

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ МЕТОК

А. А. ОРЛОВ¹, Д. В. ТИТОВ², А. В. АСТАФЬЕВ¹

¹Муромский институт (филиал)
Владимирского государственного университета
им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 602264, Муром, Россия
E-mail: AlexeyAlexOrlov@gmail.com

²Юго-Западный государственный университет, 305040, Курск, Россия

Представлена разрабатываемая система, предназначенная для решения задачи автоматического управления промышленной продукцией с использованием алгоритмов анализа многомерных временных рядов. Приведены результаты экспериментальных исследований системы, которые показали надежность идентификации изделий и отслеживания их перемещений вне маршрута на уровне 97,3 %. Технический результат — расширение области применения систем управления перемещением изделий за счет их локализации с помощью радиочастотных опознавательных знаков и локальных вычислительных устройств (оснащенных радиочастотными считывателями), расположенных на подъемно-транспортных механизмах.

Ключевые слова: система автоматического контроля движения, RFID-технология, автоматизация

Введение. Одним из важнейших элементов системы менеджмента качества промышленного производства, который во многом определяет эффективность его функционирования, является механизм идентификации, позволяющий обеспечить отслеживание продукции на протяжении всего технологического цикла производства. Существующие программно-аппаратные решения направлены в первую очередь на организацию автоматизированного складского учета и не совсем подходят для автоматизации контроля движения изделий.

На большинстве предприятий процесс перемещения продукции выполняется подъемно-транспортными механизмами, такими как мостовые краны, автопогрузчики, штабелеры, манипуляторы и т.д. Эти механизмы имеют различные степени свободы перемещения, что создает проблему отслеживания продукции. Решением данной проблемы является внедрение систем контроля движения, которые включают два взаимосвязанных процесса — идентификацию продукта и определение его местоположения. Большинство систем базируется на двух наиболее достоверных методах — радиочастотной идентификации и методе, основанном на техническом зрении. Использование этих методов позволяет создать системы автоматического контроля движения (САКД) изделий, что, в свою очередь, позволяет заменить человека в опасных и вредных зонах производства, значительно уменьшая рутинный труд.

Основными достоинствами систем технического зрения являются: относительно дешевая маркировка продукции, возможность считывания метки человеком без дополнительного оборудования и высокая достоверность считывания. К недостаткам можно отнести необходимость прямой видимости маркировки, слабую устойчивость к окружающей среде (выгорание метки или частичное перекрытие) и зависимость от освещения.

Радиочастотная идентификация (RFID) не только свободна от указанных недостатков, но и обладает рядом преимуществ, таких как поддержка считывания нескольких меток одновременно, высокая степень безопасности (данные на метках могут быть зашифрованы),

большой радиус действия. Недостаток RFID — высокая цена на маркировку, однако возможность повторного использования меток позволяет нивелировать затраты. Поэтому САКД, основанные на RFID, являются наиболее перспективной разработкой [1, 2].

В настоящей статье представлена разрабатываемая система автоматического контроля движения изделий, оснащенных пассивными радиочастотными идентификационными метками и перемещаемых с помощью подъемно-транспортных механизмов на территории производства и складов и при отгрузке.

Обзор существующих систем контроля движения. Разработкой программно-аппаратного обеспечения систем контроля движения занимаются: РСТ-Инвент (Санкт-Петербург, Россия), АйТиПроект (Москва, Россия), Impinj (Сиэтл, США), Motorola (Моррисвилль, США), Nordic ID (Сало, Финляндия), FEIG (Вайльбург, Германия).

Система распознавания маркировки „SmartVision M3200-IP“, разработанная группой компаний „Lumenta“, предназначена для автоматизации процесса регистрации стальных заготовок металлургического производства (слябов) при транспортировке. Недостаток этой системы заключается в необходимости приостановки движения идентифицируемого объекта непосредственно перед устройством распознавания маркировки, что может снизить скорость транспортировки до 4 раз, а в некоторых случаях такая остановка невозможна.

Система мониторинга перемещения грузовых контейнеров компании ISBC предоставляет аппаратное и программное обеспечение для контроля перемещения. Каждый контейнер маркируется корпусной RFID-меткой, стационарно установленные антенны сканируют область и фиксируют положение меток. Благодаря интеграции RFID, GPS / ГЛОНАСС-позиционирования и каналов сотовой связи система позволяет проводить идентификацию объектов, сопоставлять их точные координаты и передавать информацию в базу данных. К недостаткам системы можно отнести достаточно высокую стоимость внедрения в связи с применением дорогостоящего оборудования, а также значительное снижение достоверности идентификации при использовании системы внутри помещения.

