

Развитие цифрового учета круглых лесоматериалов

О.А. Куницкая^{1a}, Н.Л. Беляев^{2b}, В.В. Швецова^{3c}, М.Е. Рудов^{4d}, В.И. Григорьев^{5e}

¹ Арктический государственный агротехнологический университет,
Сергеляхское шоссе, 3, Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

² Timbeter OÜ, Teaduspargi 3/1, Таллин, Эстония

³ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
ул. 2-я Красноармейская, 4, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Институтский пер., 5, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
наб. Канала Грибоедова, 30-32, Санкт-Петербург, Россия

^a ola.ola07@mail.ru, ^b n_beljaev@mail.ru, ^c vikt.schvetzova2012@yandex.ru, ^d 89218983200@mail.ru, ^e vmomr@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-8542-9380>, ^b <https://orcid.org/0000-0003-3406-5411>, ^c <https://orcid.org/0000-0001-8566-2326>,

^d <https://orcid.org/0000-0002-0329-8987>, ^e <https://orcid.org/0000-0002-6704-3940>

Статья поступила 05.04.2022, принята 17.04.2022

Под учетом лесоматериалов понимают совокупность операций по регистрации состояния, места нахождения и перемещений лесоматериалов, их измерению и контролю качества, обеспечивающих получение данных о количестве и качестве заготовленной древесины и лесоматериалов. Технологии учета лесоматериалов в зависимости от применяемых методов измерений можно поделить на поштучные и групповые. С развитием технологий регистрационные действия происходят во все более сжатые временные промежутки, так что становится сложнее отделить регистрационные, контрольные и измерительные операции друг от друга. Эти процессы из отдельного набора операций, производимых человеком вручную, постепенно автоматизируются и представляют собой в настоящий момент комбинацию ручных и автоматизированных действий, где доля ручных операций сокращается, уступая место машинным. В свою очередь, методы измерений тоже не стоят на месте и развиваются, являя собой как модификации уже известных методов, так и сочетания двух и более методов, появляющихся под влиянием следования наибольшей экономической целесообразности и повышения эффективности учетных работ. Одним из развивающихся направлений в измерениях и учете лесоматериалов является получение и обработка 3D- и 2D-образов как отдельных бревен, так и штабелей лесоматериалов. Изображение штабеля оцифровывается, что позволяет с помощью нейросетей распознавать отдельные элементы изображения, такие как торец бревна с присущими ему атрибутами (размер, порода, качественные характеристики и т. п.). В измерительном плане для получения объема могут использоваться те же методы, что и для ручных измерений в штабеле, но с неизмеримо большими палитрами инструментов. В статье рассмотрены перспективные направления цифрового учета лесоматериалов, включая импортозамещение.

Ключевые слова: лесозаготовки; учет заготовленной древесины; круглые лесоматериалы; групповой учет; сортименты.

Results of experimental studies of the program definition of the volume of deciduous timber

О.А. Kunitskaya^{1a}, N.L. Belyaev^{2b}, V.V. Shvetsova^{3c}, M.E. Rudov^{4d}, V.I. Grigoriev^{5e}

¹ Arctic State Agrotechnological University; 3, Sergelyakhskoe Shosse, Yakutsk, Republic of Sakha, Yakutia, Russia

² Timbeter OÜ; 3/1, Teaduspargi, Tallinn, Estonia

³ St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 4, 2nd Krasnoarmeyskaya St., St. Petersburg, Russia

⁴ St. Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov; 5, Institutsky Per., St. Petersburg, Russia

⁵ St. Petersburg State University of Economics; 30-32, Griboedov Canal Emb., St. Petersburg, Russia

^a ola.ola07@mail.ru, ^b n_beljaev@mail.ru, ^c vikt.schvetzova2012@yandex.ru, ^d 89218983200@mail.ru, ^e vmomr@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-8542-9380>, ^b <https://orcid.org/0000-0003-3406-5411>, ^c <https://orcid.org/0000-0001-8566-2326>,

^d <https://orcid.org/0000-0002-0329-8987>, ^e <https://orcid.org/0000-0002-6704-3940>

Received 05.04.2022, accepted 17.04.2022

Timber accounting is a combination of operations to record the condition, location and movement of timber, its measurement and quality control, providing data on the quantity and quality of harvested wood and timber products. Timber accounting technologies, depending on the measurement methods used, can be divided into piece-by-piece and group-by-group. As technology advances, registration activities occur in increasingly shorter time frames, so that it becomes more and more difficult to separate registration, checking and measuring operations. These processes are gradually automated, from a separate set of manual operations to a combination of manual and automated operations, where the share of manual operations is shrinking to give way to machine operations. Methods of

measurement, on the other hand, do not stand still and evolve, representing both modifications of known methods and combinations of two or more methods, appearing under the influence of the greatest economic expediency and increasing efficiency of accounting works. One of the developing trends in timber measuring and registering is the acquisition and processing of 3D and 2D images of both individual logs and "stacks" of timber. The stack image is digitized, which allows neural networks to recognize individual image elements, such as the end face of a log with its inherent attributes (size, species, quality characteristics, etc.). From the measuring point of view the same methods can be used to obtain the volume as for manual measurements in the stack, but with immeasurably larger palettes of tools. This article considers promising directions of digital timber accounting, including prospects for import substitution. The work was carried out within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry".

Keywords: logging; logging accounting; roundwood; group accounting; assortments.

