

Научная статья
УДК 630.52:587/588

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ RFID

Сергей Петрович Санников

Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
sannikovsp@m.usfeu.ru

Аннотация. В работе рассмотрены применения при маркировке лесоматериалов RFID-метками, для этого проведены исследования технологии маркировки. Сделан анализ существующих маркировок, используемых в системе учета древесины ЕГАИС-лес. Рассмотрены принципы работы и недостатки по применению различных конструкций маркировки. Показана иллюстрация структурных схем RFID-меток.

Ключевые слова: технологии RFID, метки, проблема, лесоматериал

Для цитирования: Санников С. П. Инженерные проблемы применения технологии RFID // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 329–337.

Original article

ENGINEERING PROBLEMS OF RFID TECHNOLOGY APPLICATION

Sergey P. Sannikov

Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
sannikovsp@m.usfeu.ru

Abstract. The article considers applications for marking timber with RFID tags, and conducts research into the marking technology. An analysis of the existing markings used in the USAIS-forest wood accounting system is provided. The principles of operation and disadvantages of using various marking designs are considered. An illustration of the structural schemes of RFID tags is shown.

Keywords: RFID technologies, tags, problem, forest product

For citation: Sannikov S. P. (2026) Inzhenerny'e problemy` primeneniya texnologii RFID [Engineering problems of RFID technology application]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 329–337. (In Russ).

Для автоматизации учета, логистики лесоматериалы требуется маркировать или прикрепить датчики. Датчики могут быть активными или пассивными в зависимости от поставленной задачи. Метки или датчики являются основой информационного обеспечения для системы управления лесозаготовкой и другими хозяйствующими подразделениями в лесу.

Созданная в 2016 г. система учета древесины ЕГАИС Лес предназначена для управления лесным хозяйством в государственном масштабе [1]. Данная система нуждается в первичной информации, которая формируется вводом соответствующей информации с клавиатуры компьютера для дальнейшей автоматизированной обработки ее. Такая система является не гибкой, медленно работающей, иногда информация опаздывает в базе данных ЕГАИС Лес [1].

Для решения инженерных и программно-аппаратных проблем можно использовать автоматизацию формирования первичной информации. Для этого в работе представили основную **цель**, которая предназначена для исследования и анализа существующих проблем инженерного характера, а также в сочетании с технологией интеллектуального автоматизированного управления (ИАУ). С этой **целью** в работе сформулированы следующие **задачи**:

- 1) проанализировать носители информации для маркировки древостоев в лесу;
- 2) выполнить обоснование использования технологий RFID;
- 3) показать тенденции развития технологий RFID в лесозаготовительных работах и транспортировки лесоматериалов.

В работе использованы методы определения технологии параметров RFID устройств, изучения материалов носителей информации и возможности использования в лесной отрасли, логистики и производстве лесоматериалов. Для этого использовали материалы, опубликованные в открытой печати методом системного *анализа сравнения* и выявления приемлемых параметров криптоустройств, включая и RFID устройства.

Маркировку продукции лесозаготовок (лесоматериалы) производят на спиленном и разделенного на сортименты дереве. Метки используют разнообразные, которые существуют в настоящее время в промышленности и торговле. По требованию ЕГАИС продукция маркируется оптическими метками, как правило, линейным штрих-кодом и Q-кодом (рис. 1). На рис. 1

представлены однолинейные и двумерные штрих-коды, которые поддерживаются в системе ЕГАИС Лес, точнее, используемая в 1С программный продукт [2, 3].

Считывающие устройства для однолинейных штрих-кодов используют лазерный сканер, луч которого перемещается линейно на определенный угол, чем ограничено расстояние между объектом и сканером. Для двумерных штрих-кодов используют считывающее устройство на основе фотоматрицы. Считыватели с фотоматрицей способны сканировать (распознавать) однолинейные штрих-коды, поэтому их применяют чаще. Считыватели с фотоматрицей сконструированы с использованием матричных приборов с зарядовой связью, линейные лазерные считыватели в качестве чувствительного элемента используют фотодиод, фототранзистор или линейный прибор с зарядовой связью.



Рис. 1. Типы оптических кодов, поддерживаемые 1С ЕГАИС Лес [2, 3]

Недостатком оптической маркировки является малое расстояние между объектом и считывателем. Незначительно увеличить расстояние можно, если изменить конструкцию считывателя, например, применив оптические линзы, объективы. Но здесь возникает другой недостаток конструкции – это самонаведения резкости изображения, т. е. автоматическое изменение фокусного расстояния, применения изменяющихся диафрагм, в противном случае посторонняя информация будет вокруг штрих-кода попадать в объектив считывателя.

