

М.В. ПШЕНИЧКИН,  
А.В. АСТАФЬЕВ,  
Д.П. ПОПОВ

**Реализация алгоритма анализа  
перемещения металлической  
продукции с применением RFID –  
технологии**

УДК 004.41

Муромский институт  
(филиал) ФГБОУ ВО  
«Владимирский  
государственный  
университет имени  
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
г. Муром

*В статье приведены результаты работы алгоритма анализа перемещения металлической продукции с применением RFID-технологии. При поступлении данных с RFID-считывателя, программа выделяет из каждой полученной строки ответа составные элементы, и сохраняет код метки и время её получения в два хранилища. В первое попадают метки, относящиеся к объектам, а во второе те, которые принадлежат стеллажам. На основе полученных данных выполняется функция, которая определяет текущий стеллаж. Система переходит в соответствующие состояния и запоминает моменты времени. На заключительном этапе происходит выборка нужных элементов из истории. Полученная совокупность анализируется и формируется результат о перемещении объектов.*

В статье описана работа программы анализа перемещения металлической продукции с применением RFID-технологии.

Прослеживаемость – это возможность отслеживания происхождения, перемещения, местонахождения продукции на всех стадиях производства, обработки и распределения. Для внедрения прослеживаемости необходимо на всех этапах цепи поставки продукции внедрять мероприятия, дающие возможность определить происхождение, перемещение, текущее местонахождение, маршрут

движения продукта или партии товаров. Эффективная система прослеживания должна позволять отследить продукты вниз или вверх по цепи поставки, т.е. ответить на вопросы «Где?» находится интересующий Вас объект и «Откуда?» он пришел, т.е. определить происхождение объекта [7].

Технология прослеживания обеспечивает сбор данных от следующих источников информации:

- радиочастотные метки – РЧИ (пассивные ВЧ, УВЧ);
- штрих – кодовые метки (линейный ШК, двумерный ШК);
- фото- и видеокамеры;
- датчики различной физической природы (температура, влажность, вибрации и т.д.);
- средства автоматизированных измерений (геометрические размеры и т.д.);
- человек-оператор (с клавиатуры).

Технология прослеживания предполагает работу с маркированными объектами. Маркировке подлежат изделия (РЧИ или ШК), находящиеся в обороте бумажные документы (ШК), тара и упаковка (ШК или РЧИ). Допускается присутствие немаркированных объектов (которые будут промаркированы на последующих стадиях, которые временно не промаркированы, например, из-за недостаточно имеющихся в наличии меток, которые в принципе не должны маркироваться). Собранные по технологии прослеживания данные представляют собой: характеристики (метрики) технологических процессов производства, эксплуатации и характеристики изделий. В основу автоматизации произвольного технологического процесса положены принципы: гарантированной полноты, легитимности, достоверности, актуальности собираемых данных и регламентации работ.

Технология прослеживания обеспечивает актуальность собираемых данных, решая важную задачу по обеспечению реального времени при выполнении операций автоматизированной технологии: данные должны поступать потребителям информации «сразу», а не через длительные интервалы времени, задерживающие процессы жизненного цикла изделия [8].

Радиочастотная идентификация продукции становится всё более популярной. Это объясняется её возможностями в сравнении

с традиционными системами маркировки. Наиболее распространенные RFID-метки, как и многие штрих-коды, представляют собой самоклеящиеся этикетки. Однако на штрих-коде информация хранится в графическом виде, а на RFID-метку данные заносятся и считываются при помощи радиоволн.

Конкретно для металлических изделий используются RFID-метки, специально адаптированные на работу вблизи металлических поверхностей. Их отличительной особенностью является то, что они не экранируются на поверхности металла. Напротив, при размещении их на металлическом изделии они увеличивают радиус своего действия. Данные метки могут иметь различные варианты крепления: клипсы, винтовое, хомуты, клеевой интерфейс.

Для идентификации изделий, отмеченных такими метками, будем использовать методы статистического анализа, который выполняется на ЭВМ. Алгоритм её работы представлен ниже:

1. Со считывателя поступают данные в виде строки. Каждая строка разбивается на составные элементы, при помощи регулярных выражений. Получение данных выполняется в цикле, так как считыватель может присылать сразу несколько строк данных. Далее выполняется сохранение данных в два независимых хранилища. Происходит проверка на входжение в массив изделий, если это метка товара сохраняется в хранилище изделий, если метка места расположения продуктов, тогда в хранилище стеллажей.

