

3. Якубович, А.И. К вопросу определения параметров систем охлаждения двигателей мобильных машин / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 39–45.
4. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
5. Бурков, В.В. Автотракторные радиаторы / В.В. Бурков, А.И. Индейкин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1978. – 214 с.
6. Тарасенко, В.Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В.Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.

УДК 631.171:621.396

**Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов,
А.А. Кононов**

*(Воронежский ГАСУ,
г. Воронеж,
Российская Федерация)*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ В ЗАДАЧЕ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Введение

При выполнении многих видов работ с помощью сельскохозяйственной, строительной и землеройной техники требуется обработка протяженных участков. При этом возникает задача автоматического дистанционного управления машинно-тракторными агрегатами (МТА) [1, 2], для которой необходимо сформулировать некоторые требования, касающиеся качества работы, выполняемой МТА, в частности, обработки рабочего поля без пропусков (то есть без временной потери управления), экономичности работы, минимизации затрат энергии, времени и т.п.

Объекты и методы исследований

Для выполнения комплекса указанных требований необходимо, в частности, чтобы движение агрегата осуществлялось по оптимальным заданным траекториям. Такими траекториями могут служить спиральная (рисунок 9а), загонная (рисунок 9б), челночная с петлевым разворотом (рисунок 9в), челночная реверсивная (рисунок 9г).

При дистанционном управлении МТА с помощью координатной навигационной системы [1, 2] необходимо выбрать такую траекторию движения, которая определяла бы минимальные затраты времени на ее обработку и наименьшие погрешности при выполнении программы на вычислительном устройстве. Таким требованием, очевидно, могут отвечать те траектории, которые имеют наиболее простое математическое описание.

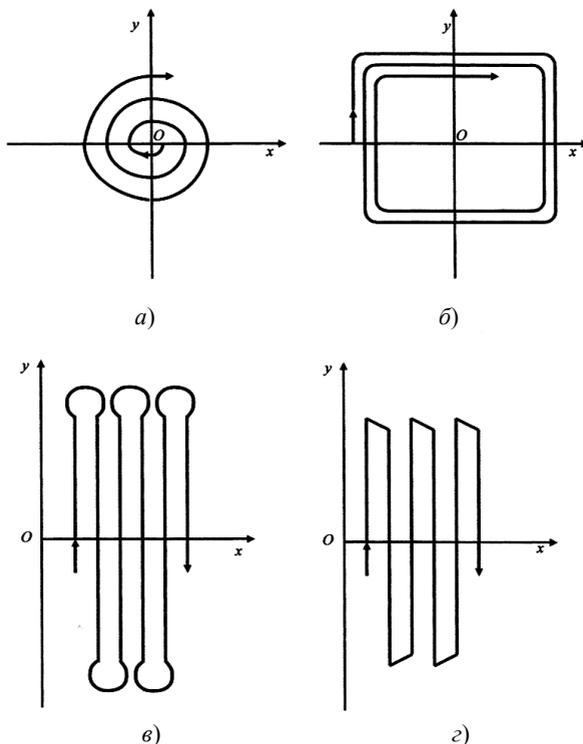


Рисунок 9 – Возможные траектории обработки поверхности

В [1, 2] предложена радионавигационная система определения текущих координат подвижных объектов с использованием разнесенных передающих станций. Описанная система может использоваться для дистанционного управления движением МТА как по прямым траекториям, так и для обеспечения автоматического разворота с отслеживанием предыдущих траекторий движения.

Текущие декартовы координаты положения МТА могут быть определены из решения квадратного уравнения, коэффициенты которого определяются разностями фаз, приходящих от разных станций сигналов навигационной системы на выходе приемного устройства, расположенного на управляемой машине [3].

Пусть на участке обработки со сторонами D расположены станции-излучатели ст1, ст2, ст3 разностно-дальномерной системы (рисунок 10). Для определения текущих координат x, y положения рабочего агрегата обозначим расстояния от МТА до ст1, ст2, ст3 соответственно r_1, r_2, r_3 .

