



УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ RFID-ТЕХНОЛОГИИ В ЦЕПОЧКАХ ПОСТАВОК

П. С. Вихлянцев¹, А. П. Вихлянцев¹, Н. Н. Сердюков^{1*}

¹АО «ЦентрИнформ»,
Санкт-Петербург, 195009, Российская Федерация

*Адрес для переписки: n.serdiukov@center-inform.ru

Аннотация—Предметом исследования статьи является применение технологии RFID (радиочастотной идентификации) в производственных, логистических процессах, а также в процессах оптовой и розничной реализации товаров. В статье проанализированы преимущества и ограничения использования существующих типов RFID-меток. Рассмотрены различные типы материалов и сред, физические свойства которых влияют на эффективность и возможность применения RFID-меток. Приведены примеры практического применения RFID-меток. Проведенный анализ позволяет определить область применения радиочастотной идентификации, а также типы товаров, которые целесообразно маркировать RFID-метками. Задачи, решаемые при помощи RFID-маркировки, отражают их практическую значимость в сферах производства, поставок и торговли.

Ключевые слова—радиочастотная идентификация, RFID, цепочки поставок, радиочастотные метки, АСУТП.

Информация о статье

УДК 658.56, 658.51

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 20.07.2021, принята к печати 20.12.2021.

Ссылка для цитирования: Вихлянцев П. С., Вихлянцев А. П., Сердюков Н. Н. Условия и особенности применения RFID-технологии в цепочках поставок // Информационные технологии и телекоммуникации. 2021. Том 9. № 4. С. 37–48. DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-4-37-48.



CONDITIONS AND FEATURES OF APPLICATION OF RFID TECHNOLOGY IN SUPPLY CHAINS

P. Vihlyancev¹, A. Vihlyancev¹, N. Serdyukov^{1*}

¹CentrInform JSC,
St. Petersburg, 195009, Russian Federation

*Corresponding author: n.serdiukov@center-inform.ru

Abstract—The subject of this article is the use of radio frequency identification in production and logistics processes, as well as in the processes of wholesale and retail sales. This article analyzes the advantages and limitations of using existing types of RFID tags. Various types of materials and media are considered, the physical properties of which affect the efficiency and applicability of RF marking. Examples of practical application of RFID tags are given. The analysis carried out allows determining the field of application of radio frequency identification, as well as the types of goods that are advisable to be labelled by radio frequency tags. The challenges addressed by RFID reflect their practical relevance in manufacturing, supply and trade.

Keywords—radio frequency identification, RFID, supply chains, radio frequency tags, automatic process control system.

Article info

Article in Russian.

Received 20.07.2021, accepted 20.12.2021.

For citation: Vihlyancev P., Vihlyancev A., Serdyukov N.: Conditions and Features of Application of RFID Technology in Supply Chains // Telecom IT. 2021. Vol. 9. Iss. 4. pp. 37–48 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-4-37-48.



Тема применения технологии RFID в цепочках поставок обсуждается специалистами в течении ряда лет. Однако, зачастую специалисты-инициаторы не готовы учитывать особенности применения данной технологии на практике.

Данная статья посвящена наиболее общим подходам и рекомендациям для применения RFID-технологии на всём пути движения товаров от производства до реализации.

Внимание специалистов к RFID-технологии обусловлено рядом преимуществ и полезных свойств RFID-меток. К наиболее важным преимуществам RFID следует отнести следующие:

- возможность группового считывания (записи) меток;
- возможность считывания меток при отсутствии прямой видимости;
- наличие в памяти метки неизменяемого уникального идентификатора (TID), записываемого при изготовлении чипа и защищающего его от подделки;
- возможность эффективного применения радиочастотных маркировок в производственных и логистических целях, а также для автоматизированного учёта товаров.

Практическое внедрение RFID-технологии является сложной организационно-технической задачей. Подробные рекомендации по внедрению приведены в [1].

