

СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАВ-МЕТОК

В. Калинин, К.Т.Н, Н. Артемов, А. Коренчук

Применение технологии радиочастотной идентификации (РЧИД) особенно актуально в логистике, производстве и торговле, на автомобильном и железнодорожном транспорте. Системы РЧИД обеспечивают автоматизацию различных бизнес-процессов, повышают скорость выполнения операций при сохранении их надежности, снижают влияние человеческого фактора на результаты процессов, уменьшают расходы на персонал и логистические издержки [1]. В последние десятилетия ОАО "Авангард" разрабатывает и производит ряд пассивных радиочастотных меток на поверхностных акустических волнах (ПАВ), служащих основой для новых систем радиочастотной идентификации – РЧИД ПАВ. Среди перспективных направлений специалисты выделяют применение технологии РЧИД ПАВ на железнодорожном и автомобильном транспорте, а также разработанные ОАО "Авангард" новые средства контроля подтверждения соответствия колесных транспортных средств требованиям безопасности.

Объем мирового рынка систем РЧИД, по оценке агентства IDTechEx, в 2012 году составил 7,67 млрд. долл. [2]. Практически во всех областях, где применялась эта технология, отмечалось увеличение объемов производства продукции в среднем на 10%.

Современное решение на основе технологии РЧИД ПАВ представляет собой систему приема-передачи по радиоканалу аналоговых данных, которая позволяет надежно и максимально быстро идентифицировать маркированные ПАВ-метками объекты. Принцип работы систем РЧИД ПАВ основан на пьезоэффекте, что позволяет добиться высоких технических и экологических характеристик.

В последнее десятилетие РЧИД ПАВ активно продвигается на рынке. Основные производители изделий на базе этой технологии – компании из США, Канады, стран Восточной Азии, а также Германии, Австрии и Франции. Возможность внедрения РЧИД ПАВ в России рассматривается с конца 1990-х годов.

В настоящее время продукцию в этой области готовы предложить пять-шесть отечественных компаний, одна из них – ОАО "Авангард".

Особенность технологии РЧИД ПАВ заключается в свойствах метки и считывателя. Являясь абсолютно пассивной, ПАВ-метка обладает достаточно большой дальностью действия (до 10 м) и допускает считывание на высокой скорости (до 90 км/ч). Кроме того, она может применяться в жестких условиях окружающей среды и выдерживает значительные физические воздействия. Уровень излучения считывателя ПАВ-меток в несколько раз ниже, чем у кремниевых аналогов, что подтверждает его экологичность и безопасность для здоровья человека. ПАВ-метку невозможно подделать, так как ее изготовление требует наличия налаженной высокотехнологичной сборочной линии. Из недостатков ПАВ-метки можно отметить невозможность перезаписи информации и проблеме коллизий (данная технология позволяет одновременно считывать не более 50 меток).

Одно из наиболее перспективных направлений – применение технологии РЧИД ПАВ на автомобильном и железнодорожном транспорте.

РЧИД ПАВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Внедрение технологии РЧИД ПАВ на железнодорожном транспорте обеспечивает следующие преимущества:

- повышение уровня автоматизации и достоверности учета и регистрации перемещения подвижного состава и перевозки специальных грузов;
- комплексный охват подвижного состава (вагоны, цистерны, скоростные поезда) и железнодорожной инфраструктуры;
- повышение точности и надежности навигационного обеспечения (в том числе в условиях недоступности ГЛОНАСС);
- повышение уровня безопасности управления перевозками на основе автоматического дублирования наиболее ответственных операций;
- автоматизация сортировки и расформирования составов.