Введение. В настоящее время одновременно существует несколько видов и систем учета круглых лесоматериалов (КЛМ), построенных на разных принципах и имеющих различные цели. По цепочке поставок от лесосеки до переработки можно выделить более десятка таких видов учета, объединенные в ряд учетных систем, начиная с данных отвода лесосеки и заканчивая учетом при подаче сортиментов, чаще всего уже окоренных [1; 2], в производство.

Перечислим некоторые элементы: учетная система харвестера [3; 4]; учетная система форвардера [4; 5]; оперативный учет погрузочного пункта; учет вывозки с заготовленной древесины [6]; учет при приемке на нижнем складе (бирже сырья); учет движения сырья на лесопромышленном складе; учет на сортировочной линии; учет сортированного сырья; учет при окорке и подаче в производство [7–9].

Виды учета в зависимости от их целей можно подразделить на оперативный, управленческий, бухгалтерский, налоговый, таможенный и др. В свою очередь, элементы и виды учета переплетаются и взаимодействуют в виде учетных систем, представленных в виде пакетов программного обеспечения, таких как электронные таблицы, 1С, SAP, другие программы управления ресурсами предприятия.

Круглые лесоматериалы, в коре или окоренные, представляют собой совокупность сложных геометрических фигур, внешне похожих на цилиндр, но на самом деле имеющих неправильную форму, как многие природные образования. Бревна не только уникальны по размерным характеристикам, но и способны их изменять в довольно широких диапазонах с течением времени и под воздействием окружающей среды [10; 11]. Измерение объема бревен и штабелей в этой связи представляет из себя сложную геометрическую задачу, а учет измеренных показателей превращается в нетривиальную, но уже, скорее, математическую, исследовательскую и управленческую задачу.

Вся совокупность целей, задач, видов и систем учета имеет в своей основе измерения лесоматериалов, выполненные различными методами, поштучными или групповыми. Учет может вестись в весовых, объемных и количественных единицах, а иногда и сразу в нескольких [12; 13].

Следует отметить, что нормативная база практически по всем видам и системам учета слабо регламентирована и не подкреплена документами обязательного исполнения, вследствие чего показания «приборов» как внутри одной системы, так и между ними плохо поддаются взаимной увязке [14].

Рассмотрим объемные единицы как наиболее распространенные при учете круглых лесоматериалов. Наиболее популярная единица — это m^3 , с учетом коры или без. Измерение объема может производиться разными методами, от километрического до штабельного, обладающими различной точностью. Поскольку единого регламента по методикам измерений не существует, то объем, измеренный одним методом как $10 m^3$, может при измерении другим методом показать величину, например, 12 или $8 m^3$. По результатам измерений той или иной совокупности лесоматериалов этой учетной единице присваивается значение ее объема в кубических метрах. При этом метод измерения объема зачастую отдельно не указан, и в практике лесопромышленного комплекса считается, что $1 m^3$, измеренный одним методом, равен $1 m^3$, измеренному другим методом, а это не так. Да, ситуация абсурдна и выглядит как учет денежных средств в долларах без указания страны, валютой которой этот доллар является.

Самой поздней по появлению учетной системой лесоматериалов можно назвать ЛесЕГАИС, на смену которой планируется представить ФГИС ЛК. Отрадно, что для этой учетной системы с вступлением в силу постановления правительства № 2128 от 30.11.2021 г. появляется значительно больше ясности по такому основополагающему вопросу учета, как единство измерений, и его составляющим, таким как опорный метод измерений, нормирование погрешностей, особенности учета коры. Правилами учета, закрепленными постановлением, не описаны исчерпывающие инструкции, но сделана отсылка к национальным стандартам, расшифровывающим отдельные элементы учета, подлежащим разработке и утверждению в ближайшие годы.

В свете усилий правительства по поддержанию единства измерений, повышению прозрачности и точности учета продукции лесного комплекса и в целом курса на осуществление «правовой гильотины» представляется значимой задачей по взаимоувязке отдельных единиц измерений, методов учета и учетных систем, а помимо этого, оптимизации учета и исключения использования дублирующих учетных систем и документов (таких, например, как транспортная накладная, путевой лист, спецификация, товаросопроводительный документ), полный переход на цифровой учет с минимизацией бумажного и «псевдоцифрового pdf» документооборота, внедрение передовых методов измерений.

Цель работы: сделана попытка проанализировать перспективные направления развития цифрового учета круглых лесоматериалов, включая импортозамещение в этой области.

Материалы и методы исследования. Учет лесоматериалов подразумевает не только измерение объема партии, но и определение (а также регистрацию) других характеристик и само ведение реестра с требуемым набором параметров, или, выражаясь компьютерным языком, атрибутов [15]. В качестве таких атрибутов могут выступать количественные и качественные характеристики лесоматериалов, их изображение, время и место фиксации, ответственное лицо, транспортное

средство, маршрут перемещения и т. п. параметры (на схеме, рис. 1).

Из всех атрибутов учета только часть может быть определена или измерена, даже потенциально. Остальные параметры учета просто фиксируются в системе учета на основании ранее полученных данных. Причем, некоторые показатели остаются неизменными, а некоторые изменяются (усушка, потеря качества, смена владельца и т. п.).



