

УДК 519.873

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3401

Статья

## Основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок

Мстислав В. Симоненков\*, Эро О. Салминен и Иван В. Бачериков

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия; E-Mails: [zumanew@yandex.ru](mailto:zumanew@yandex.ru) (М. В. С.); [salminen.lta@mail.ru](mailto:salminen.lta@mail.ru) (Э. О. С.); [ivashka512@gmail.com](mailto:ivashka512@gmail.com) (И. В. Б.)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: [zumanew@yandex.ru](mailto:zumanew@yandex.ru) (М. В. С.); Tel.: +79522127563.

Получена: 15 Сентября 2016 / Принята: 15 Октября 2016 / Опубликовано: 20 Октября 2016

---

**Аннотация:** в статье рассматриваются проблемы подтверждения легальности заготовки древесины, снижения издержек, связанных с мониторингом перемещения круглых лесоматериалов, синхронизации материального и информационного потоков в цепях поставок. Изменения в отечественном лесном законодательстве вводят новые обязательства для лесопромышленников такие как: учет всей срубленной древесины, наличие документов, подтверждающих законность заготовленной древесины, маркировку древесины ценных лесных пород. При поставке лесопродукции в страны Европейского Союза требуется подтверждение законности заготовки лесоматериалов. Для эффективного управления предприятием необходимо наличие объективной и своевременной информации о его транспортно-технологических процессах. Традиционными методами получения такой информации является инвентаризация и повторяющиеся измерения древесины на участках цепи поставок. В статье представлены основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепях поставок, обеспечивающей выполнение требований закона Российской Федерации о контроле движения круглых лесоматериалов и требований регламента Европейского Союза о поставках лесопродукции, заключающиеся в выборе перспективных технологических средств поштучной идентификации сортиментов; приведении требований для их применения в лесной промышленности; разработке способа мониторинга; описании архитектуры необходимой информационно-коммуникационной технологии.

**Ключевые слова:** радиочастотные идентификационные метки на поверхностно акустических волнах, управление запасами в реальном времени, автоматическая идентификация, мониторинг, цепь поставок, круглые лесоматериалы

*Article*

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3401

## **Basis for development of timber traceability system with automatic identification of individual logs in supply chain**

**Mstislav Simonenkov\***, **Ero Salminen** and **Ivan Bacherikov**

Saint-Petersburg State Forest Technical University, 194021, Institute per. 5, St. Petersburg, Russia; E-Mails: [zumanew@yandex.ru](mailto:zumanew@yandex.ru) (M. S.); [salminen.lta@mail.ru](mailto:salminen.lta@mail.ru) (E. S.); [ivashka512@gmail.com](mailto:ivashka512@gmail.com) (I. B.)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: [zumanew@yandex.ru](mailto:zumanew@yandex.ru) (M. S.); Tel.: +79522127563.

*Received: 15 September 2016 / Accepted: 15 October 2016 / Published: 20 October 2016*

---

**Abstract:** the problems we consider are illegal loggings, logistic costs connected to monitoring of round wood, control and synchronization of enterprises timber supply chain flows. Current situation in modern forest industry shows that timber products tracking systems mostly used only to confront illegal loggings. To achieve same control over forestry enterprise flows and get maximum from other traceability benefits automatic identification of the individual timber items at all log supply chain steps should be performed. In this paper we outlined a basis need to create such system. We chose a perspective tracking technology suitable for automatic identification of individual logs. In addition, we list forest industry requirements for chosen technology. Moreover, we present a patented timber tracing method based on use of sound acoustic waves radiofrequency transponders. The main function of proposed system is real time stock management from forest to the final customer.

**Keywords:** sound acoustic waves transponders, real time stock management, automatic identification, timber supply chain, round wood

## 1. Введение

Предпосылками к созданию системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок на территории Российской Федерации являются: новые изменения в отечественном лесном законодательстве, вступление в силу, принятого Европейским парламентом и Советом от 20 октября 2010 г. Регламента № 995/2010, особенности круглых лесоматериалов (далее КЛМ) как продукции в цепи поставок, необходимость синхронизации материального и информационного потоков в цепи поставок.

На основании Федерального закона Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. №415-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» профильными ведомствами были подготовлены изменения в нормативно-правовых актах Российской Федерации, которые вступили в силу 1 февраля 2014 г. В соответствии с законом 415-ФЗ были внесены изменения в Лесной Кодекс РФ, в котором появились новые главы, касающиеся создания единой государственной автоматизированной информационной системы (далее ЕГАИС) учета древесины и сделок с ней, введения новых правил учета и маркировки древесины и введения новых требований к транспортировке древесины и учету сделок с ней. ФЗ вводит обязательность учета всей срубленной древесины, наличия документов, подтверждающих законность заготовленной древесины, выполнение всех мероприятий по охране природы и воспроизводству лесов, сопроводительного документа при транспортировке древесины любым видом транспорта, маркировки древесины ценных лесных пород и декларирования сделок с древесиной в ЕГАИС.

Документ, определяющий порядок маркировки и требования к маркировке древесины ценных лесных пород (дуб, бук, ясень), а также информацию о маркировке, представляемой в ЕГАИС принят Правительством Российской Федерации и вступил в действие с 1 января 2015 года. В соответствии с ним КЛМ ценных пород должны маркироваться бирками с информацией о наименовании юридического лица или ФИО и ИНН индивидуального предпринимателя, осуществляющего вывоз древесины ценных пород из Российской Федерации, номер бирки и номер декларации о сделке с древесиной. Кроме того, при маркировке древесины ценных пород должна обеспечиваться возможность нанесения и считывания сведений о маркируемой древесине ценных пород, размещенных на бирке, с использованием технических средств.

Принятый Европейским парламентом и Советом от 20 октября 2010 г. Регламент № 995/2010, вступивший в силу с 3 марта 2013 г., утвердил основные положения, предусматривающие запрещение поставок на рынок Евросоюза продукции из нелегально заготовленной древесины. В отличие от известных систем добровольной лесной сертификации регламент предусматривает запрещение ввоза в страны ЕС не только незаконно заготовленной древесины, но и продукции, изготовленной из древесины: мебели, целлюлозы, бумаги, за исключением бумаги, изготовленной и макулатуры. Многие предприятия лесной отрасли Российской Федерации поставляют сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию на рынок Европейского Союза, поэтому выполнение требований Регламента ЕС № 995/2010 становятся обязательными.