На выходе приемного устройства на МТА получим величины $a = r_3 - r_1$ и $b = r_2 - r_1$, пропорциональные разности фаз сигналов излучателей ст1-ст3 и ст1-ст2 соответственно. Из геометрических соображений можно записать:

$$\begin{aligned} r_2^2 &= (D - y)^2 + r_1^2 - y^2; \\ r_3^2 &= (D - x)^2 + r_1^2 - x^2; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \\ r_2^2 - r_1^2 &= D^2 - 2Dy; \\ r_3^2 - r_1^2 &= D^2 - 2Dx; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \end{aligned} \tag{1}$$

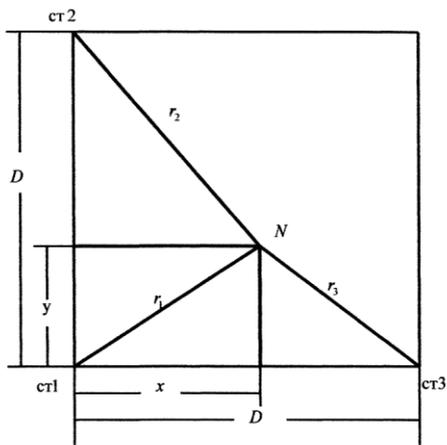


Рисунок 10 – Геометрическая схема разностно-дальномерной системы определения координат объекта

Систему (1) легко привести к виду:

$$\begin{aligned} a(a + 2r_1) &= D^2 - 2Dx; \\ b(b + 2r_1) &= D^2 - 2Dy; \\ r_1^2 &= x^2 + y^2. \end{aligned} \tag{2}$$

Исключая r_1 , получим:

$$\left(\frac{D^2 - 2Dx - a^2}{2a} \right)^2 = x^2 + y^2; \tag{3}$$

$$\frac{D^2 - 2Dx - a^2}{a} = \frac{D^2 - 2Dy - b^2}{b}. \tag{4}$$

Определив y из (4) и подставив его в (3), приходим к уравнению:

$$Ax^2 + Bx + C = 0. \quad (5)$$

Аналогично может быть получено уравнение:

$$A_1y^2 + B_1y + C_1 = 0. \quad (6)$$

В (5) и (6), соответственно, использованы следующие обозначения:

$$\begin{aligned} A &= A_1 = a^2 + b^2 + D^2; \\ B &= \frac{D^2(D^2 - a^2) + b(a - b)(D^2 + ab)}{D}; \\ B_1 &= \frac{D^2(D^2 - b^2) + a(b - a)(D^2 + ab)}{D}; \\ C &= \frac{(a - b)^2(D^2 + ab)^2 - D^2(D^2 - a^2)^2}{4D^2}; \\ C_1 &= \frac{(a - b)^2(D^2 + ab)^2 - D^2(D^2 - b^2)^2}{4D^2}. \end{aligned}$$

Из (5), (6) находим текущие значения координат x , y местоположения МТА в виде

$$\begin{aligned} x_{1,2} &= \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}; \\ y_{1,2} &= \frac{-B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4AC_1}}{2A}. \end{aligned}$$

Следует отметить, что при этом из физической сущности в алгоритме расчета используются действительные значения корней уравнения.

Из анализа возможных траекторий движения МТА при различных технологических процессах их работы следует, что все траектории движения можно разбить на элементарные участки, которые состоят в общем случае из движения по прямой линии и разворота по определенному закону, имеющему конкретное математическое описание в виде формул, или заданному отдельными дискретными значениями (точками), получаемыми, например, при первом пробном проходе траектории. Такой подход к заданию трассы движения агрегатов соответствует в общем случае заданию движения по прямой в виде уравнения

$$ax + by = c, \quad (7)$$

а уравнение разворота может быть обобщенно представлено как

$$f(x, y) = 0. \quad (8)$$

Формирование задания для движения МТА и измерение разности фаз сигналов, производимое фазовой навигационной системой, позволяет выработать алгоритм определения отклонения движения агрегата от заданной траектории (рисунок 11), включающий в себя следующие элементы:

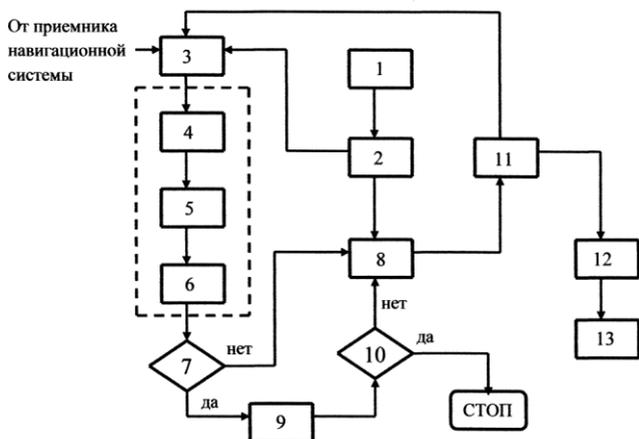


Рисунок 11 – Схема, реализующая алгоритм определения отклонений движения рабочего агрегата от заданной траектории

1 – блок записи исходной информации о размерах рабочего участка, расстоянии между передатчиками навигационной системы, о коэффициентах уравнения первой прямой, ширине захвата рабочего органа и закона разворота МТА;

2 – блок формирования задания на начало движения;

3 – блок измерения текущих разностей фаз сигналов;

4, 5, 6 – блоки определения коэффициентов квадратного уравнения;

7, 10 – устройства сравнения;

8 – блок определения рассогласования;

9 – блок перехода к другой части задания;

11 – блок вывода сигнала рассогласования;

12 – регулятор;

13 – исполнительный механизм.

Исходная информация, заложенная в блоке 1, поступает в блок 2 формирования задания на начало движения, в котором вырабатывается сигнал для включения блока 3 устройства измерения текущих разностей фаз. После этого информация о разности фаз поступает в блоки 4, 5, 6 определения коэффициентов квадратного уравнения. С учетом анализа разности фаз определяются текущие координаты МТА x и y , которые поступают на устройство сравнения 7, где происходит смена частей задания траектории движения объекта в зависимости от его местоположения. При необходимости смены задания управление передается в блок 9, где происходит переход к другой части задания, после чего блок 10 производит проверку на окончание обработки заданного участка. В противном случае управление передается блоку 8, где происходит сравне-

ние текущей траектории движения МТА с заданной (эталонной) и вырабатывается сигнал рассогласования, который в блоке 11 выводится на регулятор 12. Кроме того, блок 11 формирует сигнал, управляющий блоком 3 и инициирующий повторение цикла.

Выходные сигналы приемника навигационной системы, представляющие разности фаз, соответствующие величинам a и b , могут быть преобразованы и выданы для последующей обработки как в аналоговом, так и в дискретном виде. Анализ возможностей аналоговой обработки сигналов при реализации алгоритма управления, представленного на рисунке 11, показывает, что точность вычисления параметров управления не превышает величины 10^{-3} . Использование дискретной обработки выходных сигналов разностно-дальномерной системы позволяет добиться большей точности управления [3]. В связи с этим выходные сигналы фазоизмерительной системы должны быть представлены в цифровом коде, и для решения задачи необходимо использовать цифровое вычислительное устройство.

Текущие значения координат МТА x и y можно определить двумя способами. Первый способ заключается в использовании специализированного вычислительного устройства, позволяющего определять текущие значения координат x и y путем непрерывного решения уравнений со скоростью, достаточной для заданной точности автоматического дистанционного управления при выбранном виде траектории движения МТА.

Второй способ заключается в предварительном разбиении заданной трассы на рабочей поверхности на достаточно большое количество точек, число и расстояние между которыми определяются необходимой точностью управления. После этого по формулам (2) для каждой i -й точки определяются значения a_i^0 и b_i^0 . Данные полученной матрицы заносятся в память вычислительного устройства, расположенного на подвижном агрегате. Впоследствии в дешифраторе путем сравнения текущих значений a_i и b_i с a_i^0 и b_i^0 определяется рассогласование текущих координат движущейся машины.

На практике сначала определяются параметры первого прохода МТА, записываемые в качестве эталонных и задающие характер уравнений движения МТА. Далее в навигационной системе определяются текущие разности фаз, дающие параметры a_i и b_i , исходя из значений которых находятся координаты x_i и y_i , которые отличаются от задаваемых на величину ошибки, вычисляемую по формуле:

$$d = \sqrt{(x_i^0 - x_i')^2 + (y_i^0 - y_i')^2},$$

где x_i^0 , y_i^0 – эталонные,

x_i' , y_i' – фактические координаты МТА.