Рис. 1. Показатели (атрибуты) учета лесоматериалов

Что касается деления методов учета на групповые и поштучные, то в этом плане на наших глазах происходит конвергенция элементов группового и поштучного учета, и она становится возможной на базе использования новейших технологий по оптическому распознаванию лесоматериалов. Оптические системы начинают все шире использоваться в учете лесоматериалов. Оптические системы можно условно разделить по видам «носителей» и устройств (средств базирования), на которых они установлены. В настоящий момент применение находят оптические системы на базе:

- измерительных рамок — сканеров;
- беспилотных летательных аппаратов (БПЛА);
- передвижного измерительного комплекса на базе автомобиля;
- стационарных камер слежения;
- смартфона или планшета (ТСД).

Оптические технологии видимого диапазона применительно к измерениям круглых лесоматериалов успешно соседствуют с другими технологиями дистанционного зондирования ближнего радиуса действия — как активными, так и пассивными, и часто взаимодополняют друг друга.

В списке носителей оптических технологий учета наибольший интерес представляют три из них: рамки, дроны и персональные смарт-устройства (рис. 2), поэтому остановимся на каждом из них подробнее.



Рис. 2. Примеры различных носителей оптических технологий по измерению и учету КЛМ (рамка-сканер, БПЛА, ТСД)

На рынке представлены различные варианты измерительных рамок как промышленного, так и полукустарного производства, отечественных и зарубежных изготовителей, различающихся как по набору и технологиям используемого оборудования, так и по стоимости. Встречаются как полуавтоматические, так и полностью автоматизированные решения на базе рамок с

использованием фото- и видеоизображений для построения 2D- и 3D-моделей с возможным использованием вспомогательных датчиков для определения расстояний и масштаба изображения. Полностью «беспилотные» решения еще только «пробивают» дорогу на производство и представлены исключительно зарубежными производителями. Количество инсталляций сканеров промышленного производства — несколько десятков штук по стране. По назначению рамки используются для измерения штабелей круглых лесоматериалов на транспортных средствах.

БПЛА, используемые для измерения круглых лесоматериалов, применяют в основном стандартные алгоритмы для обработки изображений для получения облака точек и 3D-моделей штабелей, но встречаются и варианты, измеряющие продольный вертикальный профиль штабеля с использованием лазерного сканирования поверхностей. Чаще для измерения круглых лесоматериалов используются БПЛА вертолетного типа, а привязка к данным о местоположении осуществляется с помощью дополнительных наземных станций систем глобального позиционирования для достижения сантиметровой точности привязки к местности. Пока использование происходит разрозненно, под влиянием смежных профессий (геодезия, топография, строительство и т. п.). Используются для измерения штабелей на земле и проявляют свои преимущества при съемке на больших местах складирования. Как и при других видах съемки, наиважнейшим «недоработанным» по степени автоматизации признаком является коэффициент полндревесности.

ТСД промышленного назначения, или бытовые смартфоны и планшеты, — наиболее бюджетный вариант для внедрения технологий оптического учета в производство, они находят все более широкое применение на всех этапах цепочки поставок круглых лесоматериалов от лесосеки до переработки. Различаются как сами устройства, так и программное обеспечение (ПО), предназначенное для измерения и учета. На российском рынке представлены устройства отечественного и зарубежного производства, разработчики и производители ПО также представляют как Российскую Федерацию, так и зарубежные страны. Мобильность и доступность решений обуславливают некоторые ограничения по функционалу в пользу меньшей требовательности как к наличию и скорости связи с сервером, так и к скорости обработки данных. 3D и видеосъемка уступают место 2D и ограниченному числу кадров изображений. На базе мобильных устройств нет полностью автоматизированных учетно-измерительных решений, они требуют участия человека для введения и обработки данных, что не позволяет полностью избавиться от «человеческого фактора», но обеспечивает большую гибкость использования и постепенность перехода к цифровизации производства. Могут использоваться как для съемки круглых лесоматериалов на транспортных средствах и на земле, так и для определения коэффициента полндревесности в связке с другими измерительными методами.

Чаще всего при помощи оптики измеряют складочный объем, который затем переводят в плотную меру при помощи коэффициента полндревесности. Предва-

рительно оценить этот коэффициент можно по торцевой вертикальной поверхности штабеля по соотношению площадей торцов и общей площади, на которой происходит определение площадей торцов. Если речь идет об объемах круглых лесоматериалов больше нескольких десятков кубических метров, то чаще всего ни глаз, ни оптические устройства не могут получить изображение для поштучного пересчета ввиду разнонаправленности сортиментов в штабеле или препятствий для фотографической съемки, будь то рельеф местности, другие штабеля, строения или снег. В этом случае коэффициент полндревесности может быть определен по выборке из нескольких доступных к обработке изображений с последующим распространением на всю совокупность, т. е. на весь штабель.

В качестве иллюстрации о совмещении понятий о групповом и поштучном учете можно привести следующий пример: если для фотографирования доступна вся вертикальная торцевая поверхность штабеля, то при хорошей укладке возможно измерить как общую площадь всей торцевой поверхности с получением объема путем перемножения этой площади на коэффициент полндревесности и длину сортимента, так и индивидуальные площади каждого торца штабеля, в том числе и их (торцов) общее количество, что позволяет говорить о поштучном учете (объема) каждого бревна.