Материальный и связанные с ним информационный и финансовый потоки являются основой транспортно-технологических процессов лесопромышленных предприятий. Материальный поток образуется в результате заготовки, транспортировки, хранения и др. операций, проводимых с лесоматериалами в цепи поставок. Для эффективного управления предприятием необходимо наличие объективной и своевременной информации о его

транспортно-технологических процессах, т.е. информация о передвижении, нахождении на участках цепи поставок, объеме заготавливаемых/поставляемых сортиментов, составляющей информационный поток. Традиционными методами получения информации о КЛМ является инвентаризация и повторяющиеся измерения на участках цепи поставок. Такие методы требуют использования большого человеческого ресурса, а как следствие являются финансово емкими, неточными и связанными с ошибками при получении, обработке и передаче информации. В связи с недостатком информации для выполнения контрактных обязательств по поставке лесозаготовители зачастую создают большие буферные запасы продукции, связанные с дополнительными затратами.

Использование комплексов харвестер плюс форвардер, оснащенных системами интеллектуального управления и глобального позиционирования, на заготовке КЛМ позволяет получать объективную информацию о каждом заготовленном сортименте, в то время как применение систем глобального позиционирования на лесовозных автопоездах позволяет получать лишь групповые характеристики перевозимых грузов. Таким образом необходимая индивидуальная информация о сортиментах заменяется групповой уже на этапе вывозки с лесосеки.

Применение систем мониторинга перемещения и поштучной идентификации продукции в цепи поставок позволит синхронизировать информационный и материальный потоки. Однако существующие системы мониторинга, позволяющие управлять запасами в реальном времени, применяемые в различных отраслях промышленности (ритейл, фармацевтика, оборонная промышленность и т.д.), не подходят для применения в лесном секторе в связи с особыми требованиями, предъявляемыми к применяемым техническим средствам идентификации, вызванными спецификой отрасли [2].

В соответствии с вышесказанным для выполнения норм отечественного законодательства, подтверждения легальности заготовки продукции на международном уровне, сокращения издержек, связанных с инвентаризацией, синхронизации материального и информационного потоков, управления запасами в реальном времени существует необходимость создания системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок на территории Российской Федерации. Цель данной статьи – представить основы для создания такой системы за счет: выбора перспективных технологических средств идентификации; приведения требований для их применения в лесной промышленности; разработки способа, заложенного в основу системы; описания архитектуры перспективной системы.

## **2. Материалы и методы**

Разработка способа и системы мониторинга перемещения круглых лесоматериалов с их поштучной автоматической идентификацией в цепи поставок на внутреннем и международном рынках основана на результатах анализа применимости существующих технических средств идентификации круглых лесоматериалов. Проведен обзор перспективных технических средств идентификации грузов потенциально применимых в лесной промышленности [22, 1, 12, 19]. По результатам обзора за основу способа и системы была выбрана технология радиочастотной идентификации на поверхностно-акустических волнах. Основываясь на текущем уровне техники [20, 24, 12, 15] разработаны способ и описание системы мониторинга перемещения круглых лесоматериалов с их поштучной автоматической идентификацией в цепи поставок.

## **3. Выбор технических средств идентификации круглых лесоматериалов**

Основываясь на условиях современного лесопромышленного комплекса РФ составлены особые требования, предъявляемые к техническим средствам идентификации (средствам маркировки) круглых лесоматериалов: метки должны содержать уникальный идентификационный код для связи индивидуальных сортиментов и их характеристик в базе данных, для осуществления автоматической идентификации (подтверждения легальности заготовки); необходимо обеспечить возможность нанесения метки на поверхность торцевого среза сортимента, с помощью автоматического устройства, смонтированного на харвестерную головку, процесс нанесения меток не должен вызывать значительных потерь производительности при раскряжке хлыста: необходимо обеспечить возможность дистанционного считывания хранимой в метке информации на выбранных участках цепи поставок сортиментов; дальность считывания должна превышать 1 м в идеале составлять 5 м; надежность считывания информации должна приближаться к 100%; метки должны выдерживать тяжелые рабочие условия, такие как грязь, снег, дождь, вода, механические воздействия, оставаясь нанесенными и читаемыми; метки должны либо быть безвредными для процесса варки целлюлозы, либо легко снимаемыми; цены на метки и оборудование для считывания должны быть как можно более низкими.

Среди существующих два вида технических средств идентификации сортиментов: ультравысокочастотные радиочастотные идентификационные метки (далее УВЧРИМ), разработанные в рамках проекта Indisputable Key [13] и цифровые изображения торцевых срезов [21] являются наиболее перспективными для использования в системах контроля перемещения и автоматической идентификации лесных грузов. Однако, снятие цифровых изображений торцов сортиментов на участках цепи поставок, расположенных в лесу, не представляется возможным в связи с трудностями, возникающими при использовании камер, смонтированных на лесные машины, такими как загрязнения оптики и торцов сортиментов. Несмотря на все преимущества УВЧРИМ эта технология до сих пор не нашла широкого применения в лесной промышленности в связи с отсутствием маркировочного устройства для автоматического нанесения транспондеров на поверхность торцевого конца ствола дерева, смонтированного на харвестерную головку и подходящего для длительного промышленного использования. Очевидно, что создание маркировочного устройства затрудняется размерами и формой корпуса УВЧРИМ [13]. Дополнительные затруднения в применении технологии могут вызвать сильные отрицательные температуры требующие увеличения мощности передаваемого считывателем сигнала [16]. Необходимая мощность может превысить разрешенную, либо максимальную, выдаваемую считывателем.

Существует технология радиочастотной идентификации, показавшая себя крайне надежной при использовании в тяжелых производственных условиях, таких как высокие и низкие температуры. Данная технология основана на применении пассивных радиочастотных идентификационных меток на поверхностных акустических волнах (далее РИМПАВ).