Проблему с расстоянием до считывателя можно решить при использовании акустомагнитных (магнитострикционных) меток, конструкция которой показана на рис. 2. Метка изготовлена в виде бирки, которая

крепится на поверхность продукции, например, на сортимент (на торец сортимента).

Выпускаются метки в различных пластиковых корпусах бирки. Для гладкой поверхности, например, на строганный пиломатериал, – бирка с самоклеящим слоем. Для шершавой поверхности, например, лесоматериал, сортимент, бревна, бирка имеет специальное крепление в виде отверстия под пластиковый шуруп.

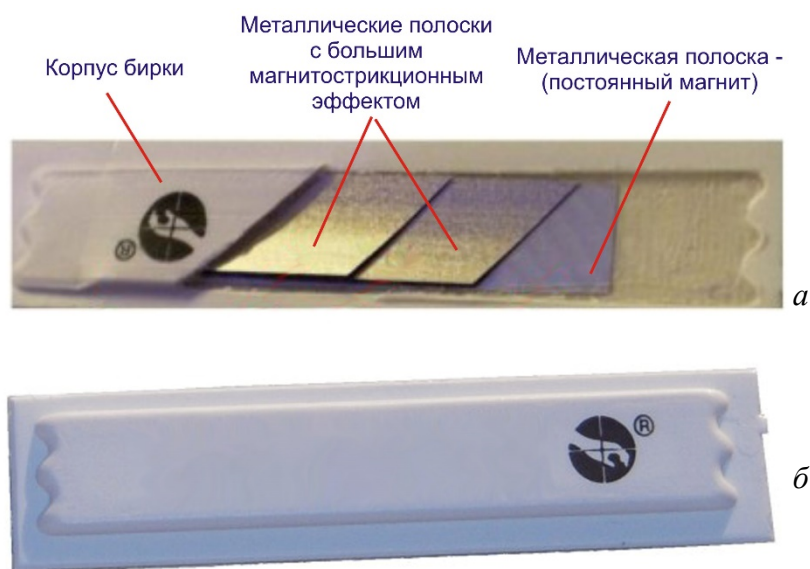


Рис. 2. Конструкция акустимагнитной (магнитострикционной) метки:
а – вид в разрезе; *б* – вид общий

Принцип работы акустимагнитной метки заключается в следующем: для возбуждения колебаний в магнитострикционных пластинах, находящихся внутри корпуса бирки, необходима катушка с мощным генератором высокочастотных колебаний 58 кГц. Переменное магнитное поле в катушке генерируется длительностью 2 мс с паузой между импульсами 20 мс.

Магнитное поле, проникая в корпус бирки, заставляет возбуждаться пластины на резонансной частоте (у каждой пластины своя собственная частота резонанса), которые в паузы точнее совершают затухающие колебания. Для считывания затухающих колебаний требуется приемная катушка, настроенная на частоту 58 кГц, и усилитель сигнала. Сигнал передается в контроллер, который расшифровывает спектр колебаний, дешифрирует полученный код.

Величина ослабления сигнала зависит от расстояния между катушками генератора и приемника. Так, при токе $I = 1$ А в катушке генератора на расстоянии от нее $a = 0,01$ м напряженность будет $H = 10$ А/м, а на катушке приемника на расстоянии 1 м наводимая напряженность магнитного поля составляла $H = 0,3$ А/м. В катушке приемника поворачивался ток около

$I \approx 0,2$ мА, которого вполне хватает для нормальной работы усилителя приемника.

Анализ радиочастотных меток оказался наиболее приемлемым для маркировки лесоматериалов и продукции деревообработки (доски и пр.). Преимуществом является дальность считывания, величина которой колеблется от нескольких миллиметров (например, 20 мм) до 200 м и более (до 3 км). Такой разброс расстояний работы RFID-меток зависит от применения частот. Параметры распространенных RFID-меток представлены в таблице [4].