В измерительном плане для получения объема могут использоваться те же методы, что и для ручных измерений в штабеле, но с неизмеримо большими пагитами инструментов. Например, при оцифровке изображения становится возможным учитывать объемы и другие размерные величины одновременно по нескольким методам измерений и даже в различных комбинациях. С одной стороны, это создает определенные трудности с обработкой возросшего объема полученных данных, а с другой — позволяет значительно ускорить и автоматизировать ручные измерительные операции без потери точности, которая и достигается в том числе совмещением и обработкой баз данных. Единообразный учет предполагает наличие эталона, такого как опорный метод определения объема лесоматериалов. Между величинами, полученными опорным методом, и всеми другими, применяемыми по цепочке поставок лесоматериалов, присутствуют очевидные разночтения, иногда весьма существенные.

Основой для исключения таких разночтений и минимизации погрешностей, наряду с повышением эффективности учета, видится система выборочного контроля, привязанная к опорному методу измерения. Важными понятиями, наряду с опорным методом, будут рабочий и контрольный методы измерений, а также сортиментный план — список сортиментов по назначению (баланс, пиловочник и т. п.), породе или группе пород, длине, группам диаметров и другим размерно-качественным характеристикам. Любая партия одного сортимента из сортиментного плана, будь то весь объем с одной лесосеки, груз на лесовозе или весь запас сортиментов на складе, может быть представлена в плане учета как генеральная совокупность. Она обладает определенной степенью однородности в соответствии с элементами сортиментного плана, и эта совокупность измерена или подлежит измерению одним из

рабочих методов измерений. Рабочим методом зачастую является один из групповых методов, например, штабельный, и его точность уступает поштучным методам измерений. Для повышения точности случайным образом из генеральной совокупности делают выборку определенного числа штабелей или бревен. Круглые лесоматериалы, оказавшиеся в выборке, измеряют как рабочим методом, так и более точным контрольным, т. е. опорным методом измерений. По полученной между рабочим и контрольным измерениями разнице вычисляют статистические показатели, такие как систематическая и случайная составляющие погрешности измерений, среднеквадратическое отклонение, стандартная ошибка и др. [16; 17].

Повышение точности такого контроля может быть достигнуто как за счет увеличения выборки для контрольного измерения, так и за счет повышения точности рабочих измерений. 2D- и 3D-образы отдельных бревен и штабелей представляют выдающуюся возможность для усовершенствования методов как рабочего, так и контрольного учета.

Наиболее наглядно эту систему можно представить на примере: весь объем соснового пиловочника длиной 6 м с делянки перевозится на лесопромышленный склад автотранспортом. При отгрузке лесоматериалы измеряют штабельным методом с помощью 2D-модели (фотометрический метод). Случайным образом (с помощью генератора случайных чисел) 10 % от общего числа автомобильных партий этого сорта направляются на линию сортировки, где происходит поштучное измерение каждого бревна из партии по его 3D-модели, и таким образом уточняется кубатура контрольной партии в плотной мере, а вместе с этим, и коэффициент полндревесности, используемый для конвертации из складочного объема в плотный при рабочих измерениях. По результатам такой процедуры делаются выводы о необходимости коррекции доли выборки, повышается точность учета объема этого сорта как при отгрузке с лесосеки, так и при хранении на складе той его части, которая еще ожидает поштучного учета.

Сопоставив все описанные измерения с показаниями компьютера харвестера по объему этого сорта и количеству бревен, учитываемых на каждом этапе, получим дополнительные данные о точности измерений харвестера, средний диаметр сорта, его распределение по группам диаметров и другие полезные данные, способствующие повышению эффективности как лесозаготовительного, так и деревообрабатывающего производства, ведь эффективно управлять производственными процессами можно только при налаженной системе учета и контроля.

Разработка методики снижения погрешностей измерений и их учета между двумя и более методами измерений представляется важной задачей, ведущей к повышению точности цифрового учета круглых лесоматериалов, а с ее помощью и к росту экономической эффективности и рационального использования природных ресурсов.

Результаты исследования. Горизонты аудита транспорта и цепей поставок в сфере обращения лесных грузов значительно расширились в свете постановления

правительства РФ № 2214 от 06.12.2021 г., привнесшего в учет лесоматериалов по системе ЛесЕГАИС понятие электронного сопроводительного документа (ЭСД). Это поистине революционное понятие в сфере лесной логистики способно значительно ускорить перевод отрасли на безбумажный цифровой документооборот и, как следствие, ускорить и оптимизировать многие логистические процессы. Однако на пути совершенствования документооборота по цепи поставок от делянки до переработки таятся многочисленные препятствия, которых вполне реально избежать, если разумно воспользоваться ресурсами, предлагаемыми современными цифровыми технологиями.

Одним из таких препятствий является наличие в цепочке поставок комбинации нескольких разрозненных систем учета, из которых наиболее поздней по времени появления как раз и является ЛесЕГАИС. Какие же еще виды и системы учета присутствуют при перевозке лесоматериалов? Их можно разделить, например, по ведомственной и функциональной принадлежности. Помимо перечисленных выше, это дорожный / железнодорожный / водный [18], топливный [19], сервисный [20] и другие компоненты учета и отчетности, как интегрированные в информационные системы ресурсов предприятия (SAS, 1С и др.), так и самостоятельные.

На один рейс автолесовоза зачастую приходится заполнять во многом повторяющие друг друга документы: путевой лист, товаросопроводительную накладную, спецификацию, таможенную декларацию, доверенность, а с 2022 г. еще и ЭСД, который, хоть и является электронным документом, но, соседствуя с другими документами, заполняемыми в бумажной и дублирующей электронно-бумажной форме, добавляет неразберихи в общий массив разнородной информации.