Достижение преимуществ радиочастотной идентификации товаров возможно при учете ряда условий и особенностей применения RFID-технологии [2]. К наиболее значимым можно отнести следующие:

1. Выбор частотного диапазона.
2. Оценка возможности реализации системы RFID-маркировки в соответствии с целевым предназначением и особенностями распространения радиоволн (РРВ).
3. Правильный выбор конструктивного исполнения RFID-меток.
4. Объем и состав данных сохраняемых в памяти метки и подбор чипа.
5. Особенности построения инфраструктуры считывания RFID-меток.

На объём и содержание работ по внедрению RFID, в значительной степени, влияет правильный выбор частотного диапазона.

Типовыми целями RFID-маркировки товаров являются: автоматизация логистических операций и операций складского учёта, автоматизация кассовых операций и учёта продаж, а также защита товаров от краж, контрафакта и подделок.

Чаще других для маркировки товаров используются метки диапазонов ВЧ (13,56 МГц) и УВЧ (860 МГц).

При выборе частотного диапазона требуется оценить необходимую дистанцию регистрации меток. При необходимости считывания меток на дистанциях до 10–15 см, например, для идентификации товаров на кассовом терминале и поштучной инвентаризации, а также для контроля подлинности [3] можно выбрать метки как ВЧ, так и УВЧ диапазона.

На дистанциях считывания более 15 см и до нескольких метров потребуются УВЧ-метки. Они также предпочтительны для одновременной регистрации в коли-



чествах от нескольких десятков до нескольких сотен штук, что важно использовать при приёме или выдаче товаров в групповых упаковках, при автоматизированной инвентаризации складских запасов, контроле отгрузки и защите от краж.

При выборе частотного диапазона можно ориентироваться на таблицу.

Таблица
К выбору частотного диапазона

Тип задачи	Тип метки	
	ВЧ	УВЧ
Входной контроль подлинности товара	+	+
Поштучная инвентаризация товара	+	+
Кассовые операции	+	+
Общественный контроль	+	-
Групповая регистрация (> 50 меток одновременно)	-	+
Регистрация товаров в коробках/пalletах	-	+
Быстрая массовая инвентаризация	-	+
Контроль отгрузок	-	+
Защита от краж	-	+

Особенности распространения радиоволн (РРВ) существенно ограничивают возможности маркировки отдельных типов товаров

Ограничивающими факторами в прослеживании цепочек поставок являются экранирующие свойства металлов и потеря энергии радиоволн при распространении в жидких средах.

С точки зрения РРВ свойства, подобные металлам, проявляют также токопроводящие жидкости (электролиты). Помимо свойства радионепроницаемости следует также учитывать и эффект переотражения радиоволн.

Влияние электропроводящих поверхностей на РРВ можно сравнить с влиянием зеркал и прочих блестящих объектов на луч направленного на них фонаря. Световой поток проходит сквозь стекло практически беспрепятственно, но отражается от зеркальной поверхности. При этом сорт стекла и форма отражающей поверхности могут заметно исказить структуру и форму светового потока.

Нежелательные эффекты отражения и интерференции радиоволн препятствуют внедрению RFID-маркировки, особенно в таких товарах, как ручной и электроинструмент, бытовая техника, металлическая посуда, крепёжные элементы и конструкции, железобетонные изделия. Наличие в товарах электролита и/или металла в упаковках и окружающих конструкциях (стеллажах, машинах и механизмах) может привести к непредсказуемым паразитным регистрациям меток.

Меньшие нежелательные эффекты привносят диэлектрические жидкости, такие как растительные и минеральные масла, дистиллированная вода и спирт. Хотя они и сохраняют свойство радиопрозрачности, но ослабляют энергию отклика метки, что может существенно снизить дальность считывания.



В групповых упаковках вплоть до паллет можно регистрировать жидкости-диэлектрики, разлитые в потребительскую тару из диэлектрических материалов (пластик, стекло, пищевой картон).

Весьма проблематично считывание RFID-маркировки электролитов, таких как водный раствор спирта, минеральные воды, рассолы.

Вместе с тем, ряд жидкостей является прозрачным для магнитной составляющей поля, что даёт возможность «связать» метку со считывателем в «ближнем поле».