2. Из истории берутся метки стеллажей за определенный период. Этот период устанавливается в файле настроек и определяется в зависимости от обстоятельств.

3. История анализируется функцией, по заданному алгоритму. В качестве результата функция вернёт номер стеллажа, в котором мы находимся.

4. Если история стеллажей ещё пуста, то запоминаем название первого стеллажа и устанавливаем его название текущим.

5. Как только текущий стеллаж поменялся мы проверяем состояние (state), если оно больше 1, то устанавливаем его в значение 2 и присваиваем  $t_2$  время появления текущей метки.

6. Если state равен 0, то устанавливаем его в 1 и присваиваем времени  $t_1$  время появления текущей метки. Название этой метки запоминаем.

7. Если таймер запущен и не успел сработать, то анализируем изменились ли объекты на участках  $t_1 - \Delta t$ ,  $t_1 + \Delta t$ ,  $t_2 - \Delta t$  и  $t_2 + \Delta t$ . Если изменились, то выводим промежуточный результат.

8. Устанавливаем таймер окончания анализа.

9. Когда таймер сработал подсчитываем  $t_1$ ,  $t_2$  прибавляя и убавляя  $\Delta$ . Делаем выборку данных из сформированного множества.

Фрагмент данных, получаемый при сканировании считывателем представлен в таблице 1.

Таблица 1

Результат ответа с RFID-считывателя

Номер	Дата	Время	Код метки
11	16-10-04	13:15 03.06	30003450afec2b000000000000010000
12	16-10-04	13:15 03.08	3000300dba815939c2ecc8170b320000
13	16-10-04	13:15 03.11	3000300dba815939c2ecc8170b320000
14	16-10-04	13:15 03.12	30003450afec2b000000000000010000
15	16-10-04	13:15 03.14	3000300dba815939c2ecc8170b320000

Каждая строка включает в себя:

- номер, который сбрасывается при перезапуске устройства;
- дата и время получения метки;
- код метки.

На основе накопления этих данных, после выполнения всех шагов алгоритма, система выдаёт результат о перемещении изделия. А также строит частотный график.

В настройках программы содержатся константы, которые подбираются практическим путём.

- analisTimer – таймер запуска основного модуля анализа;
- range – диапазон выборки стеллажей;
- timer – таймер, сигнализирующий окончания перемещения;
- $\Delta t$  – интервал времени;
- screening - порог отсеивания побочных меток.

Переход системы между состоянием можно представить в виде схемы продемонстрированной на рисунке 1 и рисунке 2.