Также известна система по складскому учету металлических труб (компании JPL RFID), основанная на маркировке радиочастотными метками заглушек, устанавливаемых на торцах труб. Такой подход позволяет проводить инвентаризацию хранящихся изделий в автоматизированном режиме с использованием ручных портативных считывающих устройств. Недостаток данной системы заключается в том, что при движении продукции, осуществляемом различными средствами малой механизации, маркировка, установленная на изделии, в большинстве случаев не попадает в поле зрения считывающих сенсоров, что не позволяет отслеживать продукцию в автоматическом режиме.

В работе [3] представлен способ определения координат положения подвижного объекта (складских грузовых платформ) в закрытых помещениях, сводящийся к обработке информационных сигналов от RFID-меток, размещаемых в n контрольных точках. Недостатки данного способа — сложность устройства контроля, которая определяется необходимостью организации n каналов радиосвязи с n точками контроля, а также низкая достоверность результатов из-за отсутствия самоконтроля устройства определения координат положения подвижного объекта.

Наиболее близкой к системе, предлагаемой в настоящей статье, является система автоматической идентификации и складирования контейнеров [4], локализация которых происходит за счет считывания радиочастотных меток с контейнеров сенсорами, установленными на подъемно-транспортных механизмах. Локализация контейнеров реализована посредством датчиков их позиционирования, а также датчиков ускорения движения захвата. Недостатки данной системы — повышенная сложность, обусловленная применением множества различных датчиков, а также отсутствие самоконтроля устройства.

Следует отметить, что в настоящее время на промышленных предприятиях существует ряд проблем, решение которых средствами известных систем контроля движения не реализовано; к ним можно отнести:

- высокую стоимость реализации надежной САКД;
- отсутствие возможности размещения радиочастотной маркировки в зоне видимости оборудования;
- невозможность использования ряда существующих САКД из-за ограничений по технике безопасности;
- отсутствие возможности обеспечить непрерывную и корректную работу ряда САКД на больших промышленных площадях;
- способность ряда современных САКД работать только при наличии систем позиционирования, которыми оборудуются транспортирующие устройства;
- наличие помех и сигналов, затрудняющих идентификацию.

Существующие программно-аппаратные решения направлены прежде всего на организацию автоматизированного складского учета и не совсем подходят для автоматизации контроля движения [5].

Основные сложности связаны с помехами естественного вида, такими как:

- экранирование радиосигнала металлическими изделиями (метка находится в „тени“);
- ложные сигналы от идентификаторов, расположенных на стандартных стеллажах и на неподвижных изделиях, встречающихся на пути движения;
- прерывистость сигналов из-за экранирования различными конструкциями и агрегатами.

Система автоматического контроля движения промышленной продукции. В предлагаемой САКД устройства считывания размещаются на средствах, осуществляющих транспортировку изделий. Локальные вычислительные устройства получают сигнал с Bluetooth-меток, размещаемых в местах хранения продукции. На основе уровня получаемого сигнала система определяет близлежащую зону размещения изделий. В зависимости от геометрических параметров изделия может быть применена мультикодовая маркировка. В этом случае каждое изделие маркируется множеством пассивных высокочастотных RFID-меток, размещаемых таким образом, чтобы информационные радиосигналы от них распространялись во всех направлениях равномерно. Металлическая продукция маркируется RFID-метками на клеящейся подложке из ферритовых материалов, что исключает прямой контакт антенны RFID-метки с металлической поверхностью.

Каждое из локальных вычислительных устройств содержит: устройство беспроводной цифровой связи по радиоканалу с дальностью действия до 100 м и частотой 2,4 ГГц; устройство беспроводной связи Bluetooth с дальностью действия до 30 м; микрокомпьютер; RFID-считыватель с рабочей частотой 865—868 МГц; портативный источник питания на 72 000 Кл; RFID-антенну с максимальной дальностью считывания до 10 м. Габариты устройства — 250×220×100 мм. Принцип работы системы поясняется рис. 1, где 1, 2, 3 — мостовой кран, тележка и цепная траверса для переноса изделия соответственно; 4 — перемещаемое изделие; 5 — автономное считывающее устройство; 6 — RFID-метка изделия; 7 — стеллажи хранения продукции; 8 — Bluetooth-метка стеллажа хранения продукции.