Термины «ближнее поле» и «ближнепольная антенна» специалисты употребляют чаще в УВЧ-диапазоне, а в ВЧ-диапазоне для обозначения ближнего поля общепринята латинская аббревиатура NFC (*Near-Field Communication*). Предельная дальность считывания меток в ближнепольных УВЧ-системах и NFC-системах сравнима и составляет порядка 10–15 см.

Большинство УВЧ-меток в настоящее время способны работать как в дальнем, так и в ближнем поле за счёт внедрения в конструкцию антенны специального элемента, называемого ближнепольной петлёй. Однако, известны и специальные УВЧ-метки, оптимизированные под работу в ближнем поле. Такие метки, как правило, отличаются малыми габаритами, что позволяет применять их для маркировки мелких объектов, в частности, стеклянных флакончиков с жидкими лекарствами.

Таким образом, содержание в товарах и упаковках металлических частей и жидкости является одной из основных причин крайней сложности либо невозможности индивидуальной RFID-маркировки таких товаров.

Например, с указанными проблемами столкнулась американская торговая компания Walmart при попытках промаркировать УВЧ-метками весь ассортимент продаваемых товаров. Через несколько лет безуспешного поиска универсального решения компания была вынуждена отказаться от индивидуальной маркировки жидкостной продукции и товаров в токопроводящей упаковке (содержащей фольгу либо металлизированные полимеры). Для таких товаров компания ограничилась маркировкой групповых упаковок (коробок и паллет) УВЧ-метками.

Рациональный выбор конструктивного исполнения RFID-метки является ключевой задачей

Наиболее простыми по исполнению являются RFID-метки в виде наклеек на полимерной или бумажной основе. Такие метки находят широкое применение для маркировки товаров массового спроса.

Однако, такие простые метки-наклейки не работают на металле и других проводниках. Переменное электромагнитное поле, создаваемое антенной считывателя, наводит в проводнике вихревые токи, стремящиеся скомпенсировать воздействие внешнего поля. Метка, таким образом, оказывается в зоне электромагнитного поля, где противоположно-направленные воздействия суммируются и обнуляются.

RFID-маркировка товаров, содержащих токопроводящие материалы и жидкости, требует использования меток в более сложном (и дорогом) исполнении.



Наиболее простое решение по RFID-маркировке металлических объектов состоит в креплении метки не непосредственно на металл, а на жёсткую диэлектрическую подложку из твёрдого пластика (рис. 1) либо на гибкую из вспененного полиэтилена (рис. 2). Из практики известно, метка, установленная с зазором 2–3 мм от металла, уже может быть считана.



Рис. 1. Метка на твёрдой подложке



Рис. 2. Метка на гибкой подложке из вспененного полиэтилена

Другое решение состоит в применении меток в виде флагжков, как показано в патенте на полезную модель № 188262 [4].

Отдельной группой решений являются метки с объёмной конструкцией антенны. Такие антенны называют печатными антеннами, микрополосковыми антеннами, либо патч-антенными. В общем случае конструкция метки с патч-антенной показана на рис. 3. Здесь чип крепится к плоскостям патч-антенны.

Коэффициент усиления патч-антенны тем больше, чем больше площадь подстилающего экрана, на который крепится метка. Наилучший результат достигается при непосредственном (гальваническом) контакте с металлической поверхностью маркируемого объекта, выполненным пайкой, сваркой или токопроводящим клеем.

Следует учесть, что на диэлектрических поверхностях или в воздухе метки, оптимизированные для работы на металле, работают заметно хуже.

Геометрические размеры метки с патч-антенной в общем случае зависят от характеристики материала диэлектрической прослойки. Чем выше диэлектрические свойства, тем тоньше требуется прослойка. Внешний вид метки с патч-антенной показан на рис. 4.

Если в качестве диэлектрика выступает воздушный зазор, то его толщина составляет порядка 10–15 мм, а применение диэлектрических пластиков позволяет уменьшить толщину зазора до 3–5 мм.

Отдельно следует отметить полимер от компании Xerafy (рис. 5), позволяющий уменьшить толщину диэлектрической прослойки до 0,7 мм и таким образом технически реализовать давнюю мечту многих пользователей – получить дальнобойную гибкую метку-наклейку на металл. Состав полимера не раскрывается и является ноу-хау компании Xerafy.

