

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ КООРДИНИРУЮЩЕГО ПРОГРАММНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. Д. Кононов, А. А. Кононов

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Поступила в редакцию 22.12.2014 г.

Аннотация. Рассмотрены принципы создания программного координирующего устройства, разработаны функциональная схема и алгоритм автоматического управления мобильными объектами на основе фазоразностного метода определения координат с обработкой выходных сигналов на специализированном вычислительном устройстве.

Ключевые слова: алгоритм, дистанционное управление движением, мобильные объекты.
Annotation. The principles of making of the program introducing device surveyed and designed a functional diagram and algorithm of automatic control of mobile plants on the basis of a method of a difference in phase of a coordinates setting with handling of output signals on a specialized computing mechanism.

Keywords: algorithm, full remote control by driving, mobile plants.

ВВЕДЕНИЕ

При автоматизации процесса дистанционного управления мобильными объектами, в частности, землеройно-транспортными машинами (ЗТМ) в дорожном строительстве [1], с помощью разностно-дальномерной системы [2] необходимо выбрать такую траекторию движения, которая обеспечивала бы минимальные затраты времени на выполнение рабочего процесса и наименьшие погрешности при выполнении программы на специализированном вычислительном устройстве (СВУ).

В [3, 4] были предложены две автономные системы, совместная работа которых может обеспечить автоматическое управление движением объекта регулирования (ОР) по произвольным траекториям, содержащим прямолинейные участки и развороты. Объектом регулирования могут быть любые мобильные объекты, например, землеройно-транспортные, строительные, дорожные, сельскохозяйственные и другие технологические машины.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КООРДИНИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Для обеспечения надежной и эффективной работы всей системы в целом необходимо иметь устройство, которое определяет последовательность или обеспечивает одновременность действия оптической и радионавигационной систем управления. На рис. 1 представлена функциональная схема, содержащая программное координирующее устройство (ПКУ) для автоматического управления движением ОР по произвольным траекториям.

В общем случае комплекс автоматического дистанционного управления движением мобильных объектов должен содержать все узлы и элементы системы отслеживания предыдущих траекторий (СОПТ) и радионавигационной системы определения координат (РНСОК). Роль координирующего устройства должно выполнять специализированное вычислительное устройство (СВУ), функционирующее на основе информации, поступающей от обеих систем.

