

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

П.Н. Перфильев<sup>1</sup>✉, И.В. Григорьев<sup>2</sup>, О.В. Мурашова<sup>1</sup>,  
Н.О. Задраускайте<sup>1</sup>, М.Г. Перфильева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ),  
Россия, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет» (АГАТУ), Россия, 677007,  
Республика Саха (Якутия), г. Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км, д. 3

p.perfilev@narfu.ru

Рассмотрено современное состояние лесопромышленного комплекса России, определены проблемы освоения расчетной лесосеки в условиях низкой плотности дорожной сети. Показано, что одним из перспективных направлений повышения эффективности лесопользования является внедрение технологий сезонной заготовки и переработки древесины на удаленных лесных терминалах с использованием водного транспорта. Обоснована необходимость точного и оперативного учета круглых лесоматериалов для объективной оценки объемов выполненных работ и сырья на узловых операциях терминалов. Проанализированы существующие методы измерения объема древесины, включая традиционные геометрические способы (поштучный учет по ГОСТ, методы Губера, Смалиана, усеченного конуса, методы верхнего диаметра), а также современные цифровые решения на базе компьютерного зрения, нейронных сетей и аэрофотосъемки (лазерное сканирование, сервисы на основе работы квадрокоптеров). Приведены результаты экспериментального исследования, выполненного на базе предприятий Архангельской области: ООО «Регион-лес» и ЗАО «Лесозавод 25». Установлены расхождения в значениях объема, полученных разными методами, и выявлена тенденция их увеличения с ростом диаметра сортиментов. С использованием F-теста проведена оценка адекватности методов относительно ГОСТ 2708–75. Предложено эмпирическое уравнение регрессии для определения объема бревна по верхнему диаметру, позволяющее повысить точность учета. Определено, что предложенная модель наиболее адекватно описывает результаты, полученные методом концевых сечений (Смалиана) и способом усеченного конуса. Рекомендовано учитывать выявленные особенности при выборе методов учета для автоматизации процессов на удаленных лесных терминалах.

**Ключевые слова:** учет, удаленный лесной терминал, круглые лесоматериалы, штабель, квадрокоптер

**Ссылка для цитирования:** Перфильев П.Н., Григорьев И.В., Мурашова О.В., Задраускайте Н.О., Перфильева М.Г. Анализ методов учета круглых лесоматериалов для удаленных лесных терминалов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 2. С. 127–139. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-2-127-139

Российская Федерация обладает значительными лесными ресурсами. Общая площадь лесов составляет около 800 млн га с запасами древесины около 112 млрд м<sup>3</sup>. Средний годовой прирост оценивается примерно в 990 млн м<sup>3</sup>, а расчетная лесосека составляет 730 млн м<sup>3</sup>.

С каждым годом лесопромышленный комплекс РФ активно развивается путем внедрения современных технологий и инноваций в процесс заготовки и переработки древесины, использования современного многооперационного оборудования, проведения научных исследований, а также с помощью дополнительных инвестиций, поступающих в лесную отрасль [1, 2].

В течение многих десятилетий лесной комплекс играет важную роль в экономике Архангельской области. В регионе функционируют крупнейшие лесопромышленные холдинги — ООО ПКП «Титан», АО «Группа «Илим», ПАО «Сегежа Групп», ООО «ГК «УЛК», ООО «Регион-лес», АО «Архангельский фанерный завод». Данные предприятия обладают крупнейшими мощностями в сфере механической и химической переработки древесины и обеспечивают полный цикл по производству и получению различной продукции из древесного сырья [3]. Кроме того, они формируют свыше 70 % объема заготовки древесины, около 80 % производства пиломатериалов, 100 % целлюлозно-бумажной продукции. За ними закреплено более 60 % расчетной лесосеки арендованных участков лесного фонда.

Благодаря своему высокому качеству продукция экспортируется на постоянной основе в 80 стран мира.

Лесопромышленные предприятия Архангельской области обеспечивают 26 % производства российских объемов целлюлозы, 8 % пиломатериалов, 29 % топливных гранул [4], что свидетельствует о значительном потенциале Архангельской области в частности и страны в целом в сферах лесозаготовок и деревообработки.

По данным на 2023 г., объем заготовки круглых лесоматериалов составляет всего около 190 млн м<sup>3</sup>. Следовательно, расчетная лесосека в стране осваивается менее чем на 30 %. Это обусловлено некоторыми факторами, в том числе низкой плотностью дорожной сети в лесоресурсных субъектах РФ, что затрудняет заготовку и вывозку древесины, особенно в отдаленных и труднодоступных районах [5]. Поскольку во многих регионах заготовлена практически вся экономически доступная древесина (лесфонд расположен в пределах доступности дорожной сети), лесозаготовительные предприятия оказываются перед выбором: строить новые дороги или искать альтернативные пути решения проблемы доступности удаленных от транспортной сети участков леса.

Для повышения эффективности освоения расчетной лесосеки предлагается использовать современные технологии сезонной заготовки и переработки древесины на удаленных лесных терминалах. Доставку машин и оборудования, а также персонала и вывозку готовой продукции можно осуществлять с помощью водного транспорта (на баржах). В случае большой удаленности лесного терминала предлагается организовать переработку древесины на месте [6]. Использование современных технологий позволяет оптимизировать процесс заготовки и переработки древесины, снизить затраты на транспортировку и повысить эффективность использования лесных ресурсов. Кроме того, такой подход способствует развитию водного транспорта и смежных отраслей экономики.

В условиях рыночных отношений и при высокой ценности древесины, а также в связи с постоянным развитием лесопиления и повышением эффективности использования древесных ресурсов появляется необходимость организации правильного и точного учета древесины, особенно для технологий ее заготовки на удаленных лесных терминалах. Однако есть проблема объективной оценки объема и качества круглых лесоматериалов, в результате чего могут возникнуть разногласия между этапами заготовки и переработки на терминале. Слож-

ность учета круглых лесоматериалов состоит также в необходимости многократной регистрации объема перемещаемой древесины, в целях измерения объема выполненной работы на узловых операциях лесозаготовительного процесса [7].

Для учета круглых лесоматериалов известны различные методы измерения их объема, однако, по мнению экспертов в этой области, многие из них не отвечают современным требованиям и недостаточно эффективны. Вследствие этого в настоящее время проводится активный поиск экономически доступных способов учета круглых лесоматериалов, использование которых позволит достаточно быстро, объективно и максимально точно определить объем древесного сырья [8].