Рис. 3. Метка с патч-антенной



В конце 2010-х годов аналогичные метки стала выпускать компания Confidex (рис. 6), но информация о происхождении их полимера в открытых источниках отсутствует. Массовому применению меток с пластиковым зазором препятствует их высокая стоимость, которая в 5–15 раз выше обычных меток-наклеек с плоской антенной.



Рис. 4. Метка PatchTag с воздушным зазором



Рис. 5. Метка Xerafy Metal Skin



Рис. 6. Метка Confidex Ironside Slim с пластиковым заполнителем зазора

Наряду с конструкцией метки очень важно выбрать надёжный способ её крепления к маркируемому объекту. Требование неотделимости метки от объекта является важным требованием к маркировке [5]. Нарушение этого требования может привести к критическим ошибкам, особенно при инвентаризации, когда количество считываемых меток не будет соответствовать количеству товаров.

При маркировке радиопрозрачных объектов метку лучше всего устанавливать внутри объекта ещё на стадии его производства.

Одним из примеров является крепление метки к внутренней поверхности шины по патенту на полезную модель № 182706 [6]. Здесь RFID-метка, расположенная между слоями резины, посредством хвостовика крепится к внутренней поверхности шины методом вулканизации. Такое расположение исключает влияние динамических нагрузок на метку и защищает её от повреждений. Интеграция метки в изделие на этапе сборки сырой покрышки позволяет обеспечить электронную идентификацию покрышки на всех этапах её жизненного цикла с момента вулканизации до утилизации.

Другим примером маркировки в самом начале жизненного цикла является установка метки между слоями материалов при раскрое и пошиве спецодежды. Применение УВЧ-метки с большим радиусом действия позволило не только реализовать функции электронного паспорта товара и контроля цепочки поставок, но и минимизировать хищения продукции на всех этапах цепочки поставок.

Наиболее полно все возможности и преимущества технологии RFID были раскрыты в проекте по производству деревянной мебели. В рамках первого этапа по мониторингу цепочки поставок была выполнена маркировка готовой продукции с целью контроля отгрузок и предотвращения пересортицы. Затем было принято решение перенести процесс маркировки с зоны упаковки готового изделия в зону формирования первичных заготовок. Связь между меткой, заготовкой и конечным изделием отправлялась в АСУТП, которая, в свою очередь, выдавала необходимые инструкции на станки-автоматы и обрабатывающие центры, а также на мониторы работникам на участках ручных операций. Таким образом,

проект контроля цепочки поставок был расширен на управление производственными процессами и позволил на порядок сократить брак, вызываемый человеческим фактором.

В целях защиты RFID метки от механических воздействий могут применяться специальные защитные корпуса, как например фиксатор радиочастотной метки по патенту на полезную модель № 175050 [7] для маркировки древесины. Внешний вид корпуса приведён на рис. 7, а внутренняя структура на рис. 8.

Корпус изготовлен из ударопрочного пластика, скруглённые края предотвращают срыв метки при скользящих боковых ударах, возможных при транспортировке и перегрузке брёвен.

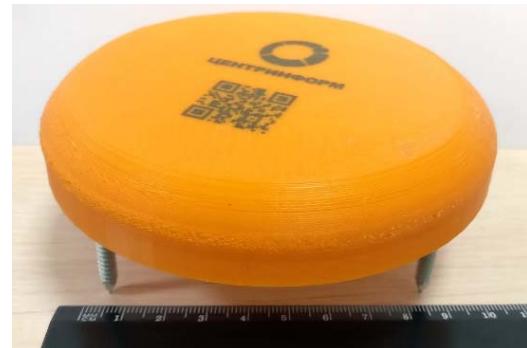


Рис. 7. Корпусированная RFID-метка для маркировки древесины



Рис. 8. Внутренняя структура метки: 1 – корпус (верхняя радиопрозрачная часть); 2 – нижняя неэлектропроводная часть; 3 – полость для установки радиочастотного инлея; 4 – углубления со сквозными отверстиями; 5 – ершеные гвозди; 6 – ответные выступы

В некоторых случаях целесообразно использовать такой способ крепления, при котором метка разрушалась бы при попытке снятия с объекта. Например, метка-пломба по патенту на полезную модель № 184400 [8], показанная на рис. 9.