Какой же видится основа оптимальной архитектуры собираемых и обрабатываемых данных при оформлении рейса на примере автомобильных перевозок лесоматериалов? Для начала речь может идти об объединенном транспортном документе (назовем его ОТД), конечно же электронном, сочетающем в себе необходимый и достаточный набор данных для осуществления перевозки с учетом всех требований заинтересованных лиц. В этом документе должны присутствовать как поля, идентифицирующие транспортное средство, собственника, водителя, маршрут, перевозимый груз, так и необходимые характеристики (атрибуты) этих полей, в том числе должен быть предусмотрен и динамический сбор изменяющихся данных. Триггером создания такого документа, по всей видимости, послужит задание на перевозку, один из пунктов нынешнего путевого листа. По мере необходимости происходят наполнение ОТД данными и синхронизация этих данных со всеми связанными учетными системами. Часть данных попадает в документ при его создании по умолчанию, часть заполняет уполномоченное лицо (диспетчер, водитель, декларант, контролер и т. п.), часть данных регистрируется с автоматических датчиков.

Наибольший интерес представляют данные о перевозимом грузе. Сейчас данные о грузе вносятся в сопроводительные документы чаще всего вручную, но часть из них может поступать в автоматическом или в автоматизированном режиме. Как правило, предвари-

тельные данные по грузу вносятся в документ в процессе загрузки или при отправлении, уточнение этих данных может производиться при получении лесоматериалов грузополучателем, т. е. на обоих концах цепи поставок. Все чаще на всех звеньях цепи производственные процессы подлежат фотофиксации, и именно по материалам фотофиксации и может производиться автоматизация внесения данных в систему. Для этой цели могут служить пакеты прикладных программ, стационарные и мобильные решения для определения отдельных показателей лесоматериалов.

Какие же данные возможно получить по результатам фотофиксации? Обратимся к примеру получившего широкое распространение ПО *Timbeter*. С его помощью по фотографии торцевой поверхности штабеля на транспортном средстве можно определить количество бревен, площади сечений торцов, их диаметры, распределение по группам диаметров, коэффициент полндревесности, ширину и высоту штабеля, а в ближайшем будущем, по заявлению разработчиков, и породу древесины. Введя в приложение измеренную заранее длину сортимента, можно получить объем штабеля по одному из более чем полутора десятков алгоритмов, используемых в международной практике. Впрочем, длину сортимента можно измерить и по изображению штабеля в другой проекции, на виде сбоку, как и соответствующую высоту штабеля. Имея в распоряжении изображение штабеля на виде сзади и определенные с его помощью коэффициент полндревесности, ширину и высоту груза, можно с учетом длины сортимента вычислить складочный и плотный объем лесоматериалов, т. е. используя разные проекции можно пользоваться как одним методом определения объема, так и сочетанием таковых, с возможностью многократного контроля.

Для получения наиболее детальных результатов сфотографировать штабеля следует при загрузке, начиная с первого по ходу движения, поочередно, так как иначе на полностью загруженном лесовозе не будет видно торцов передних штабелей. Сложность при съемке может представлять попадающий в кадр погрузочный гидроманипулятор, в этом случае может помочь применение, например, группового штабельного метода измерения объема с определением коэффициента полндревесности по фрагментам торцевой поверхности штабеля, не закрытым гидроманипулятором, или фотографирование этого же штабеля на земле (до или после перевозки). При фотографировании штабеля с визуальным доступом к обеим его торцевым поверхностям плотный объем лесоматериалов можно вычислить по формуле концевых сечений при перемножении среднего значения из двух сумм площадей сечений торцов (на обеих сторонах штабеля) на длину сортимента. Этот метод работает как при укладке сортиментов односторонне, т. е. в однокомелицу, так и при укладке верхними торцами бревен в одну сторону, но в последнем случае, кроме формулы концевых сечений, можно также использовать метод по ГОСТ 2708-1975, или метод определения объема по вершине и среднему сбегу, который, как величина условно-постоянная, может быть определен предварительно для каждого сортимента с последующим уточнением по контрольным измерениям.

Если говорить о стационарных измерительных устройствах, например, рамках-сканерах, то, обладая бо́льшим количеством сенсоров и бо́льшими вычислительными возможностями, рамки, используя в том числе и интегрированные в их структуру элементы решений для носимых устройств, позволяют полнее автоматизировать процесс измерения и учета лесоматериалов, вплоть до абсолютно «беспилотного» формата.

Таким образом, можно получить для ОТД необходимые показатели по объемным, количественным и качественным показателям груза лесоматериалов с временно́й и пространственной меткой, и можно внутри одной из привязанных учетных систем контролировать процесс перемещения груза, сопоставлять маршруты и точки измерений, показатели груза, полученные на разных звеньях цепи, и все это в режиме онлайн при наличии сотовой сети связи или соответствующим образом организованной альтернативной (спутниковой или WiFi) системе связи.

Большинство элементов учета, приведенных на примере автомобильного транспорта, справедливо и для других его видов, а именно железнодорожного и водного. Данные из всех источников поступают в единый электронный документ, ОТД, регистрируются в режиме онлайн, по запросу поступают в смежные информационные системы, синхронизируются по сети и генерируются в необходимые отчетные формы по принадлежности. Идея единого формата накопления и обработки данных для различных систем и задач учета, условно названного здесь ОСД, хорошо коррелирует и с (QR-) кодировкой ЭСД, позволяя создать на его (ОСД) основе еще один элемент криптозащищенной распределенной базы данных, повышая таким образом надежность и удобство пользования. Появление понятия и самого ЭСД открывает двери для перевода и других учетных процессов в электронную форму, не исключая и сам процесс измерений и учета штабелей по их 2D- и 3D-изображениям. Естественно, свойственная цифровому учету скорость и прозрачность процессов обмена данными предоставляет широчайшие возможности для совершенствования логистического аудита и повышения его эффективности, используя наглядные и объективные данные по всем необходимым звеньям цепи.