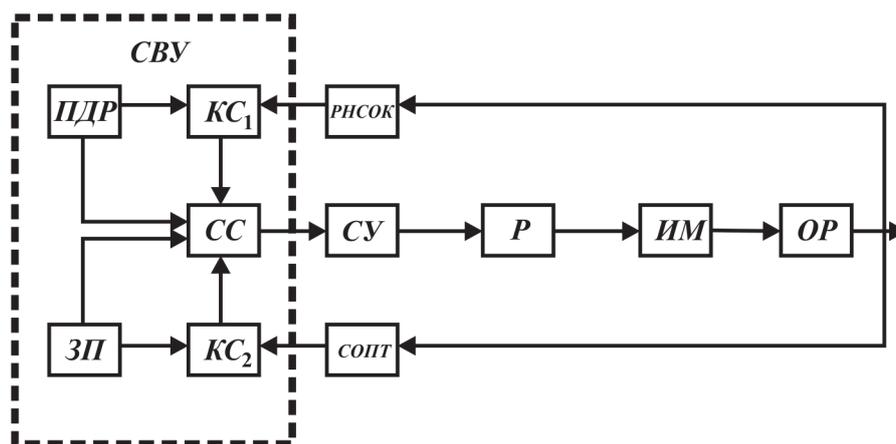


Рис. 1. Схема устройства автоматического управления движением мобильного объекта

Работа такой системы с ПКУ сводится к следующему. После запуска двигателя ОП и вывода его на определенный режим объект начинает движение по прямой. При этом в СВУ от задатчика положения ЗП на один из входов ключевой схемы $КС_2$ поступает открывающий ее сигнал, и выходные сигналы оптической системы СОПТ поступают на схему сравнения СС, на второй вход которой одновременно поступают сигналы от задающего устройства положения ОП относительно предыдущей траектории (или определенного ориентира). Если сигнал ошибки на выходе СС $\Delta\varepsilon \neq 0$, то регулятором Р, стоящим после согласующего устройства СУ, вырабатывается определенное управляющее воздействие и с помощью исполнительных механизмов ИМ рассогласование $\Delta\varepsilon$ сводится к нулю. По определенной программе и заданной частоте повторения, зависящей от скорости движения ОП, периодически открывается ключевая схема $КС_1$ и с помощью радионавигационной системы РНСОК производится определение местонахождения ОП вдоль прямолинейной траектории (ординаты). ОП продолжает движение до тех пор, пока в СВУ не выработается сигнал, который откроет ключевую схему $КС_1$ и тем самым разрешит постоянное поступление сигналов от РНСОК на схему сравнения СС. На второй вход схемы сравнения в это время поступают сигналы от программы движения и разворота (ПДР), соответствующие режиму разворота. Получаемые сигналы ошибок через согласующее устройство СУ и регулятор Р

воздействуют на исполнительные механизмы ИМ таким образом, чтобы разворот ОП происходил по заданной кривой. После окончания разворота вновь открывается ключевая схема $КС_2$ и в работу вступает оптическая система отслеживания, которая совместно с РНСОК уточняет (производит коррекцию) положения ОП относительно предыдущей траектории.

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПКУ

Алгоритм работы программного координирующего устройства представлен на рис. 2. Алгоритм определения координат, используемый для вычисления значений x_0, y_0 , характеризующих эталонную трассу, и для измерения текущих параметров x_T, y_T , а также сигналов рассогласования $\Delta x, \Delta y$, приведен в [3]. На практике вначале определяются параметры первого прохода ОП, записываемые в качестве эталонных и задающие характер прямой и разворота.

Полученные в результате выполнения алгоритма координаты x_T, y_T являются исходными для программы коррекции движения по заданной траектории (рис. 2). Если текущая координата y_T лежит внутри диапазона значений y_3 , получаемых от задатчика положения (ЗП) и определяющих границы площади дорожного строительства, то необходимо обеспечивать движение ОП по прямому участку траектории. В противном случае программа переходит к выполнению разворота (x_p, y_p – координаты центра разворота). По

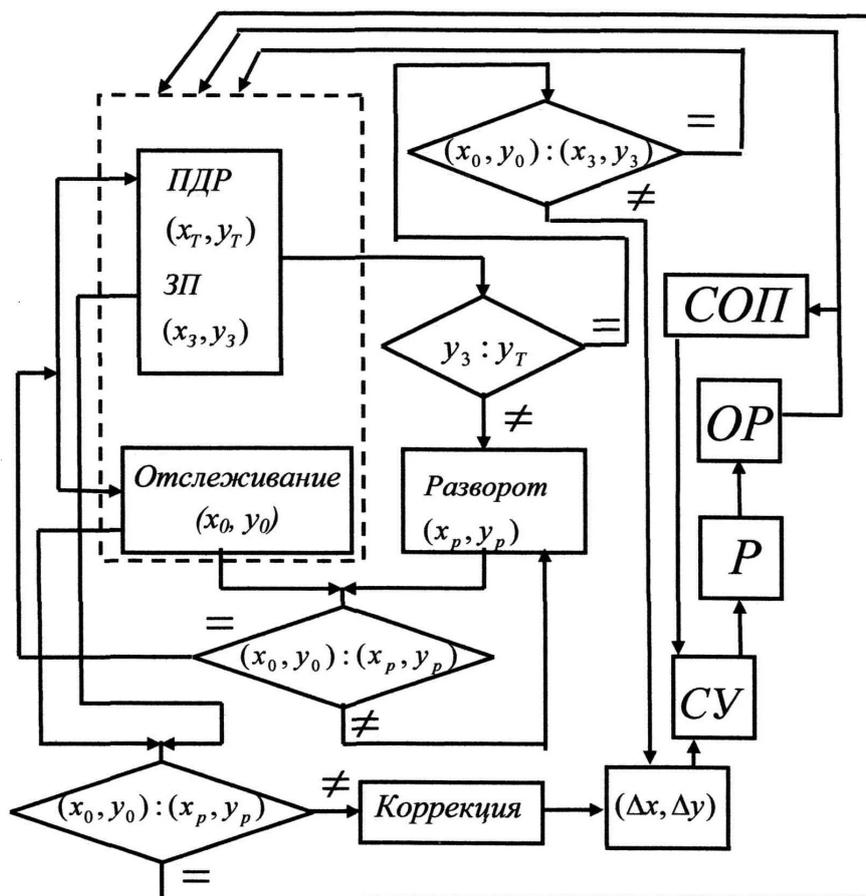


Рис. 2. Алгоритм работы автоматического устройства управления движением мобильного объекта

сигналу рассогласования осуществляется коррекция [5, 6] с помощью исполнительных механизмов (ИМ) [7, 8] траектории движения мобильного объекта.