Характеристики и типы RFID-меток [4]

Тип метки	Частоты	Стандарты	Особенности
LF (Low Frequency) (низкая частота)	125 кГц, 134,2 кГц	ISO 11784/11785, ISO 14223	Не подвержены влиянию металла и воды. (Пассивные)
HF (High Frequency) (высокая частота)	13,56 МГц	ISO 14443, ISO 15693, ISO 18092	Среднее проникновение через материалы. (Пассивные и активные)
UHF (Ultra High Frequency) (ультравысокая частота)	866...868 МГц (Россия/Европа), 902...928 МГц (США)	EPC Gen2, ISO 18000-6C	Максимальная дальность, подвержены влиянию металла. (Пассивные и активные)
	2412...2472 МГц (Россия/Европа)	ISO 18000 Международный диапазон ISM (Industrial, Scientific, Medical)	Собственное питание, дальность до 300 м. (Активные метки)
SHF (Super High Frequency) (сверхвысокая частота)	5925...6425 МГц 6425...7125 МГц (Россия)	ISO 18000	Технология ПАВ (поверхностно активные волны). (Активные метки)
Активные метки (Россия)	433,92 МГц	Проприетарные протоколы	Собственное питание, дальность до 3 км

Частоты 125...134,2 кГц работают на ближнем расстоянии, т. к. связь между меткой и считывателем осуществляется магнитным полем. На частоте 13,56 МГц связь между меткой и считывателем наблюдается электромагнитная (ЭМВ), что увеличивает расстояние получения информации с RFID-метки. На этих двух диапазонах используются пассивные RFID-метки, т. е. без использования источника электропитания. Активные метки с частотой 13,56 МГц практически не используются по причине увеличения габаритов антенны (22,109 м). Даже четвертая часть длины несущей волны $\lambda = 22,109$ м составит $\lambda = 5,53$ м, поэтому активные RFID-метки на частоте 13,56 МГц исключительно редко (в специальных устройствах).

Существенное увеличение расстояния связи с RFID-меткой достигается на ультравысоких и сверхвысоких частотах (433 МГц, 866...868 МГц, 2412...2472 МГц и 5,0...6,0 ГГц) с автономным источником электропитания [5]. Конструкции RFID-меток представлены на рис. 3.