Выводы

В настоящее время задача по импортозамещению технологий и оборудования лесопромышленного комплекса из долгосрочной и желательной превратилась в жизненно важную и безотлагательную [21]. Перед угрозой существенного падения объемов заготовки и переработки в лесопромышленном комплексе особую важность для отрасли приобретают задачи по учету и контролю имеющихся у государства и хозяйствующих субъектов ресурсов с целью их наиболее рационального использования и недопущения снижения уровня жизни и занятости населения наряду с обеспечением производства наиболее значимыми товарными запасами и компонентами. С другой стороны, руководством страны абсолютно справедливо для преодоления сложившейся ситуации на одно из первых мест поставлена задача по ликвидации необоснованных барьеров для

ведения бизнеса и улучшению условий деловой среды для работы предприятий и организаций.

В этой связи наиболее приемлемым решением в сфере учета лесоматериалов видится ревизия существующих нормативов, методов и систем с целью их оптимизации, исключения дублирующих элементов и функций с одновременным упрощением ведения такого учета и отчетности на базе современных цифровых технологий.

В том, что касается измерений и учета лесоматериалов, в мировой практике накоплен богатый опыт по применению дистанционного зондирования, искусственного интеллекта, нейросетей, технологий блокчейн, виртуальной и дополненной реальности.

В условиях чрезвычайных обстоятельств исключительную важность приобретают наиболее простые и эффективные решения из арсенала цифровых инструментов, чтобы совершить качественный скачок в переходе на цифровое, т. е. более управляемое и прозрачное ведение хозяйства, но при этом не исключая человека из процесса производства, способствовать облегчению монотонного ручного труда и повышению промышленной безопасности на производстве, обеспечив человеку осуществление контроля и управления производственными процессами.

Таковыми решениями в сфере учета можно назвать прикладные пакеты программ, устанавливаемые на мобильные, в том числе на носимые устройства, позволяющие проводить фотофиксацию товарных партий грузов, штабелей хранения с меткой места и времени, измерения этих совокупностей сортиментов по их изображениям и последующему учету в необходимом наборе элементов и систем учета.

Подобное ПО неоднократно заявлялось производителями в нескольких странах, в том числе в Финляндии, Дании, Эстонии, Германии, России начиная с 2010-х гг. Наибольшее распространение в мире получило ПО Эстонской фирмы *Timbeter*. В России наибольших успехов в разработке достигла фирма «Системы компьютерного зрения» с программным продуктом *Smart Timber*.

Проведем сравнительный анализ этих двух пакетов с целью выяснения резервов и путей оптимизации импортозамещения в сфере соответствующего программного обеспечения.

ПО *Timbeter* появилось на свет в 2013 г. как стартап, основанный специалистами информационных технологий, деревообработки и связей с общественностью. Линейка программных продуктов и их распространение представляют из себя основную сферу деятельности предприятия. С самого начала сделан упор на смартфоны и планшеты бытового назначения как носители ПО. В качестве эталона для определения масштаба используется метровая линейка. Обеспечена автономная работа без связи с сервером, измерения и сохранение данных учета производятся локально на устройстве. Структурная логика ПО обеспечивает как измерения и фиксацию отдельных данных, так и функционал по учету и отчетности в разрезе поступивших в базу данных. Изначально ПО направлено на безбумажный документооборот с возможностью делиться учетными данными по сети и синхронизацией с другими

учетными системами, пользуясь универсальным протоколом передачи данных API. Первоначально ставка сделана на детекцию и распознавание отдельных торцов бревен без учета коры, к которым впоследствии добавлены функции определения коэффициентов полндревесности, нахождения контура и площади вертикальной торцевой поверхности штабеля и измерения высот груза на транспортных единицах с последующим вычислением объемов штабелей по измеренным и введенным вручную недостающим данным. Точность определения отдельных площадей торцов и площадей вертикальных торцевых поверхностей штабелей заверена международными сертификатами и находится в диапазонах 97–99 %, что позволяет с достаточной для большинства задач точностью производить определение объемных показателей штабелей и вести соответствующий учет. Выбранный изначально акцент на широкую распространенность смартфонов и их богатый базовый функционал (по сравнению со специальными устройствами, такими как фотоаппарат, модуль глобального позиционирования, устройство передачи данных и т. п.) позволил в кратчайшие сроки добиться широкого распространения ПО в «лесных» странах и, как следствие, получить в свое распоряжение богатейшую библиотеку распознанных образов торцов различных пород в разнообразных условиях произрастания, освещения, погодных факторов и т. п., что существенным образом сказывается на обучении искусственного интеллекта и постоянного улучшения качества распознавания и измерения заданных величин. Отзывы многочисленных клиентов компании позволяют проводить непрерывную работу по развитию программного продукта, совершенствованию выполняемых функций и улучшению качества.