Конструктивно ПАВ метка (рис. 1) состоит из пьезоэлектрической подложки, встречно-штыревого преобразователя (далее ВШП), системы отражателей и антенны. Электромагнитный сигнал, принятый антенной метки, с помощью ВШП преобразуется в поверхностно акустическую волну (далее ПАВ). ПАВ распространяется по пьезоэлектрической подложке до системы отражателей, которые находятся на различном расстоянии от ВШП, так что отраженные сигналы возвращаются на ВШП в различные моменты времени. ВШП преобразует акустическую волну в электромагнитную, которая излучается антенной метки.

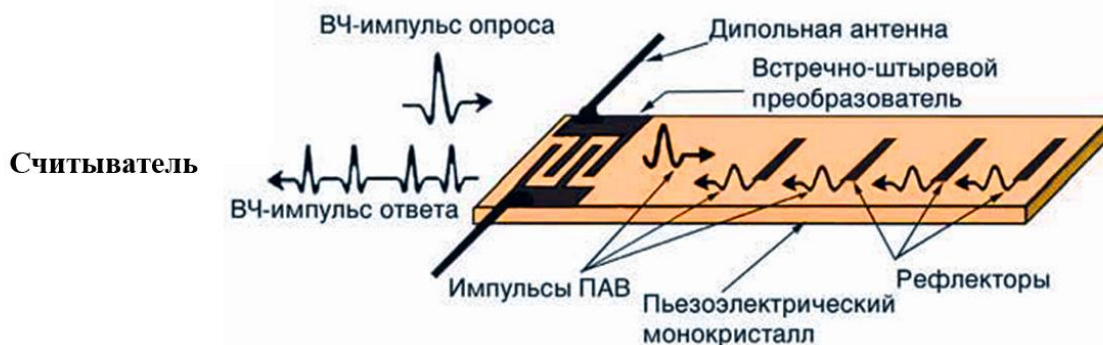


Рисунок 1. Принцип действия транспондера на ПАВ.

ПАВ метки действительно пассивные устройства, которые работают на любом уровне сигнала (даже очень низком) до тех пор, пока ответный сигнал, принимаемый считывателем достаточен, для принятия данных. Минимальный сигнал, требуемый в транспондере для считывания на большом расстоянии, составляет долю микроватта. Из-за этого физического свойства, ПАВ считыватели могут часто используют очень малую мощность передачи.

Детальное описание физических принципов работы ПАВ транспондеров приведено в работах [19, 28]. Промышленно производится РИМ ISM частоты, существуют перспективные разработки, использующие ультра широко полосные частоты UWB [17, 3] и частоты 5650–6425 ГГц [28].

Наибольший интерес среди ПАВ транспондеров представляет Global SAW Tag [5-11], отличающийся кодированием большего объема информации (по сравнению с другими РИМ на ПАВ ISM частоты), достигаемым благодаря методу цифровой модуляции, основанной на использовании импульсов с частичным перекрытием во времени с применением одновременного фазового сдвига. Устройство с емкостью до 256 бит находится в разработке, в то время как устройства с 128 битами были продемонстрированы [5]. Проблема анти-коллизии, возникающая при одновременном нахождении нескольких меток в зоне считывания, рассматривается в работе [6], в ней же предлагаются методы ее решения. Проблема минимизации вносимых потерь, так же имеет адекватное решение в виде однофазного однонаправленного преобразователя SPUDT, специально разработанного для применения в РИМ на ПАВ [11].

Преимущества транспондеров на ПАВ: успешно работают с короткими всплесками сигнала, в то время как транспондеры на ИС требуют бесперебойный сигнал от считывателя для питания чипа; РИМ на ПАВ разработаны для 2,45-ГГц ISM частоты, как следствие не требуется дополнительных разрешений для их использования; низкая требуемая мощность для создания сигнала от ПАВ метки позволяет достичь большей дальности считывания и возможности идентификации металлических продуктов и продуктов, содержащих жидкости; считыватели используют низко мощностную передачу сигналов с расширенным спектром, что обеспечивает высокоскоростное и точное чтение кодов транспондеров и позволяет считывателям иметь значительно более высокую помехозащищенность и совместимость спектра с другими системами и / или считывателями; процесс чтения по своей сути восстанавливает время прихода ответного сигнала, определение времени прибытия непосредственно предоставляет информацию, о расстоянии между считывателем и меткой; процесс чтения также восстанавливает фазовый сдвиг ответного сигнала, восстановление фазового сдвига между передаваемым и принимаемым сигналами обеспечивает прямое измерение температуры транспондера; поскольку ПАВ транспондеры состоят только из

пьезоэлектрического кристалла и металлических компонентов, они являются очень надежными при использовании в суровых условиях (воздействие гамма лучами, высокие и низкие температуры).

При больших объемах производства, система РЧИД на ПАВ может быть дешевле своих конкурентов. Во-первых, ПАВ транспондер использует более дешевый чип (ВШП) чем транспондеры с ИС. Во-вторых, не требует переходников для соединения чипа с антенной метки. В-третьих, антенна транспондера для частоты 2,45 ГГц намного меньше и дешевле, чем антенны для конкурирующих транспондеров на ИС использующих более низкие частотные диапазоны.

Для применения РИМПАВ транспондера в лесной промышленности он должен удовлетворять следующим требованиям: соответствие стандарту ЕРС с как минимум 96 битами памяти, с корпусом, соответствующим следующим требованиям: формой и материалом исполнения, позволяющими надежно и быстро прикреплять его к торцу КЛМ с помощью автоматического аппликатора; способностью выдерживать механические воздействия при нанесении и операциях, выполняемых над КЛМ, оставаясь читаемым; безвредностью для варки целлюлозы.

Считыватель не требует дополнительных модификаций, интерес представляет размещение антенн и использование ударопрочного корпуса.