## Цель работы

Цель работы — анализ методов учета круглых лесоматериалов для заготовки и переработки древесины на удаленных лесных терминалах.

## Материалы и методы

Первоначально в ходе исследования было изучено состояние вопроса, проанализированы применяемые в России методы учета древесины [9, 10], а также основные зарубежные методы учета круглых лесоматериалов, разработанные в Японии, Китае, Канаде (метод концевых сечений), Скандинавских странах (секционный, вписанного цилиндра, верхнего диаметра и нормального сбега, табличный, полного ящика, весовой) [11–14]. Кроме того, выполнен анализ методов учета древесины, базирующихся на технологиях компьютерного зрения и нейронных сетях. Развитие таких цифровых технологий, как съемка с дронов, лазерное сканирование, дистанционное зондирование лесов и их широкое применение в лесоустройстве, по мнению авторов, в самое ближайшее время сможет повысить точность и полноту информации о лесах, сделать ее более доступной, что является важным аспектом в технологиях заготовки и переработки древесины на удаленных лесных терминалах [15, 16]. В настоящее время в Финляндии создан специализированный сервис forestscanner (форестсканер) [17], который используется для определения объема круглых лесоматериалов в штабеле с помощью квадрокоптера. Такое цифровое решение позволяет автоматизировать процесс учета древесины, упростить планирование и контроль заготовки древесины на основе данных, полученных с



**Рис. 1.** Комплекс аэрофотосъемки: *а* — дрон; *б* — GPS-приемник  
**Fig. 1.** Aerial photography system: *a* — drone; *b* — GPS receiver



**Рис. 2.** Расположение точек для записи координат  
**Fig. 2.** Location of coordinate recording points

дронов. С помощью квадрокоптера проводится аэрофотосъемка, данные загружаются на сервер и обрабатываются. С помощью дронов осуществляются таксационные мероприятия, дается оценка объема рубок. Для работы используются алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ). На квадрокоптер дополнительно устанавливаются ГНСС-модули и на месте производится монтаж высокоточного GPS-приемника (рис. 1), который предназначен для более точного считывания координат квадрокоптером и записи их на карте памяти для последующей постройки 3D-модели изучаемого объекта.

С помощью специализированного программного обеспечения программируется траектория полета дрона, выставляются границы измерений. Для примера представлено расположение точек для измерения штабеля круглых лесоматериалов (рис. 2).

Для постройки 3D-модели объекта используются специальные алгоритмы. 3D-модель позволяет определить геометрический объем

штабеля. Для перехода от складочного объема к плотному рассчитывают коэффициент полндревесности [18]. Для этого используют замкнутую в квадрат площадь 1 м<sup>2</sup> металлическую линейку (рис. 3). Представленный способ позволяет получать высокоточные трехмерные модели штабелей для анализа информации об их объемах, а также оценивать коэффициенты полндревесности для перехода от складочного объема к плотному.

Подобные системы для определения объема древесины в штабелях круглых лесоматериалов начали внедрять и в России. Примером могут служить технологии, разрабатываемые специалистами ООО «Пермская целлюлозно-бумажная компания». Компания осваивает методику учета и прогнозирования лесных ресурсов и внедряет технологии цифровых двойников в лесопромышленном комплексе.

Развитие цифровых технологий дает возможность обеспечить более точный внутренний контроль процессов лесопользования на



**Рис. 3.** Определение коэффициента полндревесности  
**Fig. 3.** Determining the timber density coefficient

уровне региональных органов управления лесами и предприятий. Это касается автоматизированного контроля правильности внесения данных. Внедрение цифровых технологий сдерживает прежде всего малый срок планирования лесохозяйственной деятельности арендаторов и, как следствие, нежелание инвестировать в цифровую трансформацию производственной деятельности, а также частая смена законодательной базы в лесопромышленной сфере, большой объем необходимых экономических затрат на внедрение таких технологий, незрелый рынок консалтинговых услуг и другие проблемы.

## Результаты и обсуждение

В ходе изучения состояния вопроса были проанализированы научные работы, направленные на совершенствование методов учета древесины и разработку технологий использования удаленных лесных терминалов. Среди рассмотренных научных трудов работ следует отметить диссертацию [19], в которой проанализированы факторы, влияющие на определение объема бревен с применением радиочастотного метода, и предлагается внедрение этого метода для измерения круглых лесоматериалов. Для этого в работе [19] выявлены факторы, влияющие на прохождение радиочастотного сигнала через древесину, в частности: порода, влажность и диаметр лесоматериалов. Кроме того, в этой работе приведена необходимая лабораторная установка для проведения исследований и разработана методика выполнения экспериментов. Анализ полученных данных выявил закономерности влияния перечисленных факторов на параметры радиочастотного

сигнала, используемого для определения объема древесины. В результате выполненных работ сделаны основные выводы о нерешенной проблеме использования радиочастотного и необходимости более детальной проработки данного вопроса.

Большой интерес представляет научная работа [20], в которой автор предлагает методику и научное обоснование параметров измерения объема лесоматериалов с использованием пневмометрического метода. Вместе с тем следует отметить работу [21], в которой рассматривается проблема эффективности приемки пиловочного сырья, поступающего железнодорожным транспортом на деревоперерабатывающее предприятие ЗАО «Лесозавод 25». Для совершенствования логистической системы на предприятии и сокращения издержек в работе предложена и экономически обоснована необходимость установки линии сортировки круглых лесоматериалов на пункте выгрузки пиловочного сырья из железнодорожных вагонов. Подобное решение позволит уменьшить общие трудозатраты при приемке лесоматериалов путем прекращения перевозок автотранспортом неликвидного пиловочного сырья на ЗАО «Лесозавод» 25.

Исследования в области разработки и внедрения технологий использования лесных терминалов в сезонных заготовках продолжают проводить многие ученые, в частности, проф. С.А. Угрюмов, проф. О.А. Куницкая, доц. Д.А. Ильющенко, доц. В.М. Меркелова, доц. А.Н. Заикин [22, 23]. Особого внимания заслуживает научная работа [24]. В ней описано повышение эффективности вывозки заготовленной древесины и древесной биомассы за счет внедрения на терминалах промежуточных складов, на которых можно проводить не только перегрузочные операции, но и частично технологические процессы переработки древесины, позволяющие значительно повысить производительность труда и переработать лесосечные отходы. Кроме того, в данной статье представлены типы терминалов по их функциональному назначению.