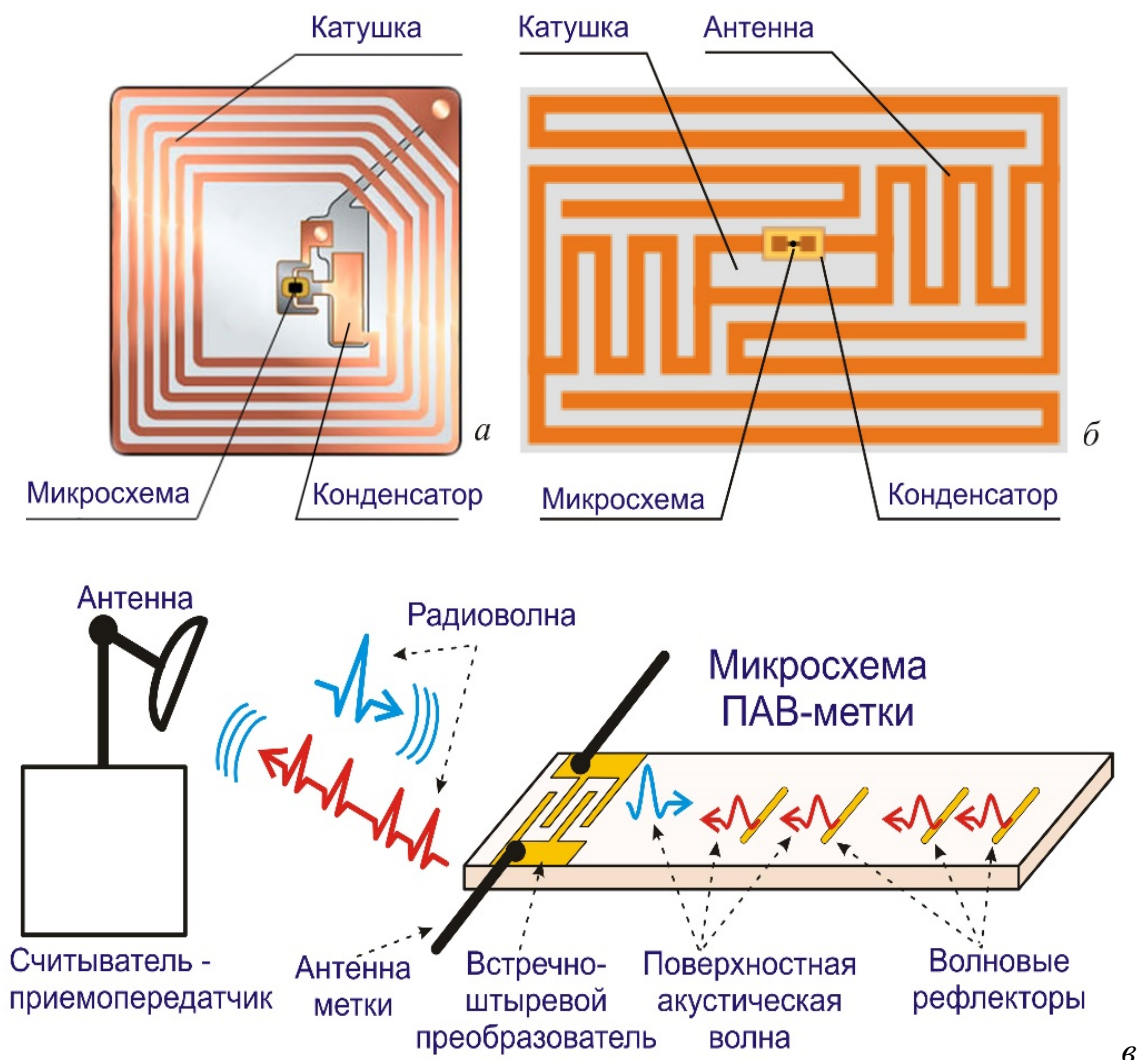


Рис. 3. Конструкции RFID-меток: *а* – с индукционной связью; *б* – связь электрического поля (радиочастотная связь); *в* – связь на SHF диапазоне (ПАВ-метки)

Принцип работы RFID-меток показан на рис. 4, которые отличаются по способу электропитания. Электропитание у пассивных RFID-меток (рис. 4, *а*) осуществляется наведением магнитного поля в индуктивной антенне на несущей частоте (125...134,2 кГц; 13,56 МГц).