Начиная с 1995 года рынок железнодорожных перевозок заметно увеличивается. Согласно прогнозам экспертов, в 2013–2015 годах среднегодовой рост грузооборота составит 3,2–3,3%, а грузооборот железнодорожного транспорта в 2015 году – около 2700 млрд. т-км [3]. Столь быстрый рост объема грузовых перевозок требует повышения эффективности работы сортировочных станций, что, в свою очередь, невозможно без решения множества прикладных задач. Наиболее важные из них:

- получение информации о прибывающем составе;
- контроль количества вагонов;
- получение информации о грузе, перевозимом в каждом вагоне;
- расформирование составов;
- непрерывный учет наличия и расположения вагонов на сортировочных станциях в реальном времени;
- формирование составов;
- оформление информации о составе, покидающем сортировочную станцию.

Все вышеперечисленные задачи могут быть успешно решены с помощью технологии РЧИД ПАВ. Каждый вагон маркируется пассивной радиочастотной ПАВ-меткой, а считывающие устройства устанавливаются вблизи железнодорожного полотна на сортировочной станции. Когда вагон с ПАВ-меткой проходит мимо считывателя, происходит идентификация кода метки по радиоканалу и осуществляется его передача в автоматическую систему организации и управления железнодорожными



Рис.1. Автоматическая система организации и управления железнодорожными перевозками

перевозками, где обеспечивается его дальнейшая обработка (рис.1).

Препятствием на пути увеличения объемов грузооборота и пассажирских перевозок становится ограниченная пропускная способность перегонных участков. Отечественные системы определения местоположения поезда (системы интервального регулирования и системы автоблокировки с рельсовыми цепями) позволяют фиксировать занятость участка железнодорожного пути протяженностью, как правило, несколько километров. Радионавигационное оборудование ГЛОНАСС/GPS/Galileo не дает возможности определять местоположение поезда в тоннелях и на территориях вне зоны действия спутниковой сети связи. Канал связи сильно подвержен влиянию помех, а точность определения координат зависит от рельефа местности, наличия экранирующих объектов (высотных зданий, деревьев с плотной кроной), погодных условий (проблема многолучевости при распространении радиосигнала в атмосфере).

Технология РЧИД ПАВ обеспечивает высокую точность определения местоположения поезда. Такой вариант реализации системы РЧИД предусматривает установку считывателя на объекте контроля – поезде (рис.2), а ПАВ-метки – на железнодорожном полотне (рис.3). При этом код метки должен быть привязан к какому-либо объекту (например, километровому столбу, железнодорожному переезду или сортировочному узлу). Считанный код метки передается по радиоканалу в центр управления движением.

Разработанная ОАО "Авангард" система позиционирования поезда на основе технологии РЧИД ПАВ позволяет определять местоположение состава, движущегося на скорости до 90 км/ч. Предельная



Рис.2. Считывающее устройство, установленное на поезде

погрешность определения координаты при этом составляет не более $\pm 0,5$ м (рис.4).

По мере повышения пропускной способности железных дорог будут увеличиваться скорость и плотность движения грузового и пассажирского транспорта. ОАО "Авангард" разрабатывает высокоскоростной вариант системы позиционирования на основе технологии РЧИД ПАВ, позволяющий определять координату поезда, движущегося на скорости до 200 км/ч [4]. Причем погрешность определения координаты не превышает $\pm 0,5$ м (рис.5).

Применение технологии РЧИД представляется актуальным и в угольных шахтах для учета перемещения грузевых и порожних вагонеток (рис.6) и позиционирования шахтных электровозов.

В первом случае контроль и учет вагонеток позволяет точно отслеживать процесс их перемещения в шахте, а также автоматически определять норму выработки за определенный период.