Важным для исследования является научный труд [25], в котором авторы представляют технологию полной переработки древесины непосредственно на лесосеке с применением мобильного оборудования. Предлагаемое оборудование отечественное и его использование позволит лесозаготовительным предприятиям уменьшить себестоимость готовой продукции за счет полного цикла деревопереработки на делянке или лесном терминале. В работе проведены соответствующие расчеты и сделаны выводы.



**Рис. 4.** Раскатка бревен  
**Fig. 4.** Log rolling

Отдельно стоит отметить научную работу [26]. В ней авторы описывают различные методы получения электроэнергии на удаленных лесных терминалах. Наряду с этим внимание уделено комплексному использованию отходов лесозаготовки и деревопереработки и получению на их основе электроэнергии, рассмотрены отечественные и зарубежные производители оборудования для генерации электроэнергии, представлено сравнение технических характеристик их продуктов.

На базе крупного лесопромышленного предприятия ООО «Регион-лес» проведено экспериментальное исследование, в ходе которого проанализированы применяемые методы учета объема круглых лесоматериалов. Предприятие представляет собой групповое объединение, осуществляющее полный комплекс работ по заготовке, переработке и транспортировке круглых лесоматериалов на территории Архангельской области.

Для анализа измерений объема круглых лесоматериалов использованы следующие методы [27–32]:

- способ учета по ГОСТ 2708–75 и ГОСТ 2292–88;
- способ усеченного конуса;
- способ верхнего диаметра и среднего сбега;
- способ концевых сечений (метод Смалиана);
- способ верхнего диаметра и нормального сбега;
- способ срединного сечения (метод Губера);
- шведский метод вписанного цилиндра;
- норвежский метод верхнего диаметра и нормального сбега.

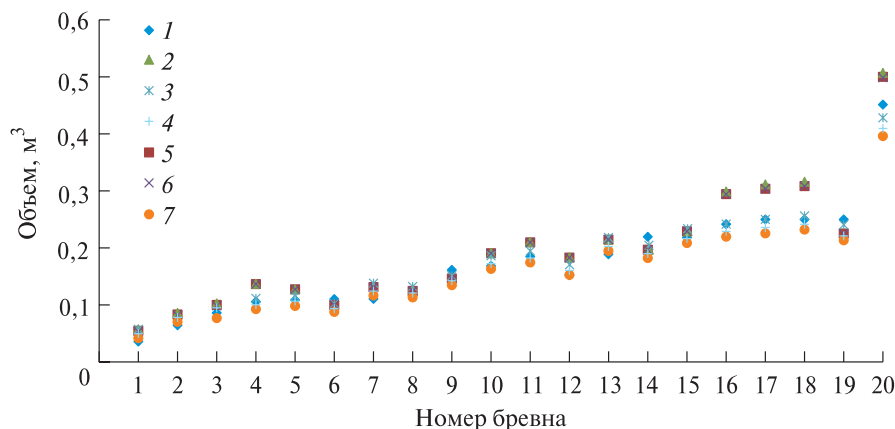
Для проведения предварительного исследования проведена раскатка 20 бревен (рис. 4).

Измерение длины бревна выполнено с помощью рулетки, диаметра — мерной вилки. Технические характеристики измерительных приборов и способы измерения соответствуют ГОСТ 32594–2013 [32].

На каждом бревне проведены необходимые замеры длины и диаметра для определения объема бревна описанными выше методами. Для определения длины круглых лесоматериалов измерено наименьшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, пересекающими бревно у каждого торца перпендикулярно его продольной оси. Диаметр измерен в долях сантиметра по длине перпендикуляра между двумя параллельными прямыми, касающимися окружности поперечного сечения бревна с противоположных сторон. Измерение диаметра на торцах проводилось без учета коры [32].

В результате проведенных экспериментальных измерений определен объем круглых лесоматериалов (рис. 5).

Анализ полученных данных свидетельствует о росте расхождений в результатах измерений, полученных различными методами учета, с увеличением объема круглых лесоматериалов. В ходе анализа экспериментальных данных выявлено, что шведский метод вписанного цилиндра занижает объем круглых лесоматериалов. Из рис. 5 видно, что способы срединного сечения, верхнего диаметра и среднего сбега, концевых сечений завышают объем древесины относительно среднего значения, при этом объем, определенный по этим методам, приблизительно равен. Объем древесины, определенный по ГОСТ 2708–75 и по способу верхнего



**Рис. 5.** Объем круглых лесоматериалов, определенных разными методами учета: 1 — способ поштучного учета лесоматериалов по ГОСТ 2708–75 и ГОСТ 2292–88; 2 — способ срединного сечения (метод Губера); 3 — способ концевых сечений (метод Смалиана); 4 — способ верхнего диаметра и среднего сбега; 5 — способ верхнего диаметра и нормального сбега; 6 — метод вписанного цилиндра (Швеция); 7 — метод верхнего диаметра и нормального сбега (Норвегия)

**Fig. 5.** Volume of round timber determined by different accounting methods: 1 — piece counting method according to GOST 2708–75 and GOST 2292–88; 2 — center section method (Huber method); 3 — end sections method (Smalian method); 4 — upper diameter and average taper method; 5 — upper diameter and normal taper method; 6 — inscribed cylinder method (Sweden); 7 — upper diameter and normal taper method (Norway)

диаметра и нормального сбега, имеет средние и приблизительно схожие значения по причине того, что в данных способах практически не учитывается индивидуальный сбеги лесоматериалов.

Для проверки адекватности результатов измеренного объема различными способами и методами [33, 34] проведен анализ с помощью критерия  $F$ -тест. Получены следующие расчетные значения критерия:

Способ срединного сечения (метод Губера) .....	0,78
Способ концевых сечений (метод Смалиана) .....	0,75
Способ верхнего диаметра и среднего сбега.....	0,78
Способ верхнего диаметра и нормального сбега.....	1,14
Метод вписанного цилиндра (Швеция).....	1,27

В качестве опорного принят способ учета лесоматериалов по ГОСТ 2708–75 [30].

Сравнение приведенных расчетных значений критерия с табличным ( $F_{\text{табл}} = 6,39$ ) показывает, что, полученные результаты измерений объема лесоматериалов адекватны измерениям, проведенным с помощью опорного метода.

Для более глубокого анализа методики учета круглых лесоматериалов проведен основной цикл экспериментального исследования.