#### **4. Разработка способа и описания архитектуры системы мониторинга перемещения круглых лесоматериалов в цепи поставок**

Известны два патента посвященные способам мониторинга перемещения круглых лесоматериалов. Согласно патентной формуле WO9112711A1 [20] код наносится на сортимент путем распыления, рисования или печати, следовательно, данный патент можно игнорировать, так как разрабатываемый способ опирается на маркировку РИМПАВ с уникальными идентификационными кодами (далее ИК). Согласно патентной формуле EP1024688B1 [24] код, наносимый на сортимент, содержит информацию о качестве и координатах рубки, следовательно, данный патент можно игнорировать, так как в разрабатываемом способе метка хранит только ИК.

Известна система мониторинга перемещения лесных грузов – проект ЕС Indisputable Key [13]. В рамках проекта была разработана информационно-коммуникационная технология мониторинга перемещения лесных грузов. В качестве конечного продукта выступают пиломатериалы. Как упоминалось выше, разработанная система имеет ряд недостатков: в связи с размерными параметрами РИМ возникают трудности с созданием автоматического маркировочного устройства, подходящего для длительного промышленного использования. Идентификация КЛМ в лесу проводилась только на участке заготовки, но необходимо отметить, что достигнутая дальность считывания УВЧРИМ достаточна для идентификации на участках цепи поставок, расположенных в лесу [14]. С одним ограничением сильные отрицательные температуры могут вызвать затруднения считывания ИКРИМ требующие увеличения мощности передаваемого считывателем сигнала [16]. Необходимая мощность может превысить разрешенную, либо максимальную, выдаваемую считывателем.

Научно-практический интерес вызывает разработка способа и системы мониторинга перемещения лесных грузов в цепи поставок способных работать в любых погодных условиях, сметками, размеры которых позволят создать автоматическое устройство маркировки, которое не будет значительно снижать производительность раскряжевки хлыста ВСРМ. При разработке такого способа за основу была взята существующая технология радиочастотной

идентификации на ПАВ. Техническая задача автоматического контроля легальности заготовки круглых лесоматериалов в цепи поставок рассматривается как дополнительная.

Способ разработан для лесопользователей, использующих: на заготовке систему машин харвестер плюс форвардер, на вывозке лесовозные автопоезда с гидроманипуляторами, а на терминалах передвижные краны.

Сущность способа: при раскряжевке хлыстов харвестер с помощью маркировочного оборудования, установленного на захватно-срезающее устройство, автоматически размещает РЧИД ПАВ метку с уникальным и идентификационным кодом на торец каждого заготовленного КЛМ. На участках цепи поставок: лесные машины с помощью дополнительного оборудования считывают ИК метки, ассоциируют ее с дополнительной информацией, получаемой в момент выполнения операций с промаркированным КЛМ, передают ИК метки и ассоциированную с ним информацию в базу данных, в которой обрабатывают полученную информацию, при необходимости получают информацию о КЛМ из базы данных. Контроль легальности заготовки круглых лесоматериалов определяют путем сравнения идентификационного кода метки, нанесенной на круглый лесоматериал, с кодом, имеющимся в базе данных, и при совпадении кодов выдают сообщение о подлинности данного круглого лесоматериала [26].

Для реализации способа необходимо создание информационно-коммуникационной технологии (системы мониторинга), необходимой для хранения и передачи данных, для обеспечения эффективного использования собранной информации различными субъектами в цепи поставок. Пример такой технологии представлен на рис. 2.

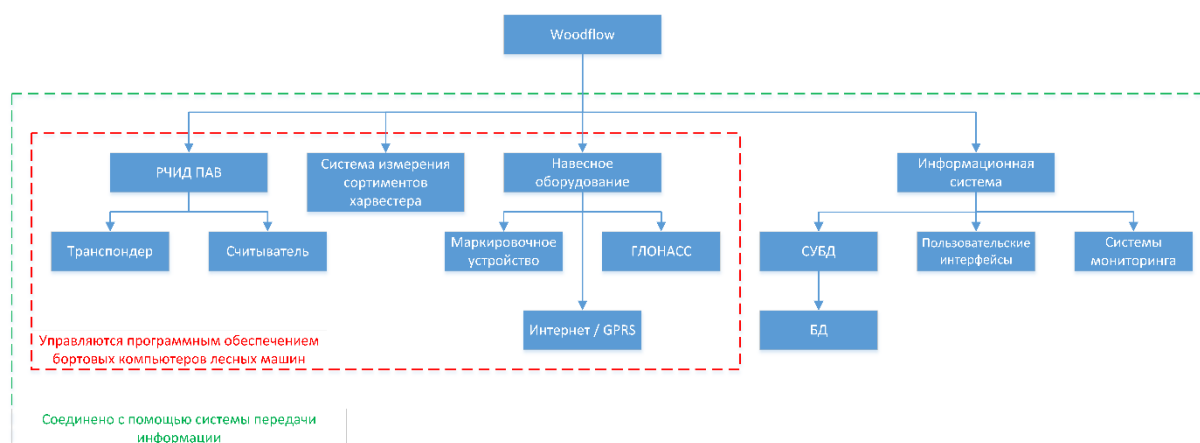


Рисунок 2. Архитектура ИКТ.

Архитектурно ИКТ состоит из: РЧИД ПАВ транспондеров с уникальными ИК для маркировки оригинальных КЛМ, РЧИД СВЧ считывателей для наблюдения за перемещением промаркированных КЛМ, программного обеспечения внешних устройств управления РЧИД ПАВ системой для регистрации ИК меток КЛМ, получения и ассоциирования дополнительной информации с ИК меток КЛМ, передачи информации в БД мониторинга, получения информации из БД мониторинга, источников дополнительной информации для передачи дополнительной информации в ПО внешних устройств управления РЧИД ПАВ системой, системы передачи информации (далее СПИ), предназначенной для связи пользовательских интерфейсов, баз данных и систем мониторинга с бортовыми компьютерами лесных машин и между собой, баз данных и систем мониторинга для анализа и использования информации