Вычислительное устройство может быть размещено на различных средствах малой механизации, таких как кран с магнитной траверсой или траверсой с крючьями, погрузчик и т.п.

В соответствии с разработанными алгоритмами управления после включения системы автоматического контроля и складирования происходит синхронизация работы и устанавливается взаимодействие всех локальных вычислительных устройств по беспроводным каналам радиосвязи с сервером. Сервер „удерживает“ соединение со считывающими устройствами для оперативного выявления неполадок.

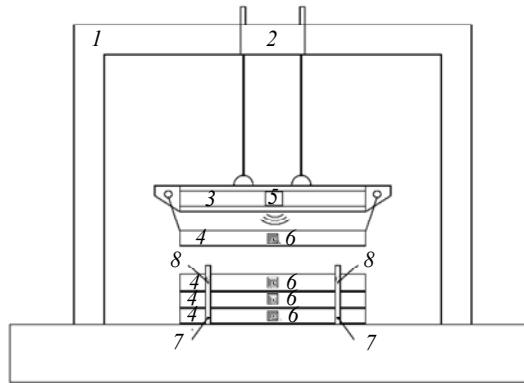


Рис. 1

В ходе цикла перемещения изделий траверсой 3 считыватель 5 идентифицирует изделия и передает управляющие сигналы в вычислительное устройство, расположенное в одном корпусе со считывателем. Аналогичным образом устройство 5 считывает свое местоположение посредством Bluetooth-меток 8. Вычислительное устройство идентифицирует транспортируемую продукцию на основе информационного анализа [6, 7] сформированного многомерного временного ряда данных [8, 9], полученных в процессе движения. После этого информация о перемещении изделий поступает на сервер [10], который вносит соответствующие изменения в учетную базу данных.

Эксперимент. Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке в условиях, близких к реальному производству.

Были созданы три стеллажа, каждый из которых промаркирован Bluetooth-меткой. Производилось перемещение изделий 1 и 3 из первого стеллажа в третий; изделия 2 — из первого стеллажа во второй; изделия 4 — из второго стеллажа в третий.

В ходе эксперимента, продолжительность которого составила 60 с, с использованием Bluetooth-меток стеллажей получено 267 показаний, а RFID-меток изделий — 2525. Результаты считывания (с интервалом 6 с) Bluetooth-меток стеллажей и RFID-меток изделий представлены в табл. 1 и 2 соответственно, графическая интерпретация данных — на рис. 2, 3 соответственно.

Таблица 1

Время	Количество считываний N		
	Стеллаж 1	Стеллаж 2	Стеллаж 3
00:06:00	46	0	0
00:12:00	38	0	0
00:18:00	0	0	0
00:24:00	0	0	0
00:30:00	0	0	0
00:36:00	0	39	0
00:42:00	0	42	0
00:48:00	0	0	0
00:54:00	0	0	48
01:00:00	0	0	54

Таблица 2

Время	Количество считываний N			
	Изделие 1	Изделие 2	Изделие 3	Изделие 4
00:06:00	68	64	81	0
00:12:00	59	57	93	0
00:18:00	78	103	67	0
00:24:00	75	78	75	0
00:30:00	84	81	110	97
00:36:00	96	35	97	87
00:42:00	68	0	84	73
00:48:00	81	0	79	92
00:54:00	75	0	68	74
01:00:00	97	0	82	67