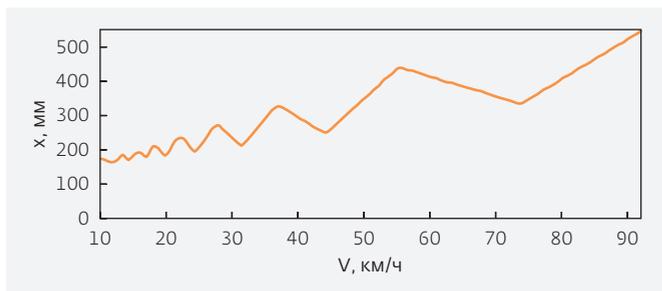


Рис.4. Зависимость предельной погрешности определения координаты X от скорости движения поезда V в системе позиционирования на основе технологии РЧИД ПАВ



Рис.3. ПАВ-метки, устанавливаемые на железнодорожном полотне

Позиционирование электровоза дает диспетчеру возможность обеспечивать автоматизированный контроль за перемещением электровоза и определять оптимальный путь следования. В результате сокращается время простоя, снижаются накладные расходы угольного предприятия. Используемое при реализации такого решения оборудование имеет взрывозащищенное исполнение.

РЧИД ПАВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

В соответствии с утвержденной Правительством РФ программой деятельности госкомпании "Российские автомобильные дороги" на 2010–2015 годы в стране создается сеть скоростных автомагистралей между населенными пунктами. Строительство обойдется государству в значительную сумму, часть которой предполагается

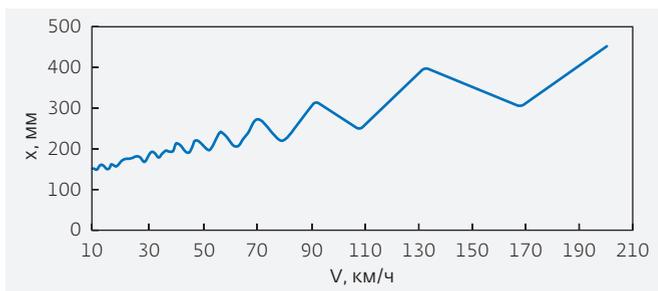


Рис.5. Зависимость предельной погрешности определения координаты X от скорости движения поезда V в высокоскоростной системе позиционирования на основе технологии РЧИД ПАВ



Рис.6. Размещение ПАВ-метки на вагонетке

компенсировать за счет сборов за пользование новыми дорогами.

Проезд через пункты контроля на платных автомагистралях предполагает остановку транспортных средств. Образование автомобильных очередей может привести к снижению пропускной способности дорог, потере времени автомобилистами, загрязнению атмосферы выбросами двигателей внутреннего сгорания, работающих на холостом ходу.

Разработанная ОАО "Авангард" система на основе технологии РЧИД ПАВ позволяет идентифицировать въезжающий на платную автомагистраль на скорости до 90 км/ч транспорт без его остановки. Система состоит из считывателей, расположенных при въезде/выезде на платную дорогу, а также меток, закрепленных на лобовом стекле или крыше автомобиля (рис.7, 8). В момент следования автомобиля по платной дороге с банковской карты его владельца автоматически списывается сумма, равная стоимости проезда, что обеспечивает быстрое обслуживание автомобилистов.

В настоящее время ОАО "Авангард" активно разрабатывает системы идентификации транспортных средств, движущихся со скоростью до 200 км/ч.

Следует отметить, что технология РЧИД ПАВ может применяться для беспрепятственной идентификации автомобилей на постах ДПС и в различных точках на всем протяжении дорожного полотна. Для этого ПАВ-метка может быть установлена в номерной знак (выступает в роли щелевой антенны) автомобиля, на лобовое стекло или на крышу транспортного средства. Подобное применение новой технологии позволит оперативно в реальном времени получать



Рис.7. Пункт контроля с установленными считывателями РЧИД

подробную информацию о владельце автомобиля – неоплаченных им штрафах и налогах. Наряду с этим появится возможность увеличить пропускную способность дорог, повысить уровень безопасности труда сотрудников дорожно-патрульной службы, поскольку отпадет необходимость в частой остановке транспортных средств с целью проверки.