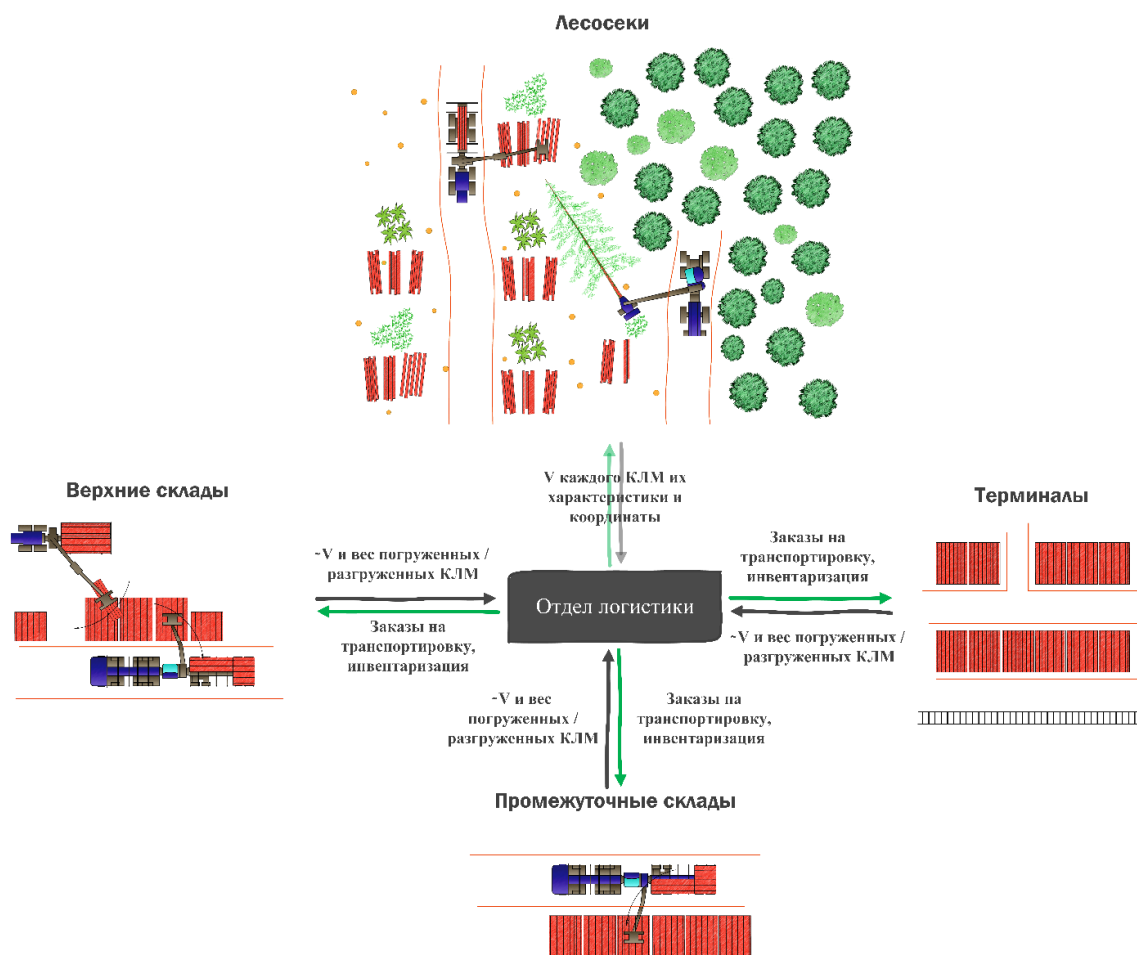
мониторинга, пользовательских интерфейсов для предоставления информации в необходимом формате пользователю. Источниками дополнительной информации являются механические и программные средства ВСРМ, а также модули ГЛОНАСС. Между архитектурными элементами данные передаются с помощью соответствующих интерфейсов.

Обновляемые в реальном времени БД и службы мониторинга позволяют анализировать информацию мониторинга и выводить необходимую для управления транспортно-технологическими схемами перемещения круглых лесоматериалов в цепи поставок информацию, такую как, например, ведомости объемов на участках цепи поставок и в транспортных средствах. При необходимости можно получить и другие ведомости, например, отчет по передвижению определенного КЛМ, список находящихся на участке цепи или в транспортном средстве КЛМ с их ИК и характеристиками.

Использование данного способа позволит повысить эффективность управления транспортно-технологическими схемами перемещения круглых лесоматериалов в цепи поставок, а также повысить объективность контроля и сократить сроки определения легальности заготовки круглых лесоматериалов. Используемая в способе технология ПАВ РЧИД вкупе с ИКТ дадут возможность пользователям не проводить инвентаризацию участков цепи поставок, оперативно принимать решения, полагаясь на достоверную информацию мониторинга.

Для пояснения планируемых результатов от использования разработанного способа сравним информационный поток в классической цепи поставок КЛМ при заготовке комплексом харвестер + форвардер с информационным потоком в цепи поставок КЛМ при использовании предлагаемой в способе системы.