ПО *Smart Timber* появилось примерно в то же время, что и эстонский продукт, в результате сотрудничества экспертной измерительной организации в лесной сфере, с компанией из области технологий компьютерного зрения. Первоначально в качестве устройств применялись профессиональные фотоаппараты, а для масштабирования изображений штабелей использовались множественные прямоугольные эталоны. В процессе испытания программного продукта выяснилось, что оптика профессиональных фотоаппаратов склонна искажать изображение на периферии кадра, несколько эталонов неудобны для установки и снятия, а передача данных с фотоаппарата на другое устройство замедляет процесс. В итоге от первоначальной модели решено было отказаться, и за основу было взято творчески переосмысленное решение со смартфоном и единственным линейным эталоном. В результате по замыслу текущая структура ПО в целом копирует хорошо зарекомендовавшее себя решение конкурентов, а акцент делается на наиболее полное соответствие местным условиям. По точности и скорости обработки следует ожидать похожих на цифры конкурентов величин. В связи с тем, что программный продукт находится на более ранней стадии развития, у него прослеживается наличие «детских болезней» в плане распознавания, «бесшовной» работы и широты функционала. В то же время, по удобству использования на отдельных измерительно-регистрационных операциях следует отме-

тить большую приспособленность для работы в российских условиях и возможность совместной работы с государственными информационными системами. Оставляет желать большего практический опыт работы ПО в реальных производственных условиях работы предприятия, но этот недостаток будет преодолен по мере развития.

В качестве выводов и рекомендаций разработчикам импортозамещающих программных продуктов следует отметить, что разумное следование передовому международному опыту в противовес заикливанию на собственных неудачных идеях или наоборот слепому копированию позволяет создать работоспособный программный продукт. На начальных стадиях развития не следует гнаться за достижением наибольшей точности и углубляться в настройку поштучных методов измерения, а сконцентрироваться на наиболее простых, групповых учетных методах. В то же время, не следует пренебрегать простым подсчетом штук, а в плане совершенствования продукта предусмотреть использова-

ние выборок и инструментов вариационной статистики для расширения возможностей ПО в плане учета качественных показателей и повышения точности учета. Опираясь же на такое, без преувеличения, революционное нововведение в сфере лесного учета, как электронный сопроводительный документ в системе ЛесЕГАИС, отечественным производителям и пользователям ПО можно шагнуть значительно дальше в полном переходе на безбумажный документооборот с одновременной отменой или сокращением других, ставших избыточными учетных форм и документов, таких как транспортная накладная, спецификация, путевой лист и т. п., что одновременно послужит более позитивному восприятию законодательных инициатив по повышению прозрачности лесного рынка.

Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства».

Литература

1. Григорьев И.В., Куницкая Д.Е. Бинаризация изображения окоренного баланса // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. материалы научно-технической конференции. 2016. С. 109-112.
2. Газизов А.М., Бухтояров Л.Д., Григорьев И.В. Функциональная блок-схема расчета роторного окорочного станка в среде MATLAB // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (39). С. 82-88.
3. Григорьев И.В. Направления совершенствования харвестерных головок // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2020. С. 45-47.
4. Рудов С.Е., Григорьев И.В. Пути повышения эффективности работы систем машин для сортиментной заготовки древесины // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 168-169.
5. Рудов С.Е., Григорьев И.В. Правила эффективной эксплуатации форвардеров // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 166-168.
6. Григорьев И.В., Зорин М.В. Современный программный комплекс для повышения безопасности, надежности и энергоэффективности автолесовозов // Вестник АГАТУ. 2021. № 4 (4). С. 65-72.
7. Гаспарян Г.Д., Давтян А.Б., Григорьев И.В., Марков О.Б., Григорьева О.И. Численное исследование показателей заготовки древесины на лесных плантациях // Resources and Technology. 2021. Т. 18. № 4. С. 17-45.
8. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Kaznacheeva N., Levushkin D., Druzyanova V., Gnatovskaya I., Diev R., Akinin D. Improving the quality of sorting wood chips by scanning and machine vision technology // Journal of Forest Science. 2021. Т. 67. № 5. С. 212-218.
9. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Gnatovskaya I., Diev R., Kaznacheeva N., Levushkin D., Druzyanova V., Akinin D. Russian sawmill modernization (a case study). Part 2: improving the efficiency of wood chipping operations // International Wood Products Journal. 2021. Т. 12. № 2. С. 128-134.
10. Стариков А.В., Батурич К.В. Исследование и анализ методов учета заготовленной древесины в России и зарубежных странах // Лесотехнический журнал. 2015. № 4. С. 104-113
11. Атаманова А.С., Чирышев Ю.В. Способ обнаружения лесоматериалов на цифровых изображениях с помощью методов машинного обучения // Актуальные проблемы развития технических наук. Сборник статей участников XXII Областного конкурса научно-исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Технические науки». Департамент молодежной политики Свердловской области; ГАУ СО «Дом молодежи»; ФГАУ ВО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург, 2020. С. 55-63.
12. Николаев А.И., Стариков А.В., Батурич К.В. Особенности функционирования автоматизированной системы учета заготовленной древесины и контроля ее происхождения // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 109-117.
13. Стариков А.В., Батурич К.В. Методика и программно-технические средства автоматизированного учета древесины при ее заготовке и транспортировке // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 1 (27). С. 343-345.
14. Швецова В.В. Эффективность геометрического учета заготовленной древесины современными лесозаготовительными машинами // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 203-204.
15. Швецова В.В. Автоматизация геометрического метода учета круглых лесоматериалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2020. С. 149-150.
16. Григорьева О.И. Статистические характеристики сосновых насаждений пройденных рубками ухода // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. № 10. С. 84-87.
17. Григорьева О.И., Григорьев М.Ф. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований рубок ухода в сосновых насаждениях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 10 (36). С. 148-152.