Для крупных грузовых терминалов актуальна проблема задержки отгрузки или приемки товаров из-за большого потока грузов и крупногабаритных машин. Внедрение технологии РЧИД ПАВ позволит ускорить грузооборот логистических объектов. Каждый пропускной пункт терминала будет оборудован считывателем. В момент въезда на территорию терминала автомашины с ПАВ-меткой грузополучатель по коду считанной метки сможет узнать, на какой именно пропускной пункт доставляется его груз, где оформляются необходимые документы, одновременно оповещаются все заинтересованные лица и подготавливается место для погрузки и разгрузки.

Внедрение систем РЧИД также целесообразно в морских и речных портах, аэропортах и таможенных пунктах.



Рис.8. ПАВ-метка, закрепленная на лобовом стекле автомобиля

Технология радиочастотной идентификации может быть использована в качестве системы контроля доступа на охраняемых объектах, парковках, территориях предприятий, заводов, аэропортов (рис.9). Применение технологии беспроводной передачи данных, например, о въезжающем транспорте, будет способствовать повышению уровня безопасности на контролируемых территориях.

Перспективным направлением использования технологии РЧИД ПАВ является ее внедрение в системы идентификации владельцев транспортных средств. Получившие широкое распространение автомобильные сигнализации с использованием радиочастотных меток со встроенным элементом питания имеют сравнительно небольшой срок службы и обычно исчерпывают свой энергетический запас в течение 6–12 месяцев, что часто становится неприятной неожиданностью для автовладельцев. Применение пассивных радиометок на ПАВ позволит избежать подобных проблем, связанных с обеспечением безопасности транспортного средства. Следует отметить, что срок службы ПАВ-метки сравним со сроком службы автомобиля.

РЧИД ПАВ ДЛЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ

Одним из направлений повышения безопасности и эффективности функционирования транспортной инфраструктуры и обеспечения конкурентоспособности автопромышленности является электронная паспортизация как самих транспортных средств, так и их ключевых компонентов.

Маркировка транспортных средств и автокомпонентов контрольными знаками в целях идентификации, а также подтверждения легальности импорта и производства, является достаточно распространенным инструментом борьбы с нелегальной и контрафактной продукцией, а также инструментом повышения качества и безопасности выпускаемой продукции.

Однако принятые способы маркирования продукции (таблички производителя, штрих-коды и QR-коды, гравировка) имеют ряд недостатков, к числу которых относятся:

- невозможность автоматического считывания информации с контрольных знаков стандартными общедоступными средствами;
- относительная простота подделки контрольных знаков;
- отсутствие технической возможности в процессе контрольных мероприятий установить легальность каждого конкретного изделия.

Этих недостатков лишена система маркировки на основе радиочастотной идентификации с уникальными идентификаторами каждой метки.

Для обеспечения безопасности на транспорте и предотвращения незаконного перемещения колесных транспортных средств актуальным является вопрос маркировки транспортных средств контрольными знаками, технические характеристики которых позволяют обеспечить идентификацию транспорта во время его движения на автомагистралях на скоростях свыше 60 км/ч. Наличие маркировки колесных транспортных средств с указанными техническими возможностями позволит проводить контроль и управление движением по средствам их идентификации и, тем самым, обеспечивает повышение безопасности и эффективности функционирования транспортной инфраструктуры страны.

Разработка и введение в действие систем РЧИД для маркировки колесных транспортных средств и ключевых автокомпонентов является крайне актуальной задачей, позволяющей существенно повысить безопасность продукции и управляемость систем государственного контроля соответствия транспортных средств и их компонентов требованиям безопасности.

В российских компаниях автомобильной промышленности проведены пилотные проекты, однако данная технология не получила широкого распространения вследствие неустойчивости большинства РЧИД-меток к воздействиям экстремальных условий производственного и жизненного цикла продукции автомобильной промышленности.

Такие характеристики ПАВ-меток, как долговечность, широкий диапазон рабочих температур, устойчивость к агрессивным внешним факторам, надежность сохранения идентификационного кода, который заложен в ПАВ-метку физически, технологические ограничения на подделку, физические ограничения на перезапись, большая дальность считывания,



Рис.9. Система РЧИД ПАВ при въезде автотранспорта на подконтрольную территорию

хранение информации в аналоговом виде делают их наиболее надежным средством для маркировки колесных транспортных средств, их компонентов, оказывающих влияние на безопасность, и государственных регистрационных знаков.