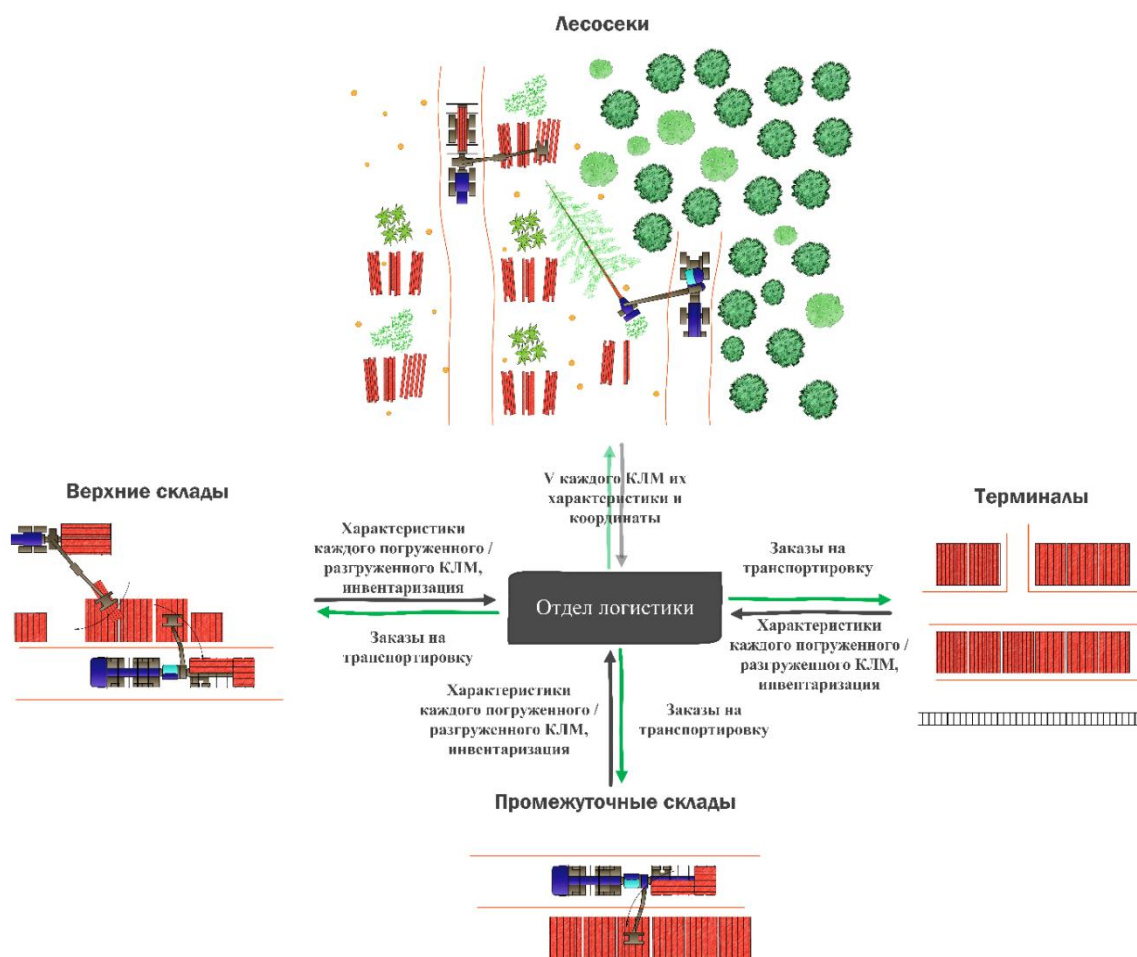
На рис. 3. представлена классическая цепь поставок КЛМ. КЛМ образуются на этапе раскряжевки хлыстов на лесосеке харвестером, информация об объемах и характеристиках заготовленных сортиментов, хранящаяся в программном обеспечении (далее ПО) бортового компьютера, обычно передается в конце смены или рабочего дня с помощью USB накопителя или GPRS/Internet в базу данных (далее БД). Существует возможность передачи информации о заготовленных КЛМ в реальном времени включая координаты заготовки, регистрационный номер лесопользователя, информацию о документе или лицензии разрешающую проведение рубки, а также временные данные. Форвардер перемещает КЛМ на верхний склад, где при необходимости сортирует. Координаты заготовленных пачек сортиментов передаются из БД в ПО бортового компьютера. С верхнего склада сортименты доставляются лесовозными автопоездами с гидроманипуляторами на промежуточные склады, терминалы или напрямую потребителям. В БД передаются координаты погрузки/разгрузки и перевезенный объем КЛМ. С промежуточных складов КЛМ доставляются лесовозными автопоездами с гидроманипуляторами на терминалы либо потребителям. В БД передаются координаты погрузки/разгрузки и перевезенный объем КЛМ. На терминалах КЛМ сортируются, укладываются в штабели и погружаются подвижными или стационарными кранами на подвижной состав для вывозки. Мониторинг за движением лесовозов ведется с помощью средств глобального позиционирования.



**Рисунок 3.** Информационный поток в классической цепи поставок КЛМ при заготовке комплексом харвестер + форвардер.

Таким образом индивидуальная информация о КЛМ заменяется групповой уже на этапе доставки на верхний склад. Лесовозы снабжены лишь датчиками давления, следовательно, отсутствует точная информация о перевозимой ими кубатуре. На складах, терминалах учет древесины ведется вручную, а информация, получаемая при ручном учете КЛМ, не всегда является точной и своевременной. При этом эффект от точной информации, получаемой на лесосеке, теряется. Для передачи индивидуальной информации от лесосеки до конечного продукта предлагается схема информационного потока в цепи поставок представленная на рис. 4. Параметры каждого промаркированного КЛМ, определенные с помощью механических и программных средств харвестеров, ассоциированные с уникальными ИК меток передаются в БД где ассоциируются с уникальными ИК КЛМ. На каждом этапе цепи поставок в БД передаются ИК меток КЛМ, над которыми проводятся операции, и ассоциированная с ними дополнительная информация, такая как координаты, время проведения операции и др. Кроме того при проведении погрузки после считывания ИК КЛМ в пачках/штабелях их характеристики передаются на бортовой компьютер лесной машины, что обеспечивает возможность определения необходимых для погрузки сортиментов.

Таким образом индивидуальная информация о КЛМ сохраняется на всех участках цепи поставок. Учет КЛМ на всех участках цепи поставок проводится автоматически в реальном времени. Измерения КЛМ проводятся при раскряжёвке харвестером с большой точностью.



**Рисунок 4.** Информационный поток в классической цепи поставок КЛМ при использовании предлагаемой системы мониторинга.

## 5. Выводы

В статье рассмотрены основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепях поставок, обеспечивающей выполнение требований закона Российской Федерации о контроле движения круглых лесоматериалов и требований регламента Европейского Союза о поставках лесопродукции, заключающиеся в выборе перспективных технологических средств поштучной идентификации сортиментов; приведении требований для их применения в лесной промышленности; разработке способа мониторинга; описании архитектуры необходимой информационно-коммуникационной технологии.

В качестве перспективного технологического средства поштучной идентификации сортиментов была выбрана технология радиочастотной идентификации, показавшая себя

крайне надежной при использовании в тяжелых производственных условиях, таких как высокие и низкие температуры. Данная технология основана на применении пассивных радиочастотных идентификационных меток на поверхностных акустических волнах.

Сформулированы особые требования, предъявляемые к техническим средствам идентификации круглых лесоматериалов для их использования на предприятиях лесной промышленности Российской Федерации.