Для получения экспериментальных данных на предприятии ЗАО «Лесозавод 25» было отобрано 1000 круглых лесоматериалов различного диаметра (порода сосна) и проведены необходимые замеры диаметра и длины, а также проведен расчет объема круглых лесоматериалов с помощью приведенных выше методов.

Для наглядности рассчитанный объем круглых лесоматериалов в зависимости от диаметра сортимента представлен на рис. 6.

В качестве аппроксимирующей зависимости для описания связи между объемом бревна и его верхним диаметром было рассмотрено кубическое уравнение вида (1)

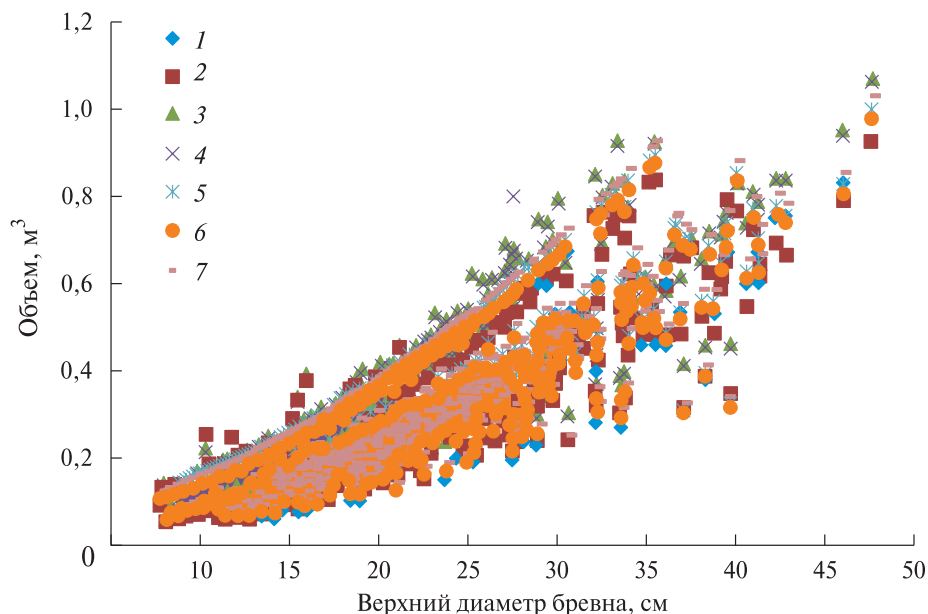
$$V = ad^3 + bd^2 + cd + k, \quad (1)$$

где  $V$  — объем бревна, м<sup>3</sup>;

$d$  — верхний диаметр бревна, см;

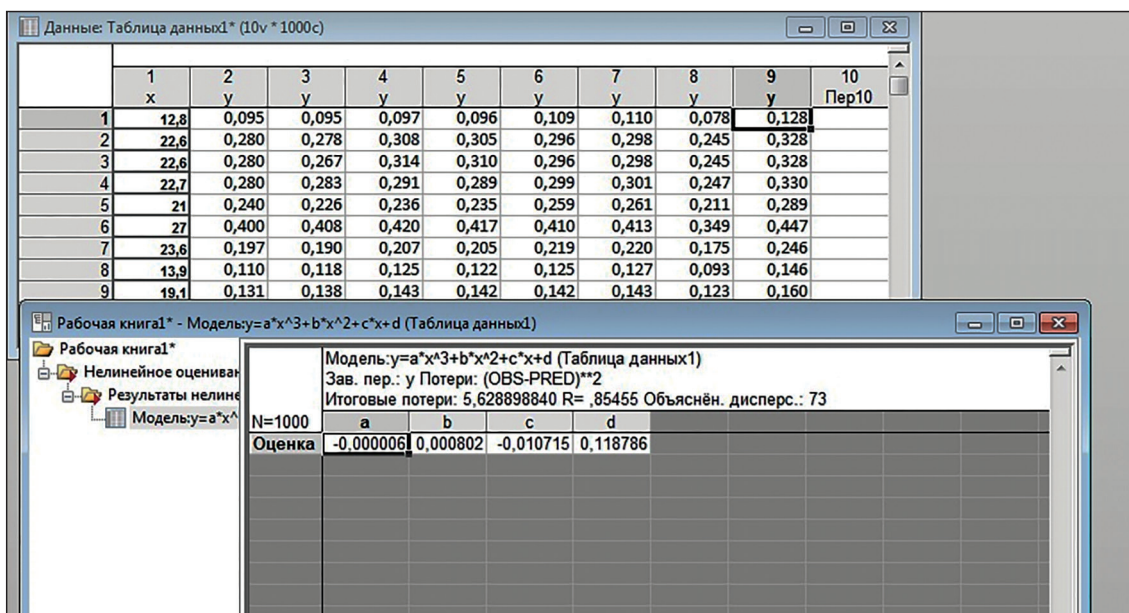
$a, b, c, k$  — эмпирические коэффициенты регрессионной модели.

Численные значения эмпирических коэффициентов определены с использованием программного комплекса Statistica. Статистическая обработка данных велась согласно методикам, изложенным в работах [33, 34] (рис. 7).



**Рис. 6.** Определения объема сортиментов: 1 — способ учета лесоматериалов по ГОСТ 2708–75 и ГОСТ 2292–88; 2 — способ срединного сечения (метод Губера); 3 — способ концевых сечений (метод Смалиана); 4 — способ усеченного конуса; 5 — способ верхнего диаметра и среднего сбега; 6 — способ верхнего диаметра и нормального сбега; 7 — метод верхнего диаметра и нормального сбега (Норвегия)

**Fig. 6.** Assortment volume counting: 1 — timber counting method according to GOST 2708–75 and GOST 2292–88; 2 — median section method (Huber method); 3 — end sections method (Smalian method); 4 — truncated cone method; 5 — upper diameter and average taper method; 6 — upper diameter and normal taper method; 7 — upper diameter and normal taper method (Norway)



**Рис. 7.** Расчет эмпирических коэффициентов уравнения в программе Statistica  
**Fig. 7.** Calculation of empirical coefficients of the equation by Statistica Program

Полученная математическая зависимость имеет вид

$$V = -0,000006d^3 + 0,000802d^2 - 0,0107d + 0,119. \quad (2)$$

По математической зависимости (2) для каждого бревна рассчитан его объем, сопоставленный с другими методами учета с помощью *F*-теста. Получены следующие расчетные значения критерия:

Способ учета лесоматериалов по ГОСТ 2708–75 и ГОСТ 2292–88....	0,73
Способ срединного сечения (метод Губера).....	0,77
Способ концевых сечений (метод Смалиана).....	0,6
Способ усеченного конуса.....	0,61
Способ верхнего диаметра и среднего сбega.....	0,73
Способ верхнего диаметра и нормального сбega.....	0,72
Шведский метод вписанного цилиндра.....	0,89
Норвежский метод верхнего диаметра и нормального сбega.....	0,66

Сравнение приведенных расчетных значений критерия с табличным ( $F_{\text{табл}} = 0,9$ ) показывает, что математическая зависимость (2) адекватно описывает экспериментальные данные.