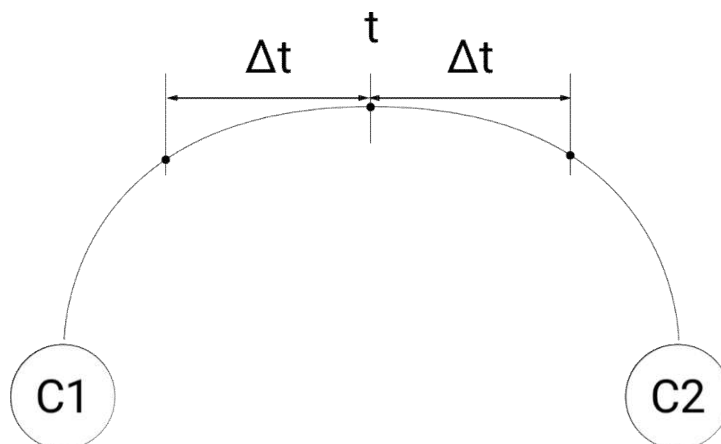


Рис. 1. Перемещение из стеллажа C1 в стеллаж C2

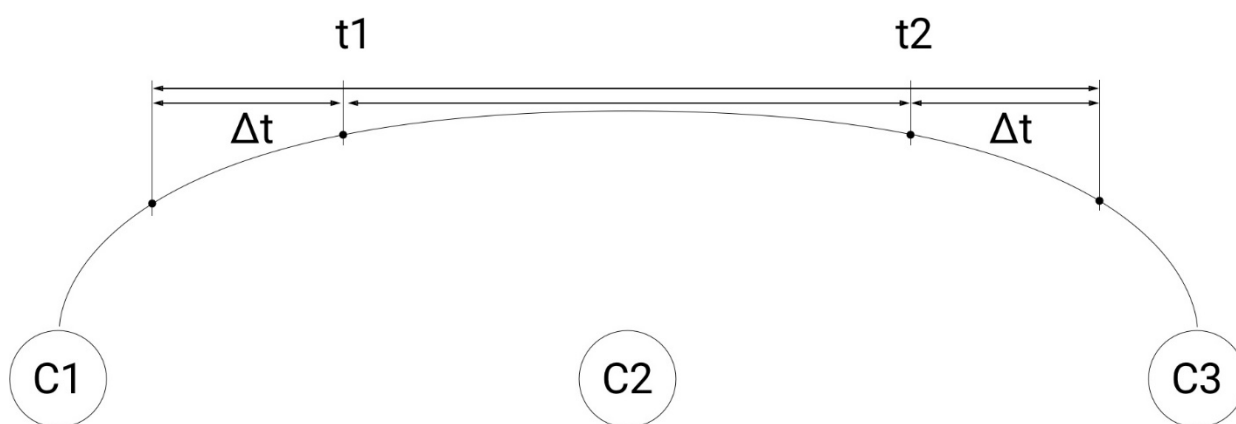


Рис. 2. Перемещение из стеллажа C1 в стеллаж C3

Подробно алгоритм смены состояния системы описан в работе «Алгоритм обработки данных с RFID считывателя для идентификации промышленной продукции», представленной в Вестнике ЧГУ 2016 Д.П. Поповым, А. А. Орловым.

Для проверки результатов программы был спланирован следующий эксперимент.

На металлическом изделии размещается RFID-метка, обозначим её А. Расположим метки C1, C2 и C3 на расстоянии примерно 3-4 метра друг от друга. Это будут стеллажи (места хранения изделий). Стеллажи располагаются последовательно. У C2 разместим ещё метку S1, которая будет являться помехой. В программе, будет отмечено, что метка А и S – это изделия, а C1, C2 и C3 – точки размещения товара.

Первоначально метка A1 размещается у точки В1 (рисунок 3), затем включив считыватель перенесем объект А к стеллажу, отмеченному как С3 (рисунок 4).