Разработан способ мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок, предназначенный для лесопользователей, использующих: на заготовке систему машин харвестер плюс форвардер, на вывозке лесовозные автопоезда с гидроманипуляторами, а на терминалах передвижные краны.

Приведено описание, необходимой для разработки системы мониторинга, информационно-коммуникационной технологии, необходимой для хранения и передачи данных, для обеспечения эффективного использования собранной информации различными субъектами в цепи поставок.

Для пояснения планируемых результатов от использования разработанного способа приведено сравнение информационных потоков в классической цепи поставок при заготовке комплексом харвестер + форвардер с информационным потоком в цепи поставок при использовании предлагаемой в способе системы мониторинга, в котором индивидуальная информация о круглых лесоматериалах сохраняется на всех участках цепи поставок.

## Литература

1. Chen, J.L., Chen, M.C., Chen, C.W., Chang, Y.C. 2007. Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems. *Computer Communications* 30(9): 2070-2086.
2. Häkli, J., Sirkka, A., Jaakkola, K., Puntanen, V., Nummila, K. 2013. Challenges and Possibilities of RFID in the Forest Industry. *Radio Frequency Identification from System to Applications*, 302-323.
3. Härmä S. 2009. Surface Acoustic Wave RFID Tags: Ideas, Developments, and Experiments. Doctoral Dissertation, Helsinki University of Technology, Helsinki, 74 pp.
4. Härmä, S., Plessky, V. P., Hartmann, C. S., Steichen, W. 2008. Z-path SAW RFID tag. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*. 55(1): 208–213.
5. Hartmann, C. S., Brown, P., Bellamy, J. 2004. Design of global SAW RFID tag. *Proceedings of 2nd International Symposium Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communications Systems*, Chiba, Japan, March 2004, pp. 15–19.
6. Hartmann, C., Hartmann, P., Brown, P., Bellamy, J., Claiborne, L., Bonner, W. 2004. Anti-collision methods for global SAW RFID tag systems. *Proceedings of the IEEE 2004 Ultrasonics Symposium volume 2, 23-27 August 2004*, pp. 805–808.
7. Hartmann, C.S. 1985. Future high volume applications of SAW devices. *Proceedings of the IEEE 1985 Ultrasonics Symposium*, San Francisco, USA, 16-18 October 1985, pp. 64-73.
8. Hartmann, C.S. 2002. A global SAW ID tag with large data capacity. *Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium*, München, Germany, October 2002, pp. 65–69.
9. Hartmann, C.S. 2005. Surface acoustic wave identification tag having enhanced data content and methods of operation and manufacture thereof, U.S. Patent 6 966 493.
10. Hartmann, C.S., Claiborne, L.T. 2003. Anti-collision request pulse focusing system for use with multiple surface acoustic wave identification tags and method of operation thereof, U. S. Patent 7 084 768.

11. Hartmann, C.S., Plessky, V.P. 2007. Single phase unidirectional surface acoustic wave transducer and improved reflectors, U. S. Patent 7 173 360.
12. IK EU. 2010. Final report INDISPUTABLE KEY EU Integrated Project of the Sixth Framework Programme, Priority 2, Information Society Technologies, n° 34732: INDISPUTABLE KEY – Intelligent distributed process utilisation and blazing environmental key Coordinator: Richard Uusijärvi, SP, Sweden.
13. Indisputable Key. Forest RFID Transponder and Reader Design. Deliverable D4.10. 2009.
14. Korten, S., Kaul, C. 2008. Application of RFID (radio frequency identification) in the timber supply chain. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 29(1): 85–94.
15. Mtibaa, F., Chaabane, A., Abdellatif, I., Li, Y. 2014. Towards a Traceability Solution in the Canadian Forest Sector, *Proceedings of 1st International Physical Internet Conference (IPIC 2014)*, Québec, Canada, May 2014, pp 28-30.
16. Nummela, J., Ukkonen, L., Sydanheimo, L. 2014. The Effect of Low Temperature on Passive UHF RFID Tags. *Proceedings of the 4th WSEAS International Conference on REMOTE SENSING (REMOTE'08)*, Venice, Italy, November 21-23, 2008, pp. 88-92.
17. Plessky, V., Lamothe, M. 2014. Ultra-wide-band SAW RFID sensors. *Proceedings of the European Frequency and Time Forum (EFTF)*, Neuchatel, Switzerland, 23-26 June 2014, pp 16-23.
18. Plessky, V., Ostertag, T., Kalinin, V., Lyulin, B., 2010. SAW-tag system with an increased reading range. *Proceedings of the 2010 IEEE International Ultrasonics Symposium*, San Diego, USA, 11-14 Oct. 2010, pp. 531–534.
19. Plessky, V., Reindl, L. 2010. Review on SAW RFID tags. *Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, IEEE Transactions, 57(3): 654–668.
20. Rintamaeki V. Method for marking logs, Patent WO 1991012711 A1. 1991.
21. Schraml, R., Hofbauer, H., Petutschnigg, A., Uhl, A. 2015. Tree log identification based on digital cross-section images of log ends using fingerprint and iris recognition methods. *Proceedings of the International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP'15)*, Valetta, Malta, September 2015, pp. 752-765.
22. Shao, B. 2014. Fully Printed Chipless RFID Tags towards Item-Level Tracking Applications, Doctoral thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 81 pp.
23. Shmaliy, Y.S., Plessky, V., Cerda-Villafana, G., Ibarra-Manzano, O. 2012. Error probability for RFID SAW tags with pulse position coding and peak-pulse detection. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*. 59(11): 2528-2536.
24. Sörvik, B. Method for timber harvesting and system for forestry, Patent EP 1024688 B1. 2003.
25. Virtanen J. 2012. Development of sensor Integrated and inkjet-Printed Tag Antennas for Passive UHF RFID Systems, Doctoral thesis, Tampere university of Technology, Tampere, 67 pp.
26. Салминен, Э.О., Заяц, А.М., Тюрин, Н.А. и др. Информационные технологии и системы в лесопромышленном комплексе: Учебное пособие. СПб.:СПбЛТА, 2002. 180 с.
27. Симоненков М., Салминен Э., Бачериков И. Патент РФ номер 2015102873. Способ мониторинга перемещения и автоматического контроля легальности заготовки круглых лесоматериалов в цепи поставок. 2015.
28. Янкин, С.С. Взаимодействие поверхностных акустических волн с неоднородностями, сравнимыми с длиной волны. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Саратов. 2015.