## Выводы

Согласно проведенному *F*-тесту, полученное уравнение наиболее адекватно описывает способ концевых сечений (метод Смалиана) и способ усеченного конуса.

С увеличением верхнего диаметра лесоматериалов увеличивается различие в показателях их объема, определенных разными методами и способами.

При использовании метода вписанного цилиндра (Швеция) наблюдаются частые занижения объема круглых лесоматериалов по сравнению с другими методами и способами, в то время как метод верхнего диаметра и нормального сбega (Норвегия) завышает показатели объема.

## Список литературы

- [1] Grigorev I., Zyryanov M., Medvedev S., Mokhiev A., Egipko S., Perfiliev P., Savvateeva I. The experimental study of logging residue stock on logging sites following clear-cutting using a sorting machine system // International J. of Simulation and Process Modelling, 2023, no. 20(4), pp. 267–275.
- [2] Perfiliev P., Zdrauskaite N., Rybak G. Study of hydrodynamic resistance of a raft composed of the flat rafting units of various draft // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18(1.5), Vienna, Austria, 3–6 December 2018. Vienna, 2018, pp. 765–772.
- [3] Zdrauskaite N., Perfiliev P., Glavatskih N. Wood quality potential as a criterion for forest management // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18(3.2), Albena, Bulgaria, 2–8 July 2018. Albena, 2018, pp. 1045–1052.
- [4] Лесопромышленный комплекс Архангельской области. URL: <https://dvinaland.ru/economics/lesprom> (дата обращения 19.09.2024).
- [5] Перфильев П.Н., Здраускайте Н.О., Посредников П.А. Анализ транспортной обеспеченности лесных массивов Российской Федерации // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: Материалы V Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. Высшей инженерной школы САФУ, посвященной десятилетию науки и технологий, Архангельск, 15–17 ноября 2023 г. Архангельск: Изд-во САФУ, 2024. С. 97–100.
- [6] Перфильев П.Н., Здраускайте Н.О., Посредников П.А. Обоснование системы машин для мобильного производства компонентов деревянных домов на удаленных лесных терминалах // Инженерные задачи: проблемы и пути решения: Материалы IV Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. Высшей инженерной школы САФУ, Архангельск, 16–18 ноября 2022 г. Архангельск: Изд-во САФУ, 2022. С. 153–155.
- [7] Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Обоснование необходимости повышения эффективности учета круглых лесоматериалов // Вестник АГАТУ, 2021. № 4 (4). С. 73–79.
- [8] Perfiliev P., Zdrauskaite N., Rudnaya N., Benderuk T. Efficiency improvement of wood use // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 19(3.2), Albena, Bulgaria, 30 June–6 July 2019. Albena, 2019, pp. 697–705.
- [9] Стариков А.В., Батурин К.В. Исследование и анализ методов учета заготовленной древесины в России и зарубежных странах // Лесотехнический журнал, 2015. Т. 5. № 4 (20). С. 103–114.
- [10] Шашков Д.А. Особенности учета круглых лесоматериалов в зарубежных странах // World Science: Problems and Innovations: XLV Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 30 августа 2020 г. Пенза: Наука и Просвещение, 2020. С. 56–58.
- [11] Janák K. Differences in volume of round timber caused by different determination methods // Drvnaindustrija, 2006, v. 56, pp. 165–170.
- [12] 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, v. 40, pp. 157–162.
- [13] Korsmo H. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands // Scandinavian J. of Forest Research Stonia, 2014, pp. 289–294.
- [14] Picchi G., Kühmaier M., Marques J. Survival test of RFID UHF tags in timber harvesting operations // Croatian J. of Forest Engineering, 2015, v. 36, pp. 165–174.

