

УДК 674.038+630\*52

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ****Куницкая Ольга Анатольевна***Доктор технических наук, профессор, Арктический государственный  
агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, ola.ola07@mail.ru***Беляев Николай Львович***Представитель компании в Российской Федерации, Timbeter OÜ, г. Таллин, Эстония,  
nikolai@timbeter.com*

**Аннотация.** Учет заготовленной древесины является важным процессом лесозаготовительного производства, от его точности и эффективности во многом зависят финансовые показатели работ. В статье рассматривается перспективное направление развития группового оптического метода учета заготовленных сортиментов.

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

**JUSTIFICATION OF INCREASING THE ROUNDWOOD  
ACCOUNTING EFFICIENCY****Kunickaya Ol'ga A.***Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk,  
Russia, ola.ola07@mail.ru***Belyaev Nikolaj L.***Official representative of company in Russian Federation, Timbeter OÜ, Tallinn, Estonia  
nikolai@timbeter.com*

**Abstract.** Accounting of harvested wood is an important process for logging business, and the financial performance of the work is highly dependent on its accuracy and efficiency. The article discusses the prospective direction of group optical method development of harvested wood assortment accounting.

**Keywords:** Timber harvesting, log accounting, roundwood, group accounting, assortment.

**Введение.** В настоящее время в лесном секторе в вопросе измерений круглых лесоматериалов отсутствует стройная понятийная и нормативная база. Наряду с традиционными ручными методами измерений всё чаще появляются элементы новых технологий. Это связано, как с развитием аппаратного обеспечения, в т.ч. техники для лесозаготовки и деревообработки, так и с методами дистанционного

зондирования (сканирования), искусственного интеллекта и программного обеспечения [1, 2].

Традиционно опорным методом нахождения объёма сортимента является измерение среднего диаметра сортимента в верхнем сечении (торце, отрубе) без учёта коры, округление его до соответствующей ступени толщины и нахождение объёма бревна по сортиментным таблицам ГОСТ 2708-75 по его номинальной длине. Групповые методы измерений, такие как штабельный, «подстроены» под опорный метод измерений путём использования коэффициентов полнодревесности, применяемых к геометрическому (складочному) объёму группы сортиментов (штабеля) для получения плотного объёма, т.е. эквивалента суммы объёмов всех составляющих штабель сортиментов, найденных опорным методом [3, 4].

Таблицы ГОСТ 2708-75, с одной стороны, имеют богатую практику применения и при этом хорошо знакомы всему лесному сообществу, просты в использовании, и во многих случаях предлагают достаточную точность определения объёма, но не учитывают форму ствола и его сбеги, а это часто приводит к существенным систематическим ошибкам в определении объёмов лесоматериалов [5, 6].

В отечественной и зарубежной практике используются и другие ручные поштучные методы измерения объёма, как с учётом, так и без учёта коры. К ним относятся метод концевых сечений, метод срединного сечения, метод усечённого конуса. При этом всё востребованнее становятся автоматизированные методы, чаще всего секционный. Развиваются и групповые методы определения объёма. В дополнение к ручному штабельному методу в учётной практике используются весовые методы, построение 2-D и 3-D моделей на базе фотографической и лазерной съёмки.

Однако весьма часто отсутствует нормативное регулирование вопросов учёта лесоматериалов: какой метод и когда применять, какие погрешности измерений допустимы, что делать с расхождениями и т.п. Кроме того, наиболее технологичные и автоматизированные методы часто требуют больших вложений, как минимум это связано с затратами на приобретение оборудования и лицензионного программного обеспечения, а также требуют трудоёмких и технологичных инструментов контроля (калибровка измерительных устройств и т.п.). В этой связи среди других высокотехнологичных методов видится разумным компромиссом фотографический 2-D метод определения объёма лесоматериалов, созданный на основе распознавания и определения площади торцов сортиментов искусственным интеллектом на базе нейросетей. Этот метод делает возможным

проведение поштучного учёта круглых лесоматериалов прямо в штабеле, вместо используемого традиционно группового.