Следует отметить, что при возникновении препятствий от системы определения препятствий СОП поступает аварийный сигнал, и срабатывает система автоматической остановки объекта регулирования.

Из описания принципа работы координирующего устройства видно, что оно представляет собой подсистему, в которой связи между ее функциональными элементами меняются в зависимости от положения ОР и состояния его параметров. Такие системы носят название систем с переменной структурой (СПС). В простейшем случае координирующее устройство будет представлять собой СПС с двумя структурами. Поскольку требования точности отслеживания предыдущих траекторий, разворота и вывода ОР на новую траекторию (гон) довольно высокие, то вся

система автоматического управления движением ОР по криволинейным траекториям в целом должна обладать высоким быстродействием, что достигается за счет увеличения коэффициента воздействия по ошибке.

На практике по ряду технических причин (нестабильность режимов ОР и аппаратуры, люфты в механике и так далее) в синтезируемой системе возникает скользкий режим, который путем соответствующего подбора режимов работы дает возможность получить требуемые свойства системы.

Общая точность работы системы автоматического управления движением ОР при использовании координирующего устройства зависит от точности определения текущих координат радионавигационной системой и точности отслеживания предыдущих траекторий.

Точность работы радионавигационной системы зависит от ошибок, вызываемых воздействием подстилающей поверхности

(рельефа), ошибок, определяемых геометрией расположения передающих станций, а также инструментальных ошибок. Известно, что все ошибки делятся на систематические и случайные. К систематическим следует отнести методические и инструментальные ошибки, обусловленные схемными решениями самих приборов (например, точностью фазоизмерительного устройства), недостатками методики измерений и преобразования координат. Случайные ошибки определяются уровнем возможных помех и случайным изменением условий, в которых проводятся измерения (резкое изменение температуры, влажности, вибрации и тому подобное). Известно, что в первом приближении все случайные ошибки такой природы статистически независимы и отвечают нормальному закону распределения вероятностей.

В гиперболических навигационных системах ошибки определения места зависят от точности определения двух линий положения, при этом существенную роль играет значение угла пересечения линий положения. Для однозначной характеристики точности определения объекта используют радиус круга m , в пределах которого с заданной вероятностью находится истинное место объекта.

Для гиперболических систем

$$m = \frac{1}{\sin \Theta} \sqrt{m^2(l_1) + m^2(l_2)},$$

где Θ – угол пересечения линий положения; $m(l_1)$, $m(l_2)$ – радиусы среднеквадратических ошибок определения линий положения.

Величина m называется радиусом среднеквадратического круга рассеяния или среднеквадратической ошибкой определения места объекта.

Среднеквадратическая ошибка в определении линии положения $m(l_i)$ зависит от среднеквадратической ошибки измерения навигационного параметра $m(\Delta t)$ и от базового угла β . Для двух пар станций (рис. 3)