- [15] Беляев Н.Л., Куницкая О.А., Вернер Н.Н., Тихонов Е.А., Алексеев В.Г. Направления совершенствования учета круглых лесоматериалов и его нормативной базы для эффективного использования мобильных цифровых технологий // Системы. Методы. Технологии, 2023. №2 (58). С. 129–138.
- [16] Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Современные технологии оптического группового учета круглых лесоматериалов // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: Материалы 86-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотр. и аспирантов, Минск, 31 января–12 февраля 2022 г. Минск: Изд-во Белорусского государственного технологического университета, 2022. С. 50–53.
- [17] Forestscanner. Измерение леса дронами. URL: <https://www.forestscanner.net/> (дата обращения 09.11.2024).
- [18] Истомина А.А. Совершенствование системы учета круглых лесоматериалов // Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых 2021: сборник материалов конф.: в 2 т. Архангельск: Изд-во САФУ, 2021. С. 240–244.
- [19] Морозова Е.С. Обоснование параметров, влияющих на определение объема бревен при использовании радиочастотного способа: маг. дис. 35.04.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Екатеринбург, 2018, 80 с.
- [20] Бутаков С.В. Обоснование пневмометрического метода определения объемов лесоматериалов: дис. ... канд. техн. наук 05.21.05 Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки. Архангельск, 2008, 195 с.
- [21] Таразевич А.А. Совершенствование логистики лесоснабжения предприятий группы «Титан»: маг. дис. 35.04.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Архангельск, 2019, 99 с.
- [22] Куницкая О.А., Помигуев А.В. Переработка древесины на мобильных линиях лесных терминалов // Вестник АГАТУ, 2021. № 3 (3). С. 82–99.
- [23] Kunicckaya O., Zyryanov M., Medvedev S., Mokhiev A., Spiridonova A., Perfiliev P., Teppoev A. Efficient Technologies for Harvesting and Reutilizing Logging Residues in Russia: A Sustainable Forestry Approach // Mathematical modelling of engineering problems, 2024, no. 11(3), pp. 745–753.
- [24] Локштанов Б.М., Орлов В.В., Ильюшенко Д.А., Угрюмов С.А. Терминалы на лесосеке и их функции // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., Кострома, 18–19 марта 2021 г. Кострома: Изд-во Костромского государственного университета, 2021. Ч. 1. С. 123–127.
- [25] Маркелов В.М., Заикин А.Н. Повышение эффективности переработки древесины при применении мобильных установок // Экономика и эффективность организации производства, 2016. № 24. С. 126–127.
- [26] Куницкая О.А., Помигуев А.В. Перспективы развития систем генерирования и преобразования электрической энергии для лесных терминалов // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 10 марта 2021 г. Красноярск: Изд-во Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, 2021. С. 124–128.
- [27] Шашков Д.А. Пути повышения точности учета круглых лесоматериалов // Наука и просвещение: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 28 февраля 2020 г. Пенза: Наука и Просвещение, 2020. С. 47–49.
- [28] Швецова В.В. Автоматизация геометрического метода учета круглых лесоматериалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы VI Всерос. нац. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 22 мая 2020 г. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета, 2020. С. 149–150.
- [29] Носов А.С., Главатских Н.С., Козлов К.В. Проблемы учета круглых лесоматериалов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. Вологда, 01 декабря 2020 г. Вологда: Изд-во Вологодского государственного университета, 2020. С. 239–241.
- [30] ГОСТ 2708–75 Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 37 с.
- [31] ГОСТ 2292–88 Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 10 с.
- [32] ГОСТ 32594–2013 Лесоматериалы круглые. Методы измерений. М.: Стандартинформ, 2015. 39 с.
- [33] Стоноженко Л.В., Югов А.Н., Карминов В.Н., Иванов Н.Г. Применение MS Excel и Statistica for Windows для лесотаксационных вычислений и обработки экспериментальных данных методами математической статистики. М.: МГУЛ, 2012, 88 с.
- [34] Мурашова О.В., Суров Г.Я., Перфильев П.Н. Организация и методы научных исследований. Архангельск: Изд-во САФУ, 2018. 123 с.
- [35] Smart-timber – программное обеспечение для определения объема круглого леса. URL: <https://smart-timber.com/#rec175127477> (дата обращения 09.11.2024).
- [36] Logsize – приложение для измерения бревен. URL: <http://www.logsize.com/en/> (дата обращения 09.11.2024).
- [37] Timbeter – приложение для измерения круглого леса и работы с электронными данными. URL: <https://timbeter.com/> (дата обращения 09.11.2024).
- [38] Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Сравнительный анализ инновационных технологий в области учета круглых лесоматериалов // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 06–07 июня 2022 г. Красноярск: Изд-во Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, 2022. С. 74–77.
- [39] Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Измерения и учет круглых лесоматериалов: история и перспективы развития // Вестник АГАТУ, 2023. № 1 (9). С. 58–86.

## Сведения об авторах

**Перфильев Павел Николаевич**✉ — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), p.perfilev@narfu.ru

**Григорьев Игорь Владиславович** — д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», silver73@inbox.ru

**Мурашова Ольга Валерьевна** — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), o.murashova@narfu.ru

**Задраускайте Наталья Олеговна** — канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), n.zadrauskaite@narfu.ru

**Перфильева Марина Геннадьевна** — магистрант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), m.perfileva@narfu.ru

Поступила в редакцию 24.02.2025.

Одобрено после рецензирования 27.10.2025.

Принята к публикации 18.02.2026.

## ANALYSIS OF ROUND WOOD ACCOUNTING METHODS FOR REMOTE TIMBER TERMINALS

**P.N. Perfil'ev<sup>1</sup>✉, I.V. Grigor'ev<sup>2</sup>, O.V. Murashova<sup>1</sup>,  
N.O. Zadrauskayte<sup>1</sup>, M.G. Perfil'eva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Arctic State Agrotechnological University, 3, Sergelyakhskoye highway, 3 km, 677007, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

p.perfilev@narfu.ru

The current state of the timber industry complex in Russia is examined, and the problems of developing the estimated cutting area under conditions of a low-density road network are identified. It is shown that one of the promising directions for increasing the efficiency of forest management is the introduction of technologies for seasonal timber harvesting and processing at remote forest terminals using water transport. The necessity for accurate and operational accounting of round timber is substantiated for the objective assessment of work volumes and raw materials at the key operations of the terminals. Existing methods for measuring wood volume are analyzed, including traditional geometric methods (piece-by-piece accounting according to GOST, Huber's method, Smalian's method, the frustum method, top diameter methods), as well as modern digital solutions based on computer vision, neural networks, and aerial photography (laser scanning, services based on quadcopter operation). The results of an experimental study conducted at the enterprises of the Arkhangelsk region: LLC «Region-les» and CJSC «Lesozavod 25» are presented. Discrepancies in the volume values obtained by different methods are established, and a trend of their increase with the growth of assortment diameter is revealed. Using the F-test, an assessment of the methods' adequacy relative to GOST 2708–75 was carried out. An empirical regression equation is proposed for determining the volume of a log based on its top diameter, which allows for increased accuracy of measurement. It is determined that the proposed model most adequately describes the results obtained by the method of end sections (Smalian's method) and the frustum method. It is recommended to take into account the identified features when choosing accounting methods for automating processes at remote forest terminals.

**Keywords:** accounting, remote forest terminal, round timber, stack, quadcopter

**Suggested citation:** Perfil'ev P.N., Grigor'ev I.V., Murashova O.V., Zadrauskayte N.O., Perfil'eva M.G. *Analiz metodov ucheta kruglykh lesomaterialov dlya udalennykh lesnykh terminalov* [Analysis of round wood accounting methods for remote timber terminals]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 2, pp. 127–139. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-2-127-139