## References

1. Chen, J.L., Chen, M.C., Chen, C.W., Chang, Y.C. 2007. Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems. *Computer Communications* 30(9): 2070-2086.
2. Häkli, J., Sirkka, A., Jaakkola, K., Puntanen, V., Nummala, K. 2013. Challenges and Possibilities of RFID in the Forest Industry. *Radio Frequency Identification from System to Applications*, 302-323.
3. Härmä S. 2009. Surface Acoustic Wave RFID Tags: Ideas, Developments, and Experiments. Doctoral Dissertation, Helsinki University of Technology, Helsinki, 74 pp.
4. Härmä, S., Plessky, V. P., Hartmann, C. S., Steichen, W. 2008. Z-path SAW RFID tag. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*. 55(1): 208–213.
5. Hartmann, C. S., Brown, P., Bellamy, J. 2004. Design of global SAW RFID tag. *Proceedings of 2nd International Symposium Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communications Systems*, Chiba, Japan, March 2004, pp. 15–19.
6. Hartmann, C., Hartmann, P., Brown, P., Bellamy, J., Claiborne, L., Bonner, W. 2004. Anti-collision methods for global SAW RFID tag systems. *Proceedings of the IEEE 2004 Ultrasonics Symposium volume 2, 23-27 August 2004*, pp. 805–808.
7. Hartmann, C.S. 1985. Future high volume applications of SAW devices. *Proceedings of the IEEE 1985 Ultrasonics Symposium, San Francisco, USA, 16-18 October 1985*, pp. 64-73.
8. Hartmann, C.S. 2002. A global SAW ID tag with large data capacity. *Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium, München, Germany, October 2002*, pp. 65–69.
9. Hartmann, C.S. 2005. Surface acoustic wave identification tag having enhanced data content and methods of operation and manufacture thereof, U.S. Patent 6 966 493.
10. Hartmann, C.S., Claiborne, L.T. 2003. Anti-collision request pulse focusing system for use with multiple surface acoustic wave identification tags and method of operation thereof, U. S. Patent 7 084 768.
11. Hartmann, C.S., Plessky, V.P. 2007. Single phase unidirectional surface acoustic wave transducer and improved reflectors, U. S. Patent 7 173 360.
12. IK EU. 2010. Final report INDISPUTABLE KEY EU Integrated Project of the Sixth Framework Programme, Priority 2, Information Society Technologies, n° 34732: INDISPUTABLE KEY – Intelligent distributed process utilisation and blazing environmental key Coordinator: Richard Uusijärvi, SP, Sweden.
13. Indisputable Key. Forest RFID Transponder and Reader Design. Deliverable D4.10. 2009.
14. Korten, S., Kaul, C. 2008. Application of RFID (radio frequency identification) in the timber supply chain. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 29(1): 85–94.
15. Mtibaa, F., Chaabane, A., Abdellatif, I., Li, Y. 2014. Towards a Traceability Solution in the Canadian Forest Sector, *Proceedings of 1st International Physical Internet Conference (IPIC 2014)*, Québec, Canada, May 2014, pp 28-30.
16. Nummela, J., Ukkonen, L., Sydanheimo, L. 2014. The Effect of Low Temperature on Passive UHF RFID Tags. *Proceedings of the 4th WSEAS International Conference on REMOTE SENSING (REMOTE'08)*, Venice, Italy, November 21-23, 2008, pp. 88-92.
17. Plessky, V., Lamothe, M. 2014. Ultra-wide-band SAW RFID sensors. *Proceedings of the European Frequency and Time Forum (EFTF)*, Neuchatel, Switzerland, 23-26 June 2014, pp 16-23.
18. Plessky, V., Ostertag, T., Kalinin, V., Lyulin, B., 2010. SAW-tag system with an increased reading range. *Proceedings of the 2010 IEEE International Ultrasonics Symposium, San Diego, USA, 11-14 Oct. 2010*, pp. 531–534.

19. Plessky, V., Reindl, L. 2010. Review on SAW RFID tags. *Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, IEEE Transactions, 57(3): 654–668.
20. Rintamaeki V. Method for marking logs, Patent WO 1991012711 A1. 1991.
21. Schraml, R., Hofbauer, H., Petutschnigg, A., Uhl, A. 2015. Tree log identification based on digital cross-section images of log ends using fingerprint and iris recognition methods. *Proceedings of the International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP'15)*, Valetta, Malta, September 2015, pp. 752-765.
22. Shao, B. 2014. Fully Printed Chipless RFID Tags towards Item-Level Tracking Applications, Doctoral thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 81 pp.
23. Shmaliy, Y.S., Plessky, V., Cerda-Villafana, G., Ibarra-Manzano, O. 2012. Error probability for RFID SAW tags with pulse position coding and peak-pulse detection. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*. 59(11): 2528-2536.
24. Sörvik, B. Method for timber harvesting and system for forestry, Patent EP 1024688 B1. 2003.
25. Virtanen J. 2012. Development of sensor Integrated and inkjet-Printed Tag Antennas for Passive UHF RFID Systems, Doctoral thesis, Tampere university of Technology, Tampere, 67 pp.
26. Салминен, Э.О., Заяц, А.М., Тюрин, Н.А. и др. Информационные технологии и системы в лесопромышленном комплексе: Учебное пособие. СПб.:СПбЛТА, 2002. 180 с.
27. Симоненков М., Салминен Э., Бачериков И. Патент РФ номер 2015102873. Способ мониторинга перемещения и автоматического контроля легальности заготовки круглых лесоматериалов в цепи поставок. 2015.
28. Янкин, С.С. Взаимодействие поверхностных акустических волн с неоднородностями, сравнимыми с длиной волны. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Саратов. 2015.

© 2016 Симоненков М.В., Салминен Э.О., Бачериков И.В.