



АГАТУ

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОГО УЧЁТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Беляев Николай Львович

Предзащита диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Якутск, 31.05.2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования
 2. Методика исследования
 3. Результаты исследования
 4. Развитие средств учёта и нормативной базы
- Общие выводы по работе

ВВЕДЕНИЕ

1. Государство прилагает значительные усилия по наведению порядка в учёте лесоматериалов и в т.ч. с этой целью продвигает информационные системы ЛесЕГАИС с прицелом на ФГИС ЛК
2. Учётных систем, единиц измерения, методов измерений множество, большая их часть не увязана друг с другом (что препятствует совместимости)
3. НТП обеспечивает отрасль новыми инструментами для измерения и учёта, такими, как инструменты фотометрии для определения количества лесоматериалов по их изображению.
4. На первых порах точность новых методов измерения не всегда удовлетворяет пользователей, их использование часто требует доработки.
5. Для подобных целей рекомендована процедура контрольного выборочного учёта и последующая корректировка результатов рабочих измерений, но её использование ограничено, и кроме того, она не всегда обеспечивает достаточную точность при учёте лесоматериалов.
6. Для повышения точности проведены исследования, в процессе которых сравниваются объёмы автомобильных партий КЛМ, измеренные традиционным ручным методом, и определённые программой с помощью мобильного приложения.
7. Задействуя дополнительные численные показатели измерений с применением методов математической статистики разработана модель, позволяющая обеспечить более точную корреляцию между оптимизированным программным объёмом и традиционным, широко применяемым в отрасли методом по ГОСТ 2708.
8. Используя применённую в работе методику становится возможным увеличивать точность измерений и учёта для других совокупностей круглых лесоматериалов и других наборов единиц и методов измерений по мере очевидно растущей потребности в таких операциях.

РОСЛЕСХОЗ: ОБМЕН ДАННЫМИ СИСТЕМ УЧЕТА ДРЕВЕСИНЫ РОССИИ И БЕЛАРУСИ БУДЕТ УПРОЩЕН

ГЛАВНАЯ > НОВОСТИ > РОСЛЕСХОЗ > НОВОСТИ > РОСЛЕСХОЗ: ОБМЕН ДАННЫМИ СИСТЕМ УЧЕТА ДРЕВЕСИНЫ РОССИИ И БЕЛАРУСИ БУДЕТ УПРОЩЕН

3 мин

Стороны нацелены на создание бесшовного обмена данными учетных систем для ускоренного движения лесоматериалов



На X Невском международном экологическом конгрессе состоялась двусторонняя встреча делегаций Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

Рослесхоз совместно с Минлесхозом Беларуси планируют взаимный обмен данными двух систем учета древесины – ЛесЕГАИС и ЕГАИС-Беларусь для организации беспрепятственного передвижения древесины.

«Сегодня у наших стран меняются логистические направления и мы со своей стороны заинтересованы организовать удобные условия работы для белорусских и российских лесозаготовителей. Таким образом, стратегическая задача — создать бесшовную связь двух систем учета древесины: ЛесЕГАИС и ЕГАИС-Беларусь. Тактическая, краткосрочная задача — передвижение белорусских лесозавозов по России должно проходить с электронными сопроводительными документами (ЭСД) в соответствии с действующим законодательством нашей страны», — отметил глава российской делегации, руководитель Рослесхоза Иван Советников.

Вход в ЛесЕГАИС, где необходимо оформить ЭСД, осуществляется через портал Госуслуг. Сегодня регистрация в ЛесЕГАИС доступна иностранным представителям в случае, если им присвоен идентификационный номер налогоплательщика.

Как уточнил глава ведомства, сегодня ведется работа по упрощению доступа иностранных юрист к Госуслугам для последующего оформления ЭСД в ЛесЕГАИС.

Пресс-служба Рослесхоза

Источник публикации — rosleshoz.gov.ru

Поделиться с друзьями



ПРЕД ЗАПИСЬ

РОСЛЕСХОЗ: ОТСЛЕЖИВАТЬ ГРОЗОВУЮ АКТИВНОСТЬ МОЖНО ИЗ КОСМОСА

РОССИЯ, БЕЛАРУСЬ, ИНДОНЕЗИЯ, ИРАН, КЫРГЫЗСТАН, КИТАЙ, УЗБЕКИСТАН ОБМЕНЯЛИСЬ ОПЫТОМ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА



СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования

2. Методика исследования

3. Результаты исследования

4. Развитие средств учёта и
нормативной базы

Общие выводы по работе

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к Правилам определения характеристик
древесины и учета древесины

Допускаемые погрешности измерения объема партии сортимента

Объем партии сортимента, куб. м	Допускаемая погрешность измерения, процентов
Измерение партии сортимента групповыми рабочими методами	
от 15 до 29,99	± 15
от 30 до 59,99	± 12
от 60 до 119,99	± 8,8
от 120 до 199,99	± 6,5
от 200 до 299,99	± 4,8
от 300 до 449,99	± 4
от 450 до 599,99	± 3,4
от 600 и более	± 3
Измерение партии сортимента поштучными рабочими методами	
от 10 до 14,99	± 12
от 15 до 29,99	± 8
от 30 до 59,99	± 6,6
60 до 119,99	± 5,2
от 120 до 199,99	± 4,2
от 200 до 299,99	± 3,5
от 300 до 399,99	± 3,1
от 400 и более	± 3

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к Правилам определения характеристик
древесины и учета древесины

Нормы воспроизводимости результатов измерений объема партии сортимента при повторном учете рабочими методами

Объем партии сортимента, куб. м	Норма воспроизводимости результатов измерения объема партии, процентов
При проведении первого и повторного измерения поштучными рабочими методами	
до 9,99	± 8 процентов
10 и более	± 5 процентов
При проведении одного или обоих измерений групповыми рабочими методами	
до 69,99	± 15 процентов
от 70 до 399,99 куб. м	± 8 процентов
400 куб. м и более	± 5 процентов

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к Правилам определения характеристик
древесины и учета древесины

Нормы дебаланса объемов сортиментов

Сумма объемов сортимента, использованных при определении дебаланса, куб. м	Норма дебаланса, процентов	
	лесосека	место (пункт) складирования сортиментов, объект лесоперерабатывающей инфраструктуры
До 399,99	± 11	± 9
400 - 799,99	± 9	± 7
800 - 1999,99	± 7	± 5
2000 - 3599,99	± 6	± 4
3600 - 9999,99	± 5,5	± 3,5
10000 и более	± 5	± 3

Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2128 "О порядке определения характеристик древесины и учета древесины"

1. Опорный метод, п.38 Правил

38. Данные контрольного учета применяются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями при необходимости повышения точности рабочих методов учета для соблюдения требований к установленным погрешностям. В качестве опорного метода выбирается наиболее точный метод поштучного учета, в том числе метод концевых сечений.

2. Учёт коры, п. 36 правил

36. Учет сортиментов проводится по объему содержащейся в них древесины без учета коры и припусков, за исключением древесины, являющейся предметом внешнеэкономических сделок. Учет сортиментов в целях вывоза из Российской Федерации осуществляется с указанием номинального объема (без учета коры и припусков) и фактического объема (с учетом коры и припусков).

3. Новые стандарты по учёту, п. 3 Постановления

Федеральному агентству по техническому регулированию и метрологии предусмотреть включение в программу национальной стандартизации стандартов в области определения характеристик древесины и продукции ее переработки до 1 января 2023 г. и обеспечить их разработку и утверждение до 1 марта 2024 г.

УЧЁТ КЛМ