Благодаря тому, что ПАВ-метка в первую очередь физический прибор, а затем уже носитель информации, появляется возможность использовать особенности технологического процесса производства меток для повышения криптостойкости системы идентификации. Практически это выглядит, как анализ самого отклика метки, выявление характерных для конкретного типа меток величин, имеющих разброс в процессе производства. Получив код метки и набор параметров, считывающее устройство выполняет преобразования, которые на выходе, кроме кода, метки дают хеш-функцию, то есть цифровую подпись (сертификат безопасности) метки, представляющую собой результат кодирования открытого кода метки оцифрованными особенностями ее физических параметров, которыми могут являться амплитудно-частотная или фазочастотная характеристика.

Включение особенностей ПАВ-метки как физического прибора, обладающего технологическим разбросом при производстве, в процесс кодирования информации позволяет минимизировать возможность создания полных аналогов меток, в том числе самим производителем. Это дополнительно повышает криптостойкость всей системы идентификации.

Для защитной маркировки государственных регистрационных знаков транспортных средств ОАО "Авангард" разработаны ПАВ-метки, интегрированные в корпус или в держатель автомобильного номера (рис.10). Роль антенны ПАВ-метки выполняет сам регистрационный знак транспортного средства, в конструкции которого выполнено щелевое отверстие. Такое решение позволяет уменьшить габаритные размеры ПАВ-метки и использовать ее как неотъемлемую часть регистрационного знака транспортного средства.

Разработанная конструкция регистрационного знака, оснащенного ПАВ-меткой, позволяет обеспечить идентификацию транспортных средств,

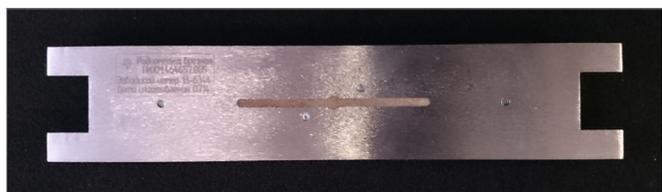


Рис.11. Излучающая поверхность ПАВ-метки для установки на кузов или раму (шасси) транспортного средства



Рис.10. ПАВ-метка, интегрированная в держатель автомобильного номера и в корпус государственного регистрационного знака

движущихся со скоростью более 60 км/ч, на специальных пунктах, оснащенных стационарными считывающими устройствами.

Для маркировки колесных транспортных средств ПАВ-метками, уникальный идентификационный номер которых привязывается к идентификационному номеру транспортного средства, предлагается использовать метки, предназначенные для установки на металлические поверхности (рис.11, 12). Корпус метки выполнен из нержавеющей стали, роль антенны выполняет щелевое отверстие, заполненное высокотемпературным эпоксидным клеем. ПАВ-метка приваривается к кузову или раме (шасси) транспортного средства в непосредственной близости от мест нанесения идентификационного номера.

В качестве средства защиты от вскрытия и подделки для маркировки крупных узлов и агрегатов (двигателей, коробок переключения передач, раздаточных коробок, элементов шасси, ведущих мостов и т.п.) в ОАО "Авангард" разработаны ПАВ-метки, встроенные в винт (рис.13) и пломбу в виде болта (рис.14). Подобное решение позволяет маркировать и защищать от вскрытия автокомпоненты

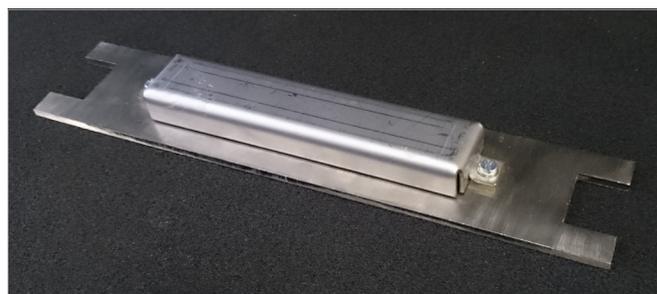


Рис.12. ПАВ-метка для установки на кузов или раму (шасси) транспортного средства



Рис.13. Плав-метка, встроенная в винт

с минимальными изменениями, вносимыми в их конструкцию. Плав-метку, встроенную в винт, предлагается устанавливать в глухие отверстия, выполненные на корпусах узлов и агрегатов.