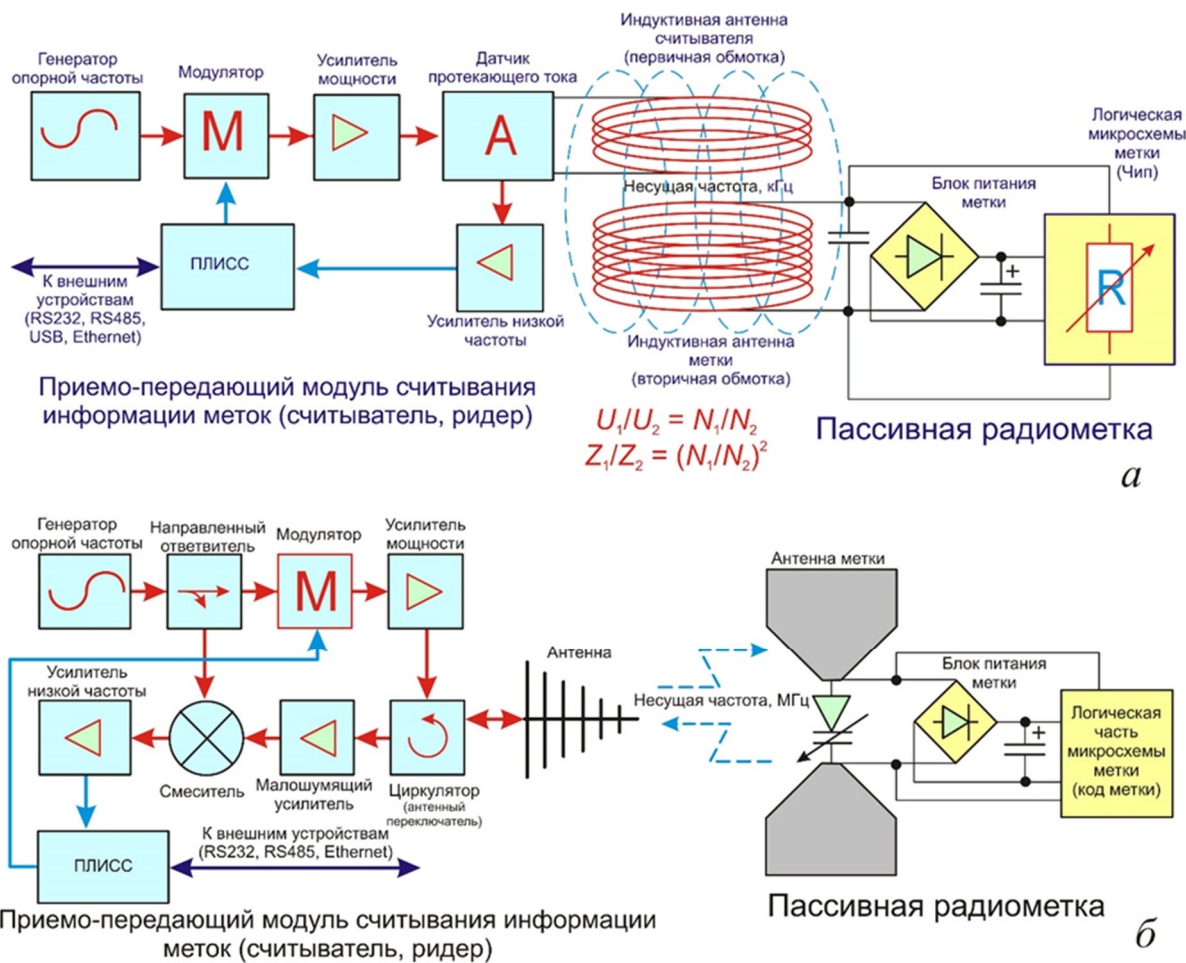


Рис. 4. Структурные схемы технологии RFID: а – с индукционной связью; б – связь электрического поля (радиочастотная связь)

Величина электрической энергии, вырабатываемой в приемной катушке RFID-метки с учетом реактивного сопротивления (Z_1, Z_2), получается из соотношения

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2},$$

где U_1, U_2 – напряжение наводимое и наведенное;

N_1, N_2 – количество витков считывателя и RFID-метки.

В процессе наведенной энергии в RFID-метке встроенный чип срабатывает и выдает пакет импульсов со своим индивидуальным номером, который дешифруется считывателем.

На рис. 4, б показана структурная схема для опроса RFID-метки на высоких, ультравысоких и сверхвысоких частотах, которая может работать в пассивном и активном режимах. При пассивной работе RFID-метки связь осуществляется наведенной энергией электрического поля

в антенне RFID-метки. Встроенный в метку чип срабатывает и выдает в антенну пакет импульсов со своим индивидуальным номером, который принимается считывателем. Если RFID-метка активная (с источником автономного электропитания, на схеме условно не показано), несущая частота от считывателя пробуждает RFID-метку, чип активируется и выдает пакет данных с индивидуальным номером.

В работе сделан анализ устройств и меток для маркировки продукции деревообработки и лесоматериалов в соответствии с поставленной целью. Выполнено обоснование использования технологий RFID в преимуществе с оптическими и акустомагнитными метками. Сделан анализ носителей информации для маркировки древостоев в лесу для ЕГАИС Лес. Показаны тенденции развития технологий RFID (см. рис. 3), основанных на ПАВ-метках, что выгодно скажется в лесозаготовительных работах и транспортировке лесоматериалов, т. к. длина волны составит 50...60 мм.

Список источников

1. Единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней. ЕГАИС учета древесины. Руководство пользователя. 2017. 84 с.

2. ГОСТ ISO 15394–2013. Упаковка. Линейные символы штрихового кода и двумерные символы на этикетках для отгрузки, транспортирования и приемки. Общие требования. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.01.20214. М. : Стандартинформ, 2014. 58 с.

3. ГОСТ ISO/IEC 15420–2010. Автоматическая идентификация. Кодирование штриховое. Спецификация символики штрихового кода EAN/UPC. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.01.2011. М. : Стандартинформ, 2011. 45 с.

4. Таблица RFID-меток: частоты, дальность, стоимость и применение 2025 // INNER : [сайт]. URL: <https://inner.su/articles/tablitza-rfid-metok-chastoty-dalnost-stoimost-i-primeneniye-2025/> (дата обращения: 10.09.2025).

5. ГОСТ ISO/IEC 29160–2014. Информационные технологии. Идентификация радиочастотная для управления предметами. Эмблема радиочастотной идентификации. Классификация : межгосударственный стандарт. Введен 01.09.2015. М. : Стандартинформ, 2015. 31 с.

References

1. Unified state automated information system for wood accounting and transactions with it. Unified State Register of wood Accounting User's Guide. 2017. 84 с.

2. GOST ISO 15394–2013. Packing. Linear barcode symbols and two-dimensional symbols on labels for shipment, transportation and acceptance. General

requirements. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.01.2014. M. : Standartinform, 2014. 58 p.

3. GOST ISO/IEC 15420–2010. Automatic identification. Barcoding. Specification of the EAN/UPC barcode symbols. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.01.2011. M. : Standartinform, 2011. 45 p.

4. Table of RFID tags: frequencies, range, cost and application 2025 // INNER : [website]. URL: <https://inner.su/articles/tablitsa-rfid-metok-chastoty-dalnost-stoimost-i-primenenie-2025/> (date of accessed: 10.09.2025).

5. GOST ISO/IEC 29160–2014. Information technology. Radio frequency identification for item management. The radio frequency identification emblem. Classification : Interstate Standard. Introduced on 01.09.2015. M. : Standartinform, 2015. 31 p.