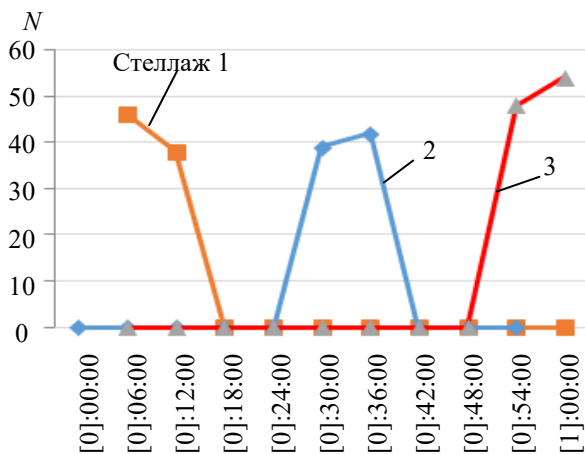


Рис. 2

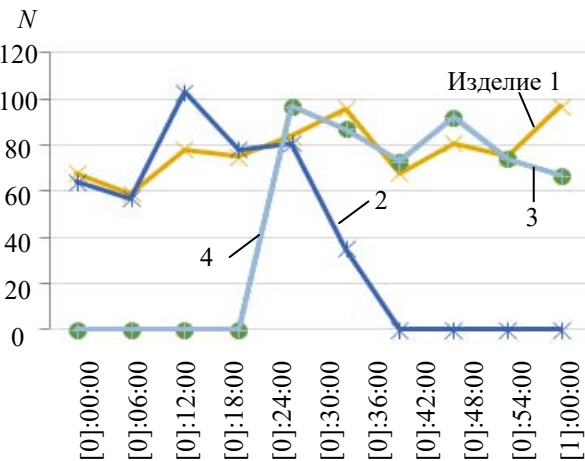


Рис. 3

За время работы было проведено более 150 экспериментов [11]. Результаты исследований показали высокую достоверность разработанной системы. Кроме того, считывающий модуль был протестирован на Выксунском металлургическом заводе.

Заключение. Результатом исследований является расширение области применения системы контроля перемещения изделий за счет их идентификации и определения местоположения с использованием радиочастотных идентификационных меток и локальных вычислительных устройств (оснащенных радиочастотными считывателями), размещенных на подъемно-транспортных механизмах. Вычислительное устройство определяет транспортируемую продукцию на основе анализа с применением сформированного многомерного временного ряда данных, полученных в процессе движения. Результаты исследований показали достоверность идентификации изделий и отслеживания их перемещений на уровне 97,3 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (госзадание ВлГУ ГБ-1187/20).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А. А., Астафьев А. В., Провоторов А. В. Системный анализ методов маркировки промышленных изделий // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. № 15. С. 136—140.
2. Nikitin P. V., Rao K. V. S. Performance limitations of passive UHF RFID systems // Antennas and Propagation Society Intern. Symp., IEEE. 2006. P. 1011—1014.
3. Пат. 2004126292/09 РФ. Способ определения координат подвижного объекта в закрытых помещениях / А. А. Михайлов, С. А. Михайлова. 30.08.2004.
4. Пат. 2007137964/09 РФ. Система автоматической идентификации и складирования контейнеров, оснащенных радиочастотными идентификационными метками, на стационарных и подвижных складах / М. В. Руфицкий, Н. Н. Давыдов. 12.10.2007.
5. Орлов А. А., Астафьев А. В., Провоторов А. В. Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2010. № 15. С. 131—135.
6. Попов Д. П. Алгоритм обработки данных с RFID-считывателя для идентификации промышленной продукции // Вестн. Череповец. гос. ун-та. 2016. № 5(74). С. 24—28.
7. Astafiev A. V., Orlov A. A., Popov D. P., Pshenichkin M. V. Methods of RFID data processing in intelligent systems for the identification and movement control of industrial products // Proc. of the Computer Modeling Session at the Intern. Conf. on Information Technology and Nanotechnology, Samara, Russia. 2018.
8. Aghabozorgi S., Shirkorshidi A. S., Wah T. Y. Time-series clustering—A decade review // Information Systems. 2015. Vol. 53. P. 16—38.

9. Rani S., Sikka G. Recent techniques of clustering of time series data: a survey // Intern. Journal of Computer Applications. 2012. Vol. 52. N 15.
10. Liu A. X., Shahzad M., Liu X., Li K. RFID Protocol Design, Optimization, and Security for the Internet of Things / The Institution of Engineering and Technology, London, UK. 2017. 267 p.
11. Shahzad M., Liu A. X. Identification of active RFID tags with statistically guaranteed fairness // Proc. IEEE 23rd Intern. Conf. on Network Protocols (ICNP). 2015. P. 279—290.