При попытке снятия метки-пломбы с диска происходит разрыв сигнальной линии Tamper alarm. Метка-пломба сохраняет работоспособность, но значение бита TamperID в специализированной ячейке памяти метки-пломбы изменяется с «1» на «0», что сигнализирует о попытке снятия пломбы с объекта.



Рис. 9. RFID-пломба для маркировки колёсных дисков

Выбор чипа метки зависит от архитектуры учётной системы и требуемого объёма внутренней памяти для хранения данных

В настоящее время на рынке представлен большой выбор чипов от самых простых, с неизменяемым уникальным идентификатором, до сложных, с несколькими банками памяти изменяемого объёма. Данные о наличии и объёме пользовательской памяти в чипе приводятся в технической документации на метку.

По стандарту EPC Class1 Gen2 память метки должна содержать поле для записи электронного кода продукта EPC (*Electronic Product Code*) длиной 96 бит или более (128, 240). В поле EPC удобно сохранять глобальный идентификатор предмета продажи GTIN (*Global Trade Item Number*) по аналогии с тем, как это делается при штриховом кодировании продукции.

Более того, в памяти чипа можно без дополнительных затрат сохранять и сериализованный GTIN (sGTIN), глобально-уникальный идентификатор каждой единицы товара.

В информационной системе (ИС) предприятия идентификатор sGTIN связывают с характеристиками и свойствами продукта: наименование, дата и время выпуска, номер производственной линии, рецептура, срок годности, цвет, фасон, модель и т. п. В любой точке цепочки поставок товара пользователи получают данные сведения онлайн по считанному EPC-коду товара.

При необходимости получения некоторых, наиболее важных сведений о товаре, без выхода в интернет (в оффлайне), необходимую информацию можно записать в пользовательскую (*User Memory*) память микрочипа [9].

Формирование глобально-уникального идентификатора sGTIN называют сериализацией. Сериализацию меток можно выполнять на основе идентификатора метки TID (*Tag ID*), путём автоинкремента и с использованием производственных данных.



1. При сериализации на основе идентификатора TID последний используется в качестве серийной части sGTIN. TID представляет собой глобально-уникальный номер чипа, который записывается в специальную область памяти во время производства чипа и блокируется от перезаписи, оставаясь доступным для чтения. Глобально-уникальный идентификатор TID содержит в себе данные о чипе, включая его собственный серийный номер. TID (либо его фрагмент) используют в качестве серийной части sGTIN. Преимущество такого способа состоит в уникальности нумерации и исключает предсказание последующих номеров.

2. Сериализация путём автоинкремента предполагает в качестве серийной части sGTIN использовать порядковые номера (1, 2, 3... и т. д.). Преимуществом такого способа является простота и неизменность алгоритма сериализации при смене типа метки. Недостатком способа является низкая устойчивость от подделки, связанная с возможностью предсказания уникальных серийных номеров.

3. Наконец, уникальный серийный номер товара можно получить путём комбинации данных о дате и времени выпуска, номере партии, номере производственной линии и/или площадки и т. п. Задача подбора уникальной комбинации данных возлагается на производителя товара. Преимущество такого способа сериализации заключается в возможности считывания данных о товаре в режиме оффлайн непосредственно из кода EPC.

Построение инфраструктуры считывания на разных участках цепочки поставок требует наличия инфраструктуры с разными типами считывателей

К примеру, на производственных конвейерах чаще всего используют стационарные считыватели, на складах – стационарные считыватели и/или ворота, а в розничном звене – настольные и мобильные устройства.

Высокочастотные ридеры появились на рынке ещё в начале 1990-х годов и в достаточно короткие сроки нашли широкое применение в системах контроля и управления доступом (СКУД), банковских и транспортных приложениях. За счёт массовости применения ВЧ-считыватели относительно недороги и могут быть реализованы на одной микросхеме, выполняющей все необходимые функции от радиоинтерфейса до связи с периферийными устройствами. Примером может служить микросхема PN5180 компании NXP Semiconductors.