## References

- [1] Grigorev I., Zyryanov M., Medvedev S., Mokhirev A., Egipko S., Perfiliev P., Savvateeva I. The experimental study of logging residue stock on logging sites following clear-cutting using a sorting machine system. *International J. of Simulation and Process Modelling*, 2023, no. 20(4), pp. 267–275.
- [2] Perfiliev P., Zadrauskaite N., Rybak G. Study of hydrodynamic resistance of a raft composed of the flat rafting units of various draft // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18(1.5)*, Vienna, Austria, 3–6 December 2018. Vienna, 2018, pp. 765–772.
- [3] Zadrauskaite N., Perfiliev P., Glavatskih N. Wood quality potential as a criterion for forest management // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18(3.2)*, Albena, Bulgaria, 2–8 July 2018. Albena, 2018, pp. 1045–1052.
- [4] *Lesopromyshlennyy kompleks Arkhangel'skoy oblasti* [Forestry complex of the Arkhangelsk region]. Available at: <https://dvinland.ru/economics/lesprom> (accessed 19.09.2024).
- [5] Perfil'ev P.N., Zadrauskayte N.O., Posrednikov P.A. *Analiz transportnoy obespechennosti lesnykh massivov Rossiyskoy Federatsii* [Analysis of transport provision of forest areas of the Russian Federation]. *Inzhenernye zadachi: problemy i puti resheniya: mater. V Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii Vyshey inzhenernoy shkoly SAFU, posvyashchennoy desyatiletuyu nauki i tekhnologii* [Engineering tasks: problems and solutions: materials of the V All-Russian (national) scientific and practical conference of the Higher Engineering School of NArFU, dedicated to the decade of science and technology], Arkhangelsk, November 15–17, 2023. Arkhangelsk: NArFU, 2024, pp. 97–100.
- [6] Perfil'ev P.N., Zadrauskayte N.O., Posrednikov P.A. *Obosnovanie sistemy mashin dlya mobil'nogo proizvodstva komponentov derevyannykh domov na udalennykh lesnykh terminalakh* [Justification of a Machine System for Mobile Production of Wooden House Components at Remote Forest Terminals]. *Inzhenernye zadachi: problemy i puti resheniya: mater. IV Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii Vyshey inzhenernoy shkoly SAFU* [Engineering Tasks: Problems and Solutions: Proc. of the IV All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of the Higher Engineering School of NArFU], Arkhangelsk, November 16–18, 2022. Arkhangelsk: NArFU, 2022, pp. 153–155.
- [7] Kunitskaya O.A., Belyaev N.L. *Obosnovanie neobkhodimosti povysheniya effektivnosti ucheta kruglykh lesomaterialov* [Justification of the Need to Improve the Efficiency of Round Timber Accounting]. *AGATU Bulletin*, 2021, no. 4 (4), pp. 73–79.
- [8] Perfiliev P., Zadrauskaite N., Rudnaya N., Benderuk T. Efficiency improvement of wood use. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 19(3.2)*, Bulgaria, 2019, pp. 697–705.
- [9] Starikov A.V., Baturin K.V. *Issledovanie i analiz metodov ucheta zagotovlennoy drevesny v Rossii i zarubezhnykh stranakh* [Research and Analysis of Methods for Accounting of Harvested Timber in Russia and Foreign Countries]. *Lesotekhnicheskyy zhurnal* [Forest Engineering J.], 2015, v. 5, no. 4 (20), pp. 103–114.
- [10] Shashkov D.A. *Osobennosti ucheta kruglykh lesomaterialov v zarubezhnykh stranakh* [Features of accounting of round timber in foreign countries]. *World science: problems and innovations: XLV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [World science: problems and innovations: XLV International scientific and practical conference], Penza, August 30, 2020. Penza: Science and Education, 2020, pp. 56–58.
- [11] Janák K. Differences in volume of round timber caused by different determination methods. *Drvnaindustrija*, 2006, v. 56, pp. 165–170.
- [12] 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, v. 40, pp. 157–162.
- [13] Korsmo H. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands. *Scandinavian J. of Forest Research* Stonia, 2014, pp. 289–294.
- [14] Picchi G., Kühmaier M., Marques J. Survival test of RFID UHF tags in timber harvesting operations. *Croatian J. of Forest Engineering*, 2015, v. 36, pp. 165–174.
- [15] Belyaev N.L., Kunitskaya O.A., Verner N.N., Tikhonov E.A., Alekseenko V.G. *Napravleniya sovershenstvovaniya ucheta kruglykh lesomaterialov i ego normativnoy bazy dlya effektivnogo ispol'zovaniya mobil'nykh tsifrovyykh tekhnologiy* [Directions for improving the accounting of round timber and its regulatory framework for the efficient use of mobile digital technologies]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2023, no. 2 (58), pp. 129–138.
- [16] Belyaev N.L., Kunitskaya O.A. *Sovremennyye tekhnologii opticheskogo gruppovogo ucheta kruglykh lesomaterialov* [Modern technologies of optical group accounting of round timber]. *Lesnaya inzheneriya, materialovedenie i dizayn: mater. 86-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov* [Forest engineering, materials science and design: materials. 86th Scientific and Technical Conference of the Faculty, Researchers, and Postgraduate Students], Minsk, January 31–February 12, 2022. Minsk: Belarusian State Technological University, 2022, pp. 50–53.
- [17] Forestscanner *Izmerenie lesa dronami* [Forest Measurement with Drones]. Available at: <https://www.forestscanner.net/> (accessed 09.11.2024).
- [18] Istomina A.A. *Sovershenstvovanie sistemy ucheta kruglykh lesomaterialov* [Improving the Round Timber Accounting System]. *Lomonosovskie nauchnye chteniya studentov, aspirantov i molodykh uchenyykh 2021: sbornik mater. konferentsii* [Lomonosov Scientific Readings for Students, Postgraduates, and Young Scientists 2021: Conference Proceedings], in 2 v. Arkhangelsk: NArFU, 2021, pp. 240–244.
- [19] Morozova E.S. *Obosnovanie parametrov, vliyayushchikh na opredelenie ob'ema breven pri ispol'zovanii radiochastotnogo sposoba* [Justification of Parameters Affecting the Determination of Log Volume Using the Radio Frequency Method]. *Master's Dissertation*, 35.04.02 TLiDP, Yekaterinburg, 2018, 80 p.