В защитную пломбу в виде болта встроена Плав-метка, которая необратимо разрушается при попытке ее демонтажа с опломбированного узла или агрегата.

Для считывания в экспресс-режиме идентификационных кодов Плав-меток, встроенных в государственные регистрационные знаки, установленных на кузовах или рамах (шасси) транспортных средств и предназначенных для маркировки и защиты от вскрытия узлов и агрегатов ОАО "Авангард" разработано ручное считывающее устройство (рис.15). Встроенные в него средства связи (модули Wi-Fi и GSM) позволяют проводить проверку подлинности государственных регистрационных знаков, соответствия транспортного средства с установленной на его кузове Плав-меткой данным о его характеристиках, комплектности и владельце в электронной базе данных в онлайн режиме. В офлайн режиме считывающее устройство позволяет проверить соответствие номера государственного регистрационного



Рис.15. Ручное считывающее устройство "Геркул"

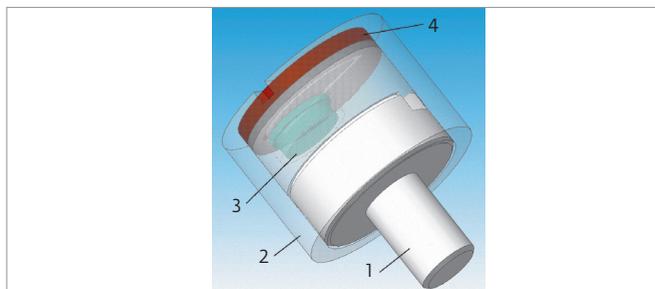


Рис.14. Пломба в виде болта со встроенной Плав-меткой. 1 – корпус пломбы, 2 – гайка, 3 – чип Плав-метки с антенной, 4 – защитный компаунд

знака, VIN-номера транспортного средства и заводских номеров узлов и агрегатов идентификационным кодам радиочастотных меток. При этом идентификационные коды Плав-меток могут быть занесены в паспорт транспортного средства или в свидетельство о регистрации.

ОАО "Авангард" разрабатывает системы РЧИД Плав, ориентируясь на решение важных народно-хозяйственных проблем: повышение уровня безопасности пользования скоростным железнодорожным и автомобильным транспортом; повышение конкурентоспособности отечественного производителя товаров и услуг в области систем безопасности и идентификации; выпуск предприятиями электронной отрасли пользующейся спросом продукции и расширение рынков ее сбыта. Системы РЧИД Плав с товарным знаком "Авангард" соответствуют мировому уровню развития данной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wofram G., Gamp B., Gabriel P.** The RFID Roadmap: The next steps for Europe. 2008.
2. **Harrop P., Das R.** RFID forecast, players and opportunities. 2012. URL: <http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2012-2022-000322.asp>.
3. Сайт компании "РосБизнесКонсалтинг". Обзор рынка транспортных перевозок и доставки грузов. URL <http://www.rbc.ru/reviews/transport/chapter1-railway.shtml>.
4. **Коренчук А.С., Калинин В.А., Кислицын В.О.** Определение координаты поезда по точечным напольным реперным датчикам на базе пассивных радиочастотных меток на поверхностных акустических волнах. – Сб. научн. трудов аспирантов, соискателей и студентов магистерской подготовки ОАО "Авангард". – ОАО "Авангард", 2011, вып. 4, с. 105-121.