После 2010 года началось массовое внедрение в смартфоны ВЧ-модулей со встроенной функцией NFC. В настоящее время практически все смартфоны поддерживают эту функцию. Использование смартфонов с NFC в качестве аппаратной платформы позволяет значительно снизить расходы на RFID-инфраструктуру, дополнительно реализовав разнообразный функционал – кассовый, инвентаризационный, антиконтрафактный и др.

Дорогостоящие товары, дружественные к RFID, разумно маркировать УВЧ-метками, поскольку затраты на инфраструктуру будут относительно невысокими, при этом большая дальность считывания УВЧ-меток по сравнению с ВЧ позволит в полной мере реализовать противокражную функцию.

Антикражные проходы могут оснащаться стационарными считывателями. На рынке также имеются компактные внешние, в виде флэшки либо брелока



УВЧ-считыватели, которые могут подключаться к смартфонам, планшетам и прочему оборудованию по проводному (USB) или по беспроводному интерфейсу (*Wi-Fi, Bluetooth*).

Выводы

1. Наиболее подходящими (дружественными) товарами для радиочастотной маркировки являются товары из древесины (пиломатериалы, мебель, строительные конструкции), из тканых и нетканых материалов (одежда, текстиль в полотнах, бельё), из кожи и ряда других, например, резина, стекло, минеральные, синтетические и растительные масла, сухие строительные смеси, удобрения, кирпич, теплоизоляционные материалы, пластмассовые изделия.

2. С некоторыми ограничениями технологию можно применять в фармацевтике и косметике, за исключением товаров, упаковка которых выполнена из металлических материалов.

3. Применение технологии в продуктовом ритейле, в цепочках поставок инструментов и метизов, лакокрасочной продукции, металлических и металлизированных стройматериалов затруднено или невозможно по причине обилия электролитов и металла. Применение сложных конструкций RFID-меток для металлических объектов зачастую экономически невыгодно из-за высокой стоимости меток.

4. При выборе частотного диапазона следует учитывать требования к дистанции считывания, количеству одновременно считываемых меток при групповой регистрации, наличию жидкостей и металлических/металлизированных частей в товаре и/или упаковке.

5. Важнейшими характеристиками RFID-меток следует считать объём внутренней памяти чипа, конструкцию антенны и способ надёжного закрепления. Широкое разнообразие чипов и конструкций меток позволяет сделать обоснованный выбор.

Литература

1. Лахири С. RFID. Руководство по внедрению: пер. с англ. А. Казакова. М.: Кудиц-Пресс, 2007. 312 с. ISBN 5-91136-025-X.
2. Буркова Н. Ю. Радиочастотная идентификация данных в ритейле: новые возможности для бизнеса // Вестник университета. 2021. № 1. с. 28–35.
3. Богданов В. Н., Вихлянцев П. С., Вихлянцев А. П., Сердюков Н. Н. Система маркировки и проверки подлинности объекта. Пат. 2759259, Российская Федерация; заявитель и патентообладатель АО "ЦентрИнформ". – № 2020143695; заявл. 19.08.2020; опубл. 11.11.2021 Бюл. № 32.
4. Ананков М. П., Меланич Е. В., Нечаев Д. Н., Самойлов В. Ю. Корпус устрйства радиочастотной идентификации объекта. Пат. № 188262, Российская Федерация; заявитель и патентообладатель ООО "Альфа-Силтэк". – № 2019103336; заявл. 06.02.2019; опубл. 04.04.2019 Бюл. № 10.
5. Бхуптани М., Морадпур Ш. RFID-технологии на службе вашего бизнеса. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 282 с. ISBN 5-9614-0421-8.
6. Богданов В. Н., Блудов Д. А., Вихлянцев П. С., Сердюков Н. Н. Радиочастотная метка для пневматических шин // Автомобильная промышленность. 2018. № 10. С. 28–30.
7. Богданов В. Н., Блудов Д. А., Вихлянцев П. С., Сердюков Н. Н. Радиочастотная метка для учета древесины // Леспроминформ. 2018. № 3 (133). С. 82–83.
8. Богданов В.Н., Блудов Д. А., Вихлянцев П. С., Сердюков Н. Н., Соколов В. Г. Фиксатор радиочастотной метки. Пат. 175050, Российская Федерация; заявитель и патентообладатель АО "ЦентрИнформ". – № 2017126407; заявл. 21.07.2017; опубл. 16.11.2017 Бюл. № 32.