$$m(l_1) = \frac{\Delta a}{2 \sin \frac{\beta_1}{2}},$$

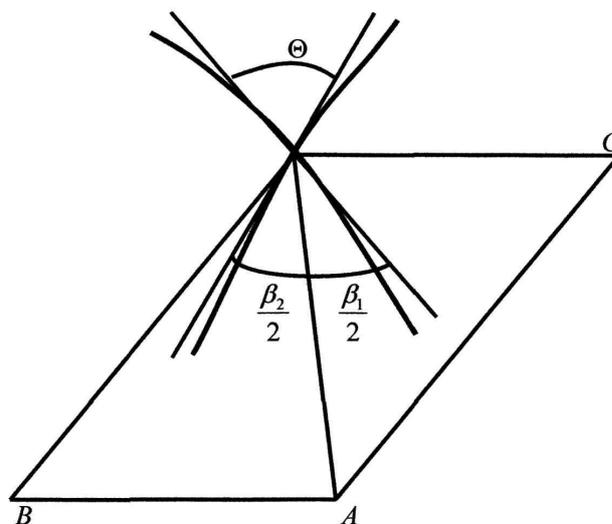


Рис. 3. Гиперболическая система определения местонахождения объекта

$$m(l_2) = \frac{\Delta b}{2 \sin \frac{\beta_2}{2}},$$

где Δa , Δb – среднеквадратические ошибки определения линий положения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Если не принимать во внимание знак m , то можно считать, что угол Θ изменяется в пределах $60^\circ - 90^\circ$. Максимальная ошибка определения места объекта получается при $\Theta = \beta_1 + \beta_2 = 60^\circ$. В этом случае ошибка линий положения равна по величине $m(l_1) = m(l_2)$ и эти ошибки не превышают 0,01 мкс.

Для определения Δa воспользуемся формулой

$$\Delta a = \lambda_T \frac{m(\Delta t_1)}{T_{\Pi}},$$

где λ_T – длина волны (60 см);

T_{Π} – период измерения (16,29 мкс).

Отсюда $\Delta a \approx 4$ см. Для нахождения максимальной ошибки определения места объекта полагаем $\Delta b = \Delta a$ и тогда $m = 6,5$ см. Обычно максимальной ошибкой считают удвоенную среднеквадратическую ошибку $2m = 13$ см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов испытаний рассматриваемой системы подтвердил, что на практике ошибка не превышает величины 13 см, что является вполне приемлемым для автоматического управления движением ОР. Строгое аналитическое и практическое определение точности работы системы дистанционного управления движением ОР с помощью программного координирующего устройства требует дополнительно полных сведений о динамике конкретного типа мобильного объекта, а также статистических свойствах обрабатываемых поверхностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устинов Ю. Ф., Кононов А. Д., Кононов А. А. Информационные технологии автоматизации управления отвалом автогрейдера при разработке грунта // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2006. – № 2. – С. 169–173.

2. Авдеев Ю. В., Кононов А. Д., Кононов А. А., Варданян Н. А. Сравнительный анализ фазовых методов определения координат в задачах дистанционного автоматического управления машинами дорожно-строительного комплекса // Изв. вузов. Строительство. – 2014. – № 1. – С. 86–93.

3. Кононов А. Д., Кононов А. А. Разработка алгоритма определения координат и сигнала рассогласования в задаче автоматического управления мобильными объектами в дорожном строительстве // Вестник Воронежского государственного университета. Серия:

Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2014. – № 1. – С. 84–89.

4. Кононов А. Д. Построение оптического устройства для выделения траекторий движения в системах дистанционного управления рабочими агрегатами // Сборник статей к международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в производстве». – Беларусь, Минск. – 2011. – Т. 1. – С. 118–123.

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

6. Авдеев Ю. В., Кононов А. Д., Кононов А. А., Варданян Н. А. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами // Изв. вузов. Строительство. – 2011. – № 10. – С. 74–79.

7. Алгазинов Э. К., Матвеев М. Г., Тюкачев Н. А., Ховив А. М. Модели управления автоматическим повторным включением на электрических подстанциях // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2011. – № 2. – С. 5–9.

8. Аверина Л. И., Бобрешов А. М., Шутков В. Д. Адаптивный цифровой метод уменьшения внеполосного излучения усилителей мощности // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2013. – № 1. – С. 82–88.

Кононов Александр Давыдович – к.ф.-м.н, проф. кафедры информатики и графики Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.
Тел.: (473) 293-31-83. E-mail: kniga16@mail.ru

Кононов Андрей Александрович – д.т.н, проф. кафедры информатики и графики Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.
Тел.: (473) 223-98-36. E-mail: kniga16@mail.ru

Kononov Alexandr Davydovich – Candidate of physics.-math. Sciences, Professor of the dept. of Computer science and graphs, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering.
Tel.: (473) 293-31-83. E-mail: kniga16@mail.ru

Kononov Andrey Alexandrovich – Doctor of technical sciences, Professor of the dept. of Computer science and graphs, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering.
Tel.: (473) 223-98-36. E-mail: kniga16@mail.ru