**Материалы и методы исследования.** Материалы данной статьи получены в результате анализа данных о современных методах учета круглых лесоматериалов. Значительная часть данных получена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета.

**Результаты.** Существует несколько методов определения объёма круглых лесоматериалов. Эти методы двух типов, групповые и поштучные. Поштучные методы являются более точными, но и более затратными. Появление программно-аппаратных комплексов, работающих на базе нейронных сетей и искусственного интеллекта, способных за секунды распознавать торцы лесоматериалов в штабеле и вычислять их площадь (таких, как Timbeter) дает уникальную возможность использовать поштучные методы учёта там, где ранее применялись только групповые. И, как минимум это программное обеспечение дает возможность автоматизировать определение плотности укладки штабеля по всей вертикальной торцевой поверхности либо по отдельным участкам, тогда как в настоящее время используются трудоёмкие ручные методы, или усреднённый, и как следствие, менее точный коэффициент полнодревесности [7, 8].

Во многих зарубежных странах практикуют сквозной процесс учета древесины, основанный на измерении заготовленных сортиментов харвестерами или процессорами. Эти машины автоматически производят измерение объёма каждого заготовленного сортимента с одновременным учетом его породы и назначения, введенных оператором, и записывают данные измерений в бортовой компьютер. Затем все данные измерений передаются онлайн или на физическом носителе в контору лесозаготовительного предприятия и служат основой для расчета производительности машин, оплаты труда операторов и последующей логистики заготовленной древесины [9, 10].

К сожалению, в России до сих пор нет нормативного документа, который позволял бы внедрить в отечественное лесозаготовительное производство эту высокоэффективную практику [11].

В связи с этим на погрузочных пунктах, верхних и лесопромышленных складах приходится дополнительно проводить операции приемки-учета заготовленной древесины [12]. Для этого крупные и средние лесопромышленные компании даже заключают договора с независимыми экспертными компаниями,

например «Шмидт энд Олофсон», которая в России работает более чем в десяти городах и поселках, с такими крупными лесными компаниями, как ООО «Сыктывкарский ФЗ», ООО «Лесосибирский ЛДК №1», концерн «ЮПМ Кюммене Пестовский лесозавод», ЗАО «Интернешнл Пейпер» Светогорский ЦБК, SFT Group ОАО «Каменская БКФ» и т.д.

Для определения плотного (без учёта коры) объёма штабеля при номинальной длине достаточно знать суммы площадей поверхностей всех торцов брёвен (также без учёта коры), выходящих как на одну, так и на противоположную вертикальную торцевую поверхность штабеля. Тогда, вычислив среднее из сумм площадей торцов брёвен по сторонам штабеля и умножив его на номинальную длину сортимента, мы получим объём этого штабеля, близкий по значению к соответствующему объёму, вычисленному для этой же совокупности сортиментов по методу концевых сечений, который предусматривает определение объёма сортимента по диаметрам верхнего  $d$ , нижнего  $D$  торцов (отрубов) и длины сортимента.

Определение объёма сортимента основано на допущении идентичности его формы с формой усеченного параболоида. Объём сортимента без коры  $V$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$V = \frac{3,1416(d^2+D^2)L}{8 \cdot 10000}$$

Для измерения верхнего диаметра сортимента без коры  $d$ , нижнего диаметра сортимента без коры  $D$  приходится производить раскатку штабеля с целью обеспечения возможности измерения каждого отдельного сортимента.

Однако у этого решения есть две значимые особенности:

1. На практике не всегда есть доступ ко второй торцевой поверхности штабеля;
2. В штабеле затруднено исключение искажающего влияния закомелистости на определение нижнего диаметра комлевых брёвен, как это рекомендовано ГОСТ 32594-2013, п. 4.2.2.