9. Богданов В. Н., Блудов Д. А., Вихлянцев П. С., Симонов М. В. Системы защитной маркировки и прослеживания товаров. Российские и зарубежные технологии. Екатеринбург: Издательские решения, 2018. 320 с.

References

1. Lahiri S. RFID. Rukovodstvo po vnedreniyu: per. s angl. A. Kazakova. M.: Kudic-Press, 2007. 312 s. ISBN 5-91136-025-X.
2. Barkova N. Yu Radio frequency identification of data in retail: new business opportunities // Vestnik Universiteta. 2021. No 1. pp. 28–35.
3. Bogdanov V. N., Vihlyancev P. S., Vihlyancev A. P., Serdyukov N. N. Sistema markirovki i proverki podlinnosti ob'ekta. Pat. 2759259, Rossijskaya Federaciya; zayavitel' i patentoobladatel' AO "CentrInform". – № 2020143695; zayavl. 19.08.2020; opubl. 11.11.2021 Byul. № 32.
4. Anankov M. P., Melanich E. V., Nechaev D. N., Samojlov V. YU. Korpus ustrojstva radiochastotnoj identifikacii ob'ekta. Pat. № 188262, Rossijskaya Federaciya; zayavitel' i patentoobladatel' OOO "Al'fa-Siltek". – № 2019103336; zayavl. 06.02.2019; opubl. 04.04.2019 Byul. № 10.
5. Bhuptani M., Moradpur SH. RFID-tehnologii na sluzhbe vashego biznesa. M.: Al'pina Biznes Buks, 2007. 282 s. ISBN 5-9614-0421-8.
6. Bogdanov V. N., Vikhlyantsev P. S., Serdyukov N. N., Bludov D. A. RFID tag for pneumatic tyres // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2018. № 10. S. 28–30.
7. Bogdanov V. N., Bludov D. A., Vihlyancev P. S., Serdyukov N. N. Radiochastotnaya metka dlya ucheta drevesiny // Lesprominform. 2018. № 3 (133). S. 82–83.
8. Bogdanov V.N., Bludov D. A., Vihlyancev P. S., Serdyukov N. N., Sokolov V. G. Fiksator radiochastotnoj metki. Pat. 175050, Rossijskaya Federaciya; zayavitel' i patentoobladatel' AO "CentrInform". – № 2017126407; zayavl. 21.07.2017; opubl. 16.11.2017 Byul. № 32.
9. Bogdanov V. N., Bludov D. A., Vihlyancev P. S., Simonov M. V. Sistemy zashchitnoj markirovki i proslezhivaniya tovarov. Rossijskie i zarubezhnye tehnologii. Ekaterinburg: Izdatel'skie resheniya, 2018. 320 s.

Вихлянцев Петр Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
начальник управления АО «ЦентрИнформ»,
p.vikhlyantsev@center-inform.ru

Вихлянцев Александр Петрович

главный специалист АО «ЦентрИнформ»,
a.vihlyantsev@center-inform.ru

Сердюков Николай Николаевич

кандидат технических наук, начальник отдела
АО «ЦентрИнформ»,
n.serdiukov@center-inform.ru

Vihlyancev Peter S.

Candidate of Engineering Sciences, Docent,
Head of Department, CentrInform JSC,
p.vikhlyantsev@center-inform.ru

Vihlyancev Alexander P.

Chief Specialist, CentrInform JSC
a.vihlyantsev@center-inform.ru

Serdyukov Nick N.

Candidate of Engineering Sciences,
Head of Department, CentrInform JSC,
n.serdiukov@center-inform.ru