При превышении рассогласования допустимых отклонений вырабатывается команда управления на исполнительные механизмы, минимизирующая увод агрегата от заданной траектории.

Результаты исследований

Программное обеспечение алгоритма определения координат x и y подвижного МТА реализуется с помощью специализированного вычислительного устройства на базе микропроцессора с использованием языка символического кодирования, содержащего команды и коды, и обеспечивает требования задачи дистанционного управления МТА в части достаточной точности автоматического дистанционного управления и оперативности отслеживания уводов от заданной траектории. Так, измерение разности фаз цифровым фазометром осуществляется с точностью не ниже $0,036^\circ$. Это приводит к определению текущих координат объекта с погрешностью, не превышающей ± 5 см, что является вполне допустимым для большинства технологических процессов МТА.

Заключение

1. Предлагаемый алгоритм диагностики и коррекции увода МТА от заданной траектории обеспечивает выполнение требований автоматического дистанционного управления движением МТА.

2. Для успешной работы комплекса без чрезмерного усложнения аппаратуры необходим точный вывод агрегата в начальную точку для обеспечения повторяемости траекторий движения при повторных циклах обработки, поэтому целесообразно определять координаты в отдельных дискретных точках, а между ними использовать системы слежения.

3. Системы слежения допускают сочетание предложенных методов с известными. Например, системы пространственной обработки могут ставиться перед системами отслеживания траекторий. Это существенно упрощает схемы реализации и увеличивает эффективность комплекса в целом.

4. Для оптимизации работы системы необходимо осуществить комплекс измерений, связанных с особенностями функционирования конкретного рабочего агрегата и свойствами поверхности разрабатываемых грунтов.

06.07.12

Литература

1. Кононов, А.Д. Алгоритм формирования сигналов управления в системах следящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / А.Д. Кононов, Ю.В. Авдеев, А.А. Кононов // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – № 1. – С. 81–86.

2. К вопросу исследования радиоволнового канала системы дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев [и др.] // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – № 10. – С. 86–92.
3. Маршаков, В.К. Система определения координат для автоматического управления мобильными объектами / В.К. Маршаков, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Сб. докладов XVII Междунар. науч.-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2011. – Т. 2. – С. 1118–1125.

УДК 631.312

**Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий,
Н.С. Высоцкая**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ
ТИПА РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОГО
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОСТАТКОВ
ДЛИННОСТЕБЕЛЬНЫХ
КУЛЬТУР**

Введение

В процессе интенсификации земледелия возрастает значение биологических свойств почвы в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Существенному улучшению биологических свойств почвы способствует внесение свежего органического вещества в виде соломы и других растительных остатков культур, особенно высокостебельных: рапса, кукурузы на зерно и корма, зеленых удобрений. По сведениям статистического ежегодника 2010 года, площади посевов данных культур составляли 1138 тыс. га, то есть 20 % от всей посевной площади (5600 тыс. га) в республике. Внесенные растительные остатки и навоз являются основными источниками пополнения органического вещества в почве. Однако для получения максимального эффекта внесенные растительные остатки должны быть, как показывают исследования почвоведов, качественно измельчены и заделаны в почву.

Тщательное измельчение растительной массы и заделка ее в почву обеспечивают быстрое разложение органики за счет деятельности аэробных почвенных бактерий, перерабатывающих целлюлозу. Многолетний опыт послеуборочной заделки растительных остатков рапса, кукурузы и зеленых удобрений имеющимися техническими средствами (дисковыми боронами, культиваторами, дисколаповыми агрегатами) показывает, что не обеспечивается требуемое качество измельчения и заделки в почву остатков длинностебельных культур. В результате растительные остатки не полностью разлагаются к началу проведения позднелетних и весенне-полевых работ, что снижает биологическую активность почвы и увеличивает количество токсических веществ и зараженность возбудителями болезней. Все это отрицательно сказывается на развитии растений нового посева [1].