоскости:

$$x_1 = (l^2 - y_1^2)^{0.5}$$

где x_1 - координата мобильной машины по оси x ; y_1 - координата мобильной машины по оси y ;

$$y_1 = (l^2 - k^2 + a^2) / 2a$$

где a - размер участка перемещения мобильной машины по оси y .

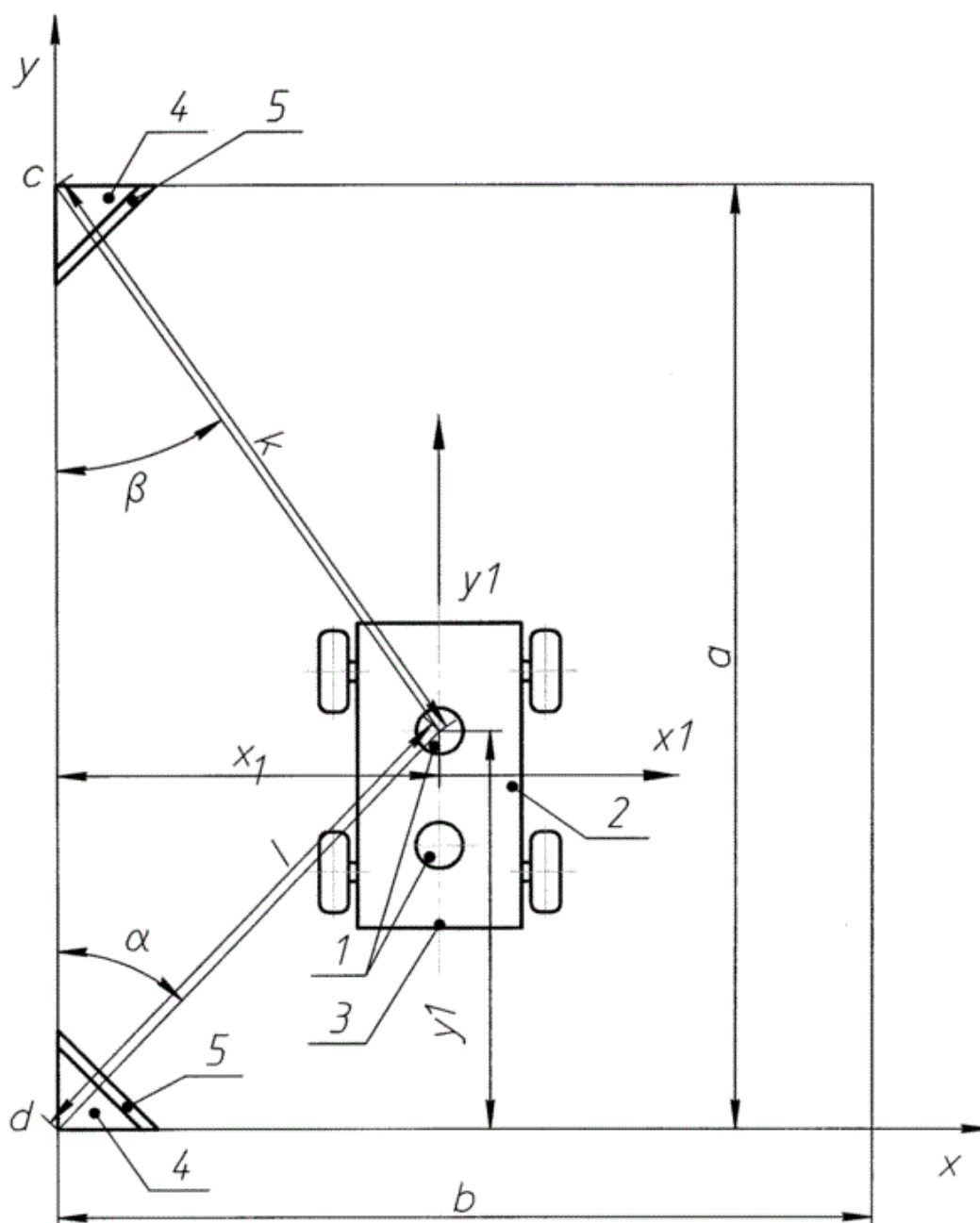


Рисунок 1 – Схема реализации способа определения положения мобильной машины на плоскости: 1 - измерительное устройство; 2 - мобильная машина; 3 - продольная ось мобильной машины; 4 - уголкового отражатели; 5 - индивидуальные фильтры; OXY - неподвижная система отсчета; $O_1X_1Y_1$ - подвижная система отсчета, жестко связанная с мобильной машиной; a - размер участка перемещения мобильной машины по оси y ; b - размер участка перемещения мобильной машины по оси x ; c , d - точки установки уголкового отражателей по краям участка перемещения мобильной машины; k - расстояние от уголкового отражателя, установленного в точке c , до измерительного устройства, установленного на мобильной машине; l - расстояние от уголкового отражателя, установленного в точке d , до измерительного устройства, установленного на мобильной машине; α - угол между осью Y неподвижной системы отсчета OXY и линией, соединяющей точку d установки уголкового отражателя; β - угол между осью Y неподвижной системы отсчета OXY и линией, соединяющей точку c установки уголкового отражателя

Установка дополнительно одного или нескольких измерительных устройств позволит определить ориентацию продольной оси мобильной машины относительно неподвижной системы координат ХОУ. Угол наклона продольной оси β относительно оси ОХ определяются из следующего соотношения:

$$\alpha = \arccos \frac{y_1 - y_2}{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}},$$

Также для определения положения продольной оси мобильной машины возможна установка дополнительно одного или нескольких измерительных устройств с другими частотами излучения.

Таким образом, использование предлагаемого способа обеспечивает повышение точности определения положения мобильной машины при движении и снижение трудоемкости изготовления оборудования для реализации способа.

Список литературы

- 1 Соловьев, Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2000. - 267 с.
2. Virine L., Abousalem M. Using DGPS and Virtual Reality for Navigation Guidance in Precision Agri-

culture, ION GPS-98 Proc., Nashville, 1998. GPS World, 1998, No. 12.- p. 12 - 19.

3. Цимбалин, В.Б. Испытания автомобилей: учебное пособие для вузов / В.Б. Цимбалин, Кравец В.Н., С.М. Кудрявцев, И.Н. Успенский, В.И. Песков. - М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.

4. Vehicle Dynamics Measuring Apparatus and Method Using Multiple GPS Antennas: пат. Patent US, no. 6671587 : МПК G01C 21/00 / Davorin David Hrovat, Hongtei Eric Tseng, John Loring Yester; заявитель и патентообладатель Ford Motor Company. - № US 09/683,707 ; заявл. 05.02.2002 ; опубл. 30.12.2003

5. Павлюк А.С., Павлюк С.А., Ашихмин Д.В. Способ определения положения мобильной машины при движении. Патент РФ RU 2288451 С2, Заявка 2004138625/28, 28.12.2004 – Опубликовано: 27.11.2006 Бюл. №33

6. Павлюк А.С., Баранов А.С. Способ определения положения мобильной машины на плоскости. Патент РФ RU 2608792 С2, Заявка 2015129183/06, 16.07.2015 – Опубликовано: 24.01.2017 Бюл. №3

Павлюк Александр Сергеевич д.т.н., профессор, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 89039120838, pavlukas@mail.ru;

Баранов Алексей Сергеевич, к.т.н., доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова,, 89132105251, baranowas@mail.ru