- [20] Butakov S.V. *Obosnovanie pnevmometricheskogo metoda opredeleniya ob'emov lesomaterialov* [Justification of the pneumometric method for determining the volume of timber]. Dis. Cand. Sci. (Tech.), 05.21.05 DTiOD. Arkhangelsk, 2008, 195 p.
- [21] Tarazevich A.A. *Sovershenstvovanie logistiki lesosnabzheniya predpriyatiy gruppy «Titan»* [Improving the logistics of timber supply of Titan Group enterprises]. Master's Dissertation, 35.04.02 TLiDP, Arkhangelsk, 2019, 99 p.
- [22] Kunitskaya O.A., Pomiguyev A.V. *Pererabotka drevesiny na mobil'nykh liniyakh lesnykh terminalov* [Wood processing on mobile lines of timber terminals]. Vestnik AGATU [Bulletin of AGATU], 2021, no. 3 (3), pp. 82–99.
- [23] Kunickaya O., Zyryanov M., Medvedev S., Mokhirev A., Spiridonova A., Perfiliev P., Teppoev A. Efficient Technologies for Harvesting and Reutilizing Logging Residues in Russia: A Sustainable Forestry Approach. Mathematical modelling of engineering problems, 2024, no. 11(3), pp. 745–753.
- [24] Lokshtanov B.M., Orlov V.V., Il'yushenko D.A., Ugryumov S.A. *Terminaly na lesoseke i ikh funktsii* [Terminals in the logging area and their functions]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizayna i tekhnologii: mater. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Scientific research and development in the field of design and technology: materials of the All-Russian scientific and practical conference], Kostroma, March 18–19, 2021. Kostroma: Kostroma State University, 2021, part 1, pp. 123–127.
- [25] Markelov V.M., Zaikin A.N. *Povyshenie effektivnosti pererabotki drevesiny pri primeneni mobil'nykh ustanovok* [Increasing the efficiency of wood processing when using mobile units]. Ekonomika i effektivnost' organizatsii proizvodstva [Economy and efficiency of production organization], 2016, no. 24, pp. 126–127.
- [26] Kunitskaya O.A., Pomiguyev A.V. *Perspektivy razvitiya sistem generirovaniya i preobrazovaniya elektricheskoy energii dlya lesnykh terminalov* [Prospects for the development of systems for generating and converting electrical energy for forest terminals]. Lesoekspluatatsiya i kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny: Mater. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Forest exploitation and integrated use of wood: materials of the All-Russian scientific and practical conference], Krasnoyarsk, March 10, 2021. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2021, pp. 124–128.
- [27] Shashkov D.A. *Puti povysheniya tochnosti ucheta kruglykh lesomaterialov* [Ways to improve the accuracy of round timber accounting]. Nauka i prosveshchenie: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sb. statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Science and education: current issues, achievements and innovations: collection of articles from the International Scientific and Practical Conference], Penza, February 28, 2020. Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.), 2020, pp. 47–49.
- [28] Shvetsova V.V. *Avtomatizatsiya geometricheskogo metoda ucheta kruglykh lesomaterialov* [Automation of the geometric method for accounting for round timber]. Povyshenie effektivnosti lesnogo kompleksa. materialy VI Vserossiyskoy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Improving the efficiency of the forest complex. Proceedings of the VI All-Russian National Scientific and Practical Conference], Petrozavodsk, May 22, 2020. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2020, pp. 149–150.
- [29] Nosov A.S., Glavatskikh N.S., Kozlov K.V. *Problemy ucheta kruglykh lesomaterialov* [Problems of accounting for round timber]. Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: Mater. XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Actual problems of development of the forest complex: Proc. of the XVIII International Scientific and Technical Conference], Vologda, December 1, 2020. Vologda: Vologda State University, 2020, pp. 239–241.
- [30] GOST 2708–75 *Lesomaterialy kruglye. Tablitsy ob'emov* [Round timber. Volume tables]. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 1999, 37 p.
- [31] GOST 2292–88 *Lesomaterialy kruglye. Markirovka, sortirovka, transportirovanie, metody izmereniya i priemka* [Round timber. Marking, sorting, transportation, measurement methods, and acceptance]. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2003, 10 p.
- [32] GOST 32594–2013 *Lesomaterialy kruglye. Metody izmereniy* [Round timber. Measurement methods]. Moscow: Standartinform, 2015, 39 p.
- [33] Stonozhenko L.V., Yugov A.N., Karminov V.N., Ivanov N.G. *Primenenie MS Excel i Statistica for Windows dlya lesotaksatsionnykh vychisleniy i obrabotki eksperimental'nykh dannykh metodami matematicheskoy statistiki* [Application of MS Excel and Statistica for Windows for forest inventory calculations and processing of experimental data using mathematical statistics methods]. Moscow: MGUL, 2012, 88 p.
- [34] Murashova O.V., Surov G.Ya., Perfil'ev P.N. *Organizatsiya i metody nauchnykh issledovaniy* [Organization and methods of scientific research]. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2018, 123 p.
- [35] *Smart-timber – programmnoe obespechenie dlya opredeleniya ob'ema kruglogo lesa* [Smart-timber – software for determining the volume of round timber]. Available at: <https://smart-timber.com/#rec175127477> (accessed 09.11.2024).
- [36] *Logsize – prilozhenie dlya izmereniya breven* [Logsize – an application for measuring logs]. Available at: <http://www.logsize.com/en/> (accessed 09.11.2024).
- [37] *Timbeter – prilozhenie dlya izmereniya kruglogo lesa i raboty s elektronnyimi dannymi* [Timbeter – an application for measuring round timber and working with electronic data]. Available at: <https://timbeter.com/> (accessed 09.11.2024).
- [38] Belyaev N.L., Kunitskaya O.A. *Sravnitel'nyy analiz innovatsionnykh tekhnologiy v oblasti ucheta kruglykh lesomaterialov* [Comparative Analysis of Innovative Technologies in Round Timber Accounting]. Innovatsii v khimiko-lesnom komplekse: tendentsii i perspektivy razvitiya: mater. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Innovations in the Chemical-Forest Complex: Development Trends and Prospects: Proc. of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, June 6–7, 2022. Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2022, pp. 74–77.
- [39] Belyaev N.L., Kunitskaya O.A. *Izmereniya i uchety kruglykh lesomaterialov: istoriya i perspektivy razvitiya* [Measurements and Accounting of Round Timber: History and Development Prospects]. Vestnik AGATU [AGATU Bulletin], 2023, no. 1 (9), pp. 58–86.

## Authors' information

**Perfil'ev Pavel Nikolaevich** ✉ — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, p.perfilev@narfu.ru

**Grigor'ev Igor' Vladislavovich** — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Arctic State Agrotechnological University, silver73@inbox.ru

**Murashova Ol'ga Valer'evna** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.murashova@narfu.ru

**Zadrauskayte Natal'ya Olegovna** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, n.zadrauskaite@narfu.ru

**Perfil'eva Marina Gennad'evna** — Student of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, m.perfileva@narfu.ru

Received 24.02.2025.

Approved after review 27.10.2025.

Accepted for publication 18.02.2026.

---

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
The authors declare that there is no conflict of interest