Сведения об авторах

- Алексей Александрович Орлов** — д-р техн. наук, доцент; Муромский институт (филиал) ВлГУ; кафедра физики и прикладной математики; заведующий кафедрой; E-mail: AlexeyAlexOrlov@gmail.com
- Дмитрий Витальевич Титов** — д-р техн. наук; Юго-Западный государственный университет, Институт международного образования; директор
- Александр Владимирович Астафьев** — канд. техн. наук; Муромский институт (филиал) ВлГУ; кафедра физики и прикладной математики; доцент; E-mail: Alexandr.Astafiev@mail.ru

Поступила в редакцию
21.12.2020 г.

Ссылка для цитирования: Орлов А. А., Титов Д. В., Астафьев А. В. Система автоматического контроля движения промышленных изделий с использованием радиочастотных идентификационных меток // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 3. С. 176—182.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE MOVEMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTS USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION TAGS

A. A. Orlov¹, D. V. Titov², A. V. Astafiev¹

¹Murom Institute of Vladimir State University, 602264, Murom, Russia
E-mail: AlexeyAlexOrlov@gmail.com

²South-West State University, 305040, Kursk, Russia

A system, intended to solve the problem of automatic control of industrial products using algorithms for multidimensional time series analysis, is being developed. Results of experimental studies of the system are presented to demonstrate the reliability of product identification and tracking of their movements outside the route at the level of 97.3%. Technical result of the described development is the expansion of the scope of product movement control systems due to the samples localization using radio frequency identification marks and local computing devices (equipped with radio frequency readers) located on lifting and transport mechanisms.

Keywords: automatic traffic control system, RFID-technology, automation

REFERENCES

1. Orlov A.A., Astafyev A.V., Provotorov A.V. *Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh*, 2010, no. 15, pp. 136–140. (in Russ.)
2. Nikitin P.V., Rao K.V.S. *Antennas and Propagation Society International Symposium 2006*, IEEE, 2006, pp. 1011–1014. (in Russ.)
3. Patent RU2004126292/09, *Sposob opredeleniya koordinat podvizhnogo ob"yekta v zakrytykh pomeshcheniyakh* (Method for Determining the Coordinates of a Moving Object in Closed Rooms), A.A. Mikhaylov, S.A. Mikhaylova, Published 30.08.2004. (in Russ.)
4. Patent RU2007137964/09, *Sistema avtomaticheskoy identifikatsii i skladirovaniya konteynerov, osnashchennykh radiochastotnymi identifikatsionnymi metkami, na statsionarnykh i podvizhnykh skladdakh* (System for Automatic Identification and Storage of Containers Equipped with Radio Frequency Identification Tags in Stationary and Mobile Warehouses), M.V. Rufitskiy, N.N. Davydov, Published 12.10.2007. (in Russ.)
5. Orlov A.A., Astafyev A.V., Provotorov A.V. *Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh*, 2010, no. 15, pp. 131–135. (in Russ.)
6. Popov D.P. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 5(74), pp. 24–28. (in Russ.)
7. Astafiev A.V., Orlov A.A., Popov D.P., Pshenichkin M.V. *Proceedings of the Computer Modeling Session at the International Conference on Information Technology and Nanotechnology*, Samara, Russia, 2018.

8. Aghabozorgi S., Shirkorshidi A. S., Wah T.Y. *Information Systems*, 2015, vol. 53, pp. 16–38.
9. Rani S., Sikka G. *International Journal of Computer Applications*, 2012, no. 15(52).
10. Liu A. X., Shahzad M., Liu X., Li K. *RFID Protocol Design, Optimization, and Security for the Internet of things*, The Institution of Engineering and Technology, 2017, 267 p.
11. Shahzad M., Liu A.X. *IEEE 23rd International Conference on Network Protocols (ICNP)*, 2015, pp. 279–290.

Data on authors

- Alexey A. Orlov** — Dr. Sci., Associate Professor; Murom Institute of Vladimir State University, Department of Physics and Applied Mathematics; Head of the Department; E-mail: AlexeyAlexOrlov@gmail.com
- Dmitry V. Titov** — Dr. Sci.; South-West State University, Institute of International Education; Director of the Institute
- Alexander V. Astafiev** — PhD; Murom Institute of Vladimir State University, Department of Physics and Applied Mathematics; Associate Professor; E-mail: Alexandr.Astafiev@mail.ru

For citation: Orlov A. A., Titov D. V., Astafiev A.V. Automatic control system for the movement of industrial products using radio frequency identification tags. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 3. P. 176—182 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-3-176-182