В то же время практика показывает, что идентифицировать комлевой рез бревна по его виду в штабеле или на снимке затруднительно, как и применение отдельных корректирующих объём комлевых брёвен формул [15]. В свою очередь результаты определения объёма штабелей фотографическим методом по одной вертикальной торцевой поверхности штабеля, без исключения влияния закомелистости (ройки), как на рис. 1а, имеют хорошую корреляцию с соответствующими объёмами этих же штабелей, определённых поштучными методами, вручную (рис. 1б) или на измерительно-сортировочных линиях. При этом систематическая ошибка и стандартное отклонение зависят от методики

поштучных измерений, породы древесины, характеристик сортимента, длительности хранения, условий места произрастания и т. п. факторов (в пределах от -5% до +10% по систематической погрешности, и до 10 по стандартному отклонению).



а)

б)

**Рис.1.** Измерение объёма круглых лесоматериалов:

а) вручную; б) фотографическим методом

Для более широкого и уверенного применения фотографических методов определения объёма штабелей по одной торцевой поверхности требуется систематизировать и определить границы зависимостей данного метода для различных сортиментных групп, групп диаметров, методов поштучных измерений. Результатом такой систематизации могла бы в т. ч. стать разработка рекомендаций по отбору необходимого количества контрольных образцов для каждой выделенной совокупности (сортиментов, групп диаметров, пород и т. п.) с целью достижения целевой точности производимых фотографическими методами измерений.

**Заключение.** Применение технологии распознавания образов, на основе машинного зрения используется в настоящее время во многих отраслях промышленности, включая лесную [13, 14]. Использование фотографического 2-D метода определения объёма круглых лесоматериалов, созданного на основе распознавания и определения площади торцов сортиментов искусственным интеллектом на базе нейросетей, является в настоящее время наиболее перспективным путем повышения точности и снижения трудоемкости работ по приемке-учету заготовленной древесины.

Перспективным путем развития данного метода учета круглых лесоматериалов является получение регрессионных зависимостей, позволяющих с

достаточной точностью определять объем сортиментов в штабеле по одной торцевой поверхности.

### Литература

1. 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.
2. Николаев А.И., Стариков А.В., Батулин К.В. Особенности функционирования автоматизированной системы учета заготовленной древесины и контроля ее происхождения // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 109-117.
3. Стариков А.В., Батулин 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.
4. 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.
5. Стариков А.В., Батулин К.В. исследование и анализ методов учета заготовленной древесины в России и зарубежных странах // Лесотехнический журнал. 2015. № 4. С. 104-113
6. Chiryshv Y.V., Kruglov A.V., Atamanova A.S. Automatic detection of round timber in digital images using random decision forests algorithm // ACM International Conference Proceeding Series. Ser. "Proceedings of 2018 International Conference on Control and Computer Vision, ICCCV 2018" 2018. С. 39-44.
7. Janák K. Differences in volume of round timber caused by different determination methods // Drvnaindustrija. – 2006. – Vol. 56. – pp. 165-170.
8. Knyaz V.A., Maksimov A.A. Photogrammetric technique for timber stack volume control // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zurich, Switzerland. – 2014. – Vol.40. – pp. 157-162.
9. 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.
10. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Давтян А.Б. Современное технологическое оборудование валочных и харвестерных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 7. С. 9-16.
  11. Марков О.Б., Воронов Р.В., Давтян А.Б., Григорьев И.В., Калита Г.А. Математическая модель выбора системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 16-26.
  12. Григорьев И.В., Куницкая О.А. Эффективное использование погрузочной техники на лесных складах // Энергия: экономика, техника, экология. 2021. № 6. С. 42-57.
  13. Kunickaya O., Sidorov M., Fedorova P., Burmistrova O., Nazarova I., Hertz E., Ivanov V., Tanyukevich V., Semenyutina A., Ohlopko M. Using machine vision to improve the efficiency of lumber mills // Journal of Physics: Conference Series. Ser. "International Conference on Future of Engineering Systems and Technologies" 2020. С. 012020.
  14. Куницкая Д.Е., Григорьев И.В., Хитров Е.Г. Алгоритм распознавания баланса на цифровом снимке // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 197-201.
  15. Patterson, D. W., & Doruska, P. F. (2004). A new and improved modification to Smalian's equation for butt logs. Forest Products Journal, 54(4), 69-72. Получено 6 9 2021 г., из <http://cat.inist.fr/?amodele=affiche&cpsid=15652525>