18. Григорьев И.В. Перевозка лесоматериалов по железной дороге // Потенциал науки и образования: современные исследования в области агрономии, землеустройства, лесного хозяйства. 2019. С. 5-9.
19. Куницкая О.А., Григорьев И.В., Давтян А.Б., Григорьев В.И., Нгуен Т.Н. Техничко-экономический анализ производства биотоплива из древесины // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 12. С. 29-35.
20. Григорьев И.В. Сервисные контракты для современных лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Пятой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 26-28.
21. Григорьева О.И., Давтян А.Б., Гринько О.И. Перспективы импортозамещения в производстве лесохозяйственных и лесопожарных машин в России // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2020. С. 66-69.
- 2: improving the efficiency of wood chipping operations // International Wood Products Journal. 2021. Т. 12. № 2. С. 128-134.
10. Starikov A.V., Baturin K.V. Research and analysis of accounting methods of harvested wood in Russia and foreign countries // Forest Engineering Journal. 2015. № 4. С. 104-113.
11. Atamanova A.S., Chiryshv Yu.V. Method of timber detection in digital images using machine learning methods // Actual problems of technical sciences development. Collection of articles by the participants of the XXII Regional Contest of Research papers "Scientific Olympus" in the field of "Technical Sciences". Department of Youth Policy of Sverdlovsk region; State Autonomous Institution SO "House of Youth"; Federal State Autonomous Institution of Higher Professional Education Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin. N. Yeltsin. Yekaterinburg, 2020. С. 55-63.
12. Nikolaev A.I., Starikov A.V., Baturin K.V. Features of the functioning of an automated system for accounting of harvested timber and control of its origin // Forest Engineering Journal. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 109-117.
13. Starikov A.V., Baturin K.V. Methodology and software and hardware of automated accounting of timber during its harvesting and transportation // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2017. Т. 5. № 1 (27). С. 343-345.
14. Shvetsova V.V. Effectiveness of geometric accounting of harvested wood by modern logging machines // Increasing the efficiency of the forestry complex. Materials of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk. 2021. С. 203-204.
15. Shvetsova V.V. Automation of geometric method for accounting round timber // Increasing the efficiency of the forestry complex. Materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk, 2020. С. 149-150.
16. Grigoreva O.I. Statistical characteristics of pine plantations passed by thinning // Actual problems of forest complex. 2005. № 10. С. 84-87.
17. Grigoreva O.I., Grigorev M.F. Statistical processing of the results of experimental studies of thinning in pine plantations // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2017. Т. 5. № 10 (36). С. 148-152.
18. Grigorev I.V. Transportation of timber by rail // Potential of science and education: modern research in agronomy, land management, forestry. 2019. С. 5-9.
19. Kunitskaya O.A., Grigorev I.V., Davtyan A.B., Grigorev V.I., Nguyen T.N. Technical and economic analysis of biofuel production from wood // Repair. Restoration. Modernization. 2020. № 12. С. 29-35.
20. Grigorev I.V. Service contracts for modern forest machines // Increasing the efficiency of the forestry complex. Proceedings of the Fifth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. 2019. С. 26-28.
21. Grigoreva O.I., Davtyan A.B., Grinko O.I. Prospects for import substitution in the production of forestry and forest-fire machines in Russia // Forest exploitation and integrated wood use. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk, 2020. С. 66-69.

References

1. Grigorev I.V., Kunitskaya D.E. Binarization of the image of debarked balance // Forests of Russia: policy, industry, science, education. materials of scientific and technical conference. 2016. С. 109-112.
2. Gazizov AM, Bukhtoyarov L.D., Grigorev I.V. Functional block diagram for calculating the rotary debarker in MATLAB // Bulletin of Bashkir State Agrarian University. 2016. № 3 (39). С. 82-88.
3. Grigorev I.V. Areas of improvement of harvester heads // Increasing the efficiency of the forestry complex. Materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk, 2020. С. 45-47.
4. Rudov S.E., Grigorev I.V. Ways to increase the efficiency of machine systems for assortment timber harvesting // Improving the efficiency of the forestry complex. Proceedings of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk. С. 168-169.
5. Rudov S.E., Grigorev I.V. The rules of effective operation of forwarders // Increasing the efficiency of the forestry complex. Materials of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk, 2021. С. 166-168.
6. Grigorev I.V., Zorin M.V. Modern software system to improve safety, reliability and energy efficiency of timber trucks // Vestnik AGATU. 2021. № 4 (4). С. 65-72.
7. Gasparyan G.D., Davtyan A.B., Grigorev I.V., Markov O.B., Grigoreva O.I. Numerical study of wood harvesting indicators in forest plantations // Resources and Technology. 2021. Т. 18. № 4. С. 17-45.
8. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Kaznacheeva N., Levushkin D., Druzyanova V., Gnatovskaya I., Diev R., Akinin D. Improving the quality of sorting wood chips by scanning and machine vision technology // Journal of Forest Science. 2021. Т. 67. № 5. С. 212-218.
9. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Gnatovskaya I., Diev R., Kaznacheeva N., Levushkin D., Druzyanova V., Akinin D. Russian sawmill modernization (a case study). Part