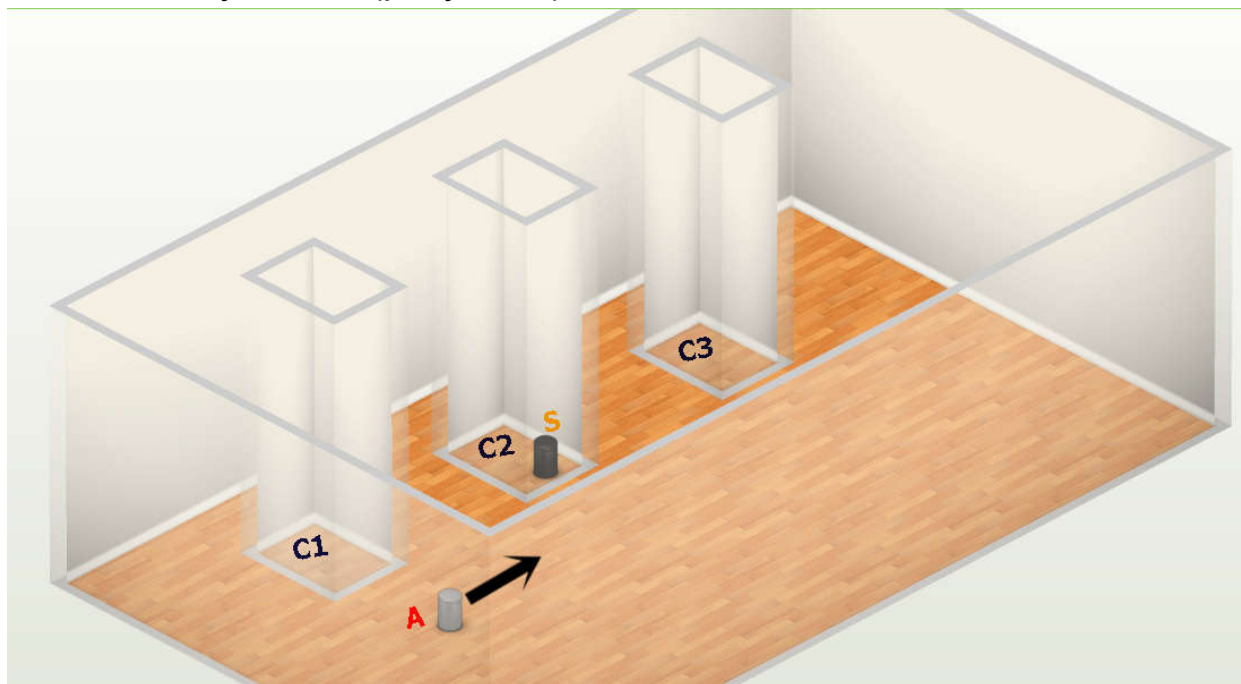


Рис. 3. Эксперимент. Этап 1

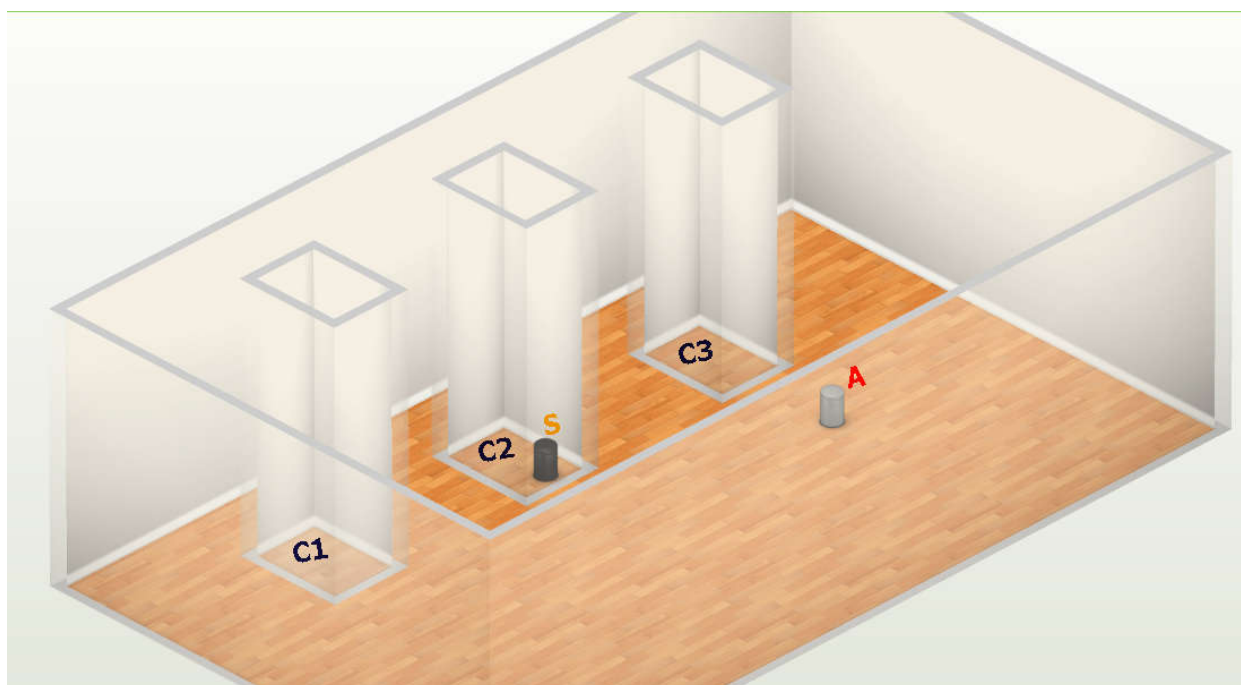


Рис. 4. Эксперимент. Этап 2

В результате работы программы были получены следующие результаты, которые показаны на рисунках с 5 по 8.

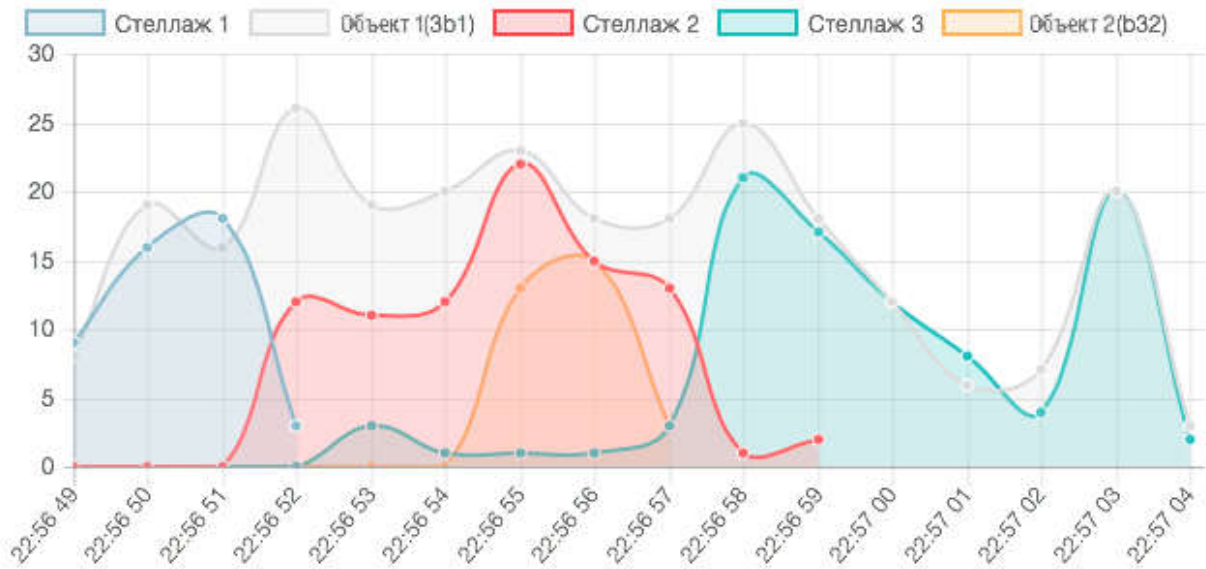


Рис. 5. Частотный график меток объектов и стеллажей

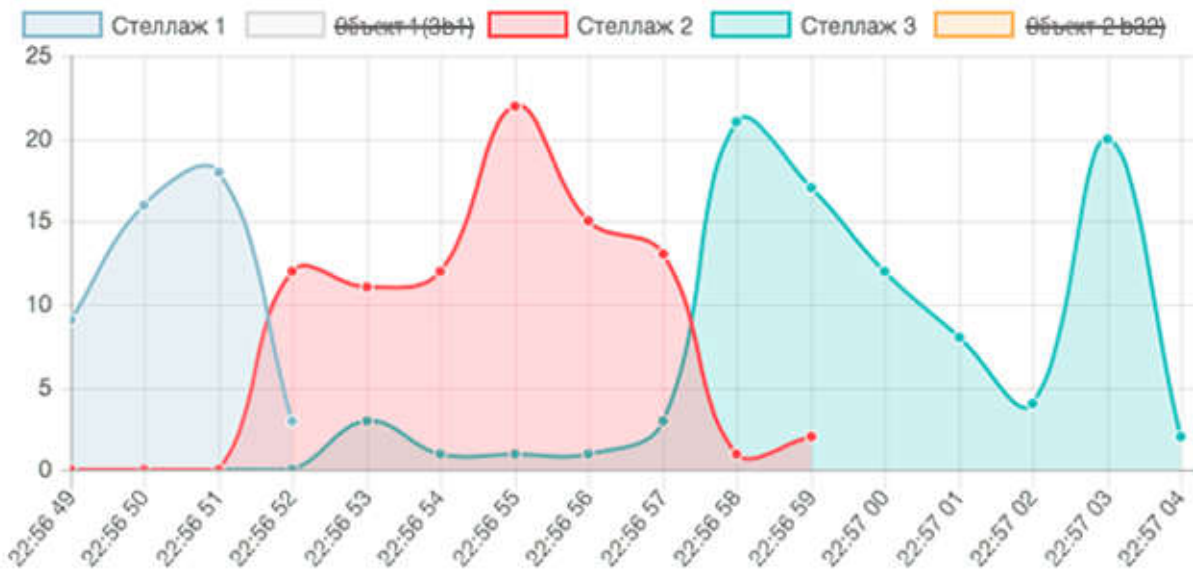


Рис. 6. Частотный график меток стеллажей

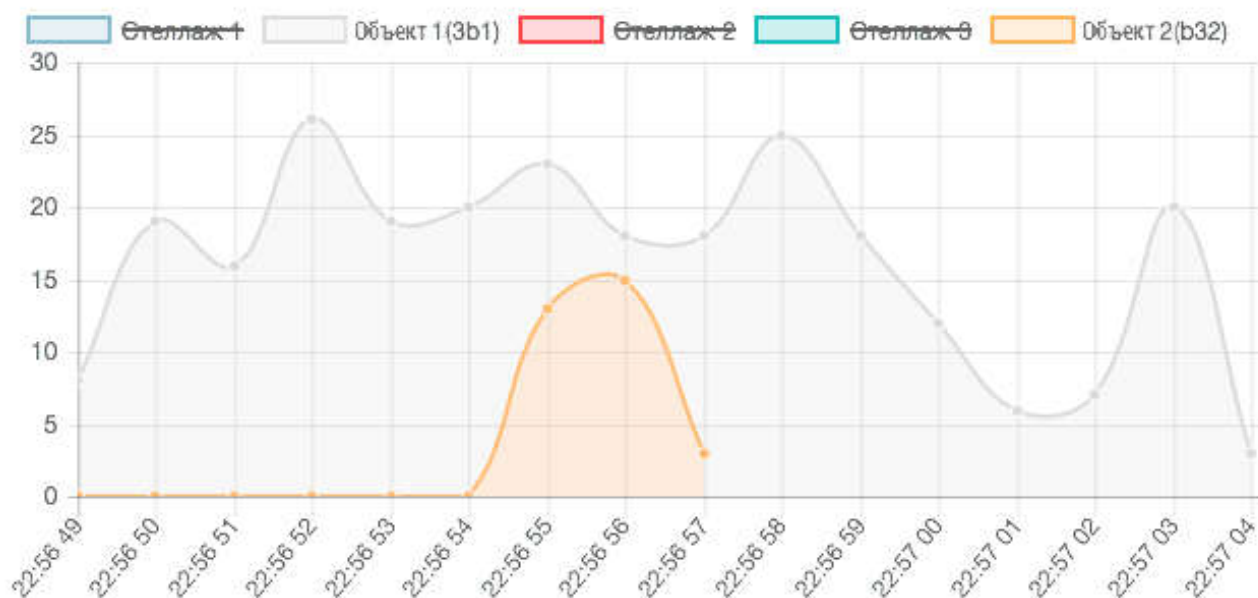


Рис. 7. Частотный график меток объекта

Откуда	Куда	Объекты
Стеллаж 1	Стеллаж 2	Объект 1(3b1)
Стеллаж 2	Стеллаж 3	Объект 1(3b1)

Рис. 8. Результаты анализа перемещения объекта

## Заключение

1. Алгоритм анализа перемещения металлических объектов на основе методов радиочастотной идентификации, реализованный данной программой доказал его правильность. На выходе программа отобразила верный результат и показала частотный график полученных меток.

2. В процессе проведения работы было установлено, что для корректного результата требуется правильно установить параметры программы. Параметры подбираются на основании расстояния между стеллажами и скорости перемещения объекта.

3. Разработанная программа оказалась достаточно производительной и мало требовательной к вычислительным ресурсам. Она может выполняться как на обычном ноутбуке, так и на мини ПК с ARM архитектурой. В качестве последнего могут использоваться, например, Orange PI, Raspberry PI и подобные.



## Литература

1. Д.В. Гринченков, С.И. Потоцкий. Математическая логика и теория алгоритмов для программистов: учебное пособие. — Москва: КноРус, 2017. — 206 с. — ISBN 978-5-406-05421-5.
2. Полещук И.И., ред. Логистика. — Минск: РИПО 2016 г.— 267 с. — Электронное издание. — ISBN 978-985-503-602-0.
3. Klaus Finkenzeller. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication, Third Edition. 2010. — 462 с. — ISBN: 978-0-470-69506-7.
3. А.А. Орлов, А.В. Провоторов, А.В. Астафьев Системный анализ методов маркировки промышленных изделий // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. — 2010. — №15. — с. 136.
4. А.А. Орлов, А.В. Провоторов, А.В. Астафьев Комплексный анализ систем мониторинга оборудования на производственных предприятиях // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. — 2010. — №15. — с. 131.
5. А.А. Орлов, А.В. Провоторов, А.В. Астафьев Методика и алгоритмы автоматической двухэтапной видеоидентификации металлопрокатных заготовок // Автоматизация в промышленности. — 2013. — №10. — с. 53.
6. А.А. Орлов, Д.П. Попов Алгоритм обработки данных с RFID-считывателя для идентификации промышленной продукции // Вестник ЧГУ. — 2016. — №5(74). — с. 9.
7. Контрол Юнион [Электронный ресурс]. URL: <http://www.controlunion.ru/index.php/11-novosti/301-proslezhivaemost-produktsii>, свободный. (Дата обращения: 19.02.17 г.).
8. Автоматизированная технология прослеживания состояния производственных и эксплуатационных процессов жизненного цикла изделий авиационной техники с применением методов и средств автоматической идентификации материальных объектов [Электронный документ]. URL: [http://www.aviationunion.ru/Files/Nom\\_4\\_GosNIIAS\\_2014.pdf](http://www.aviationunion.ru/Files/Nom_4_GosNIIAS_2014.pdf), свободный. (Дата обращения: 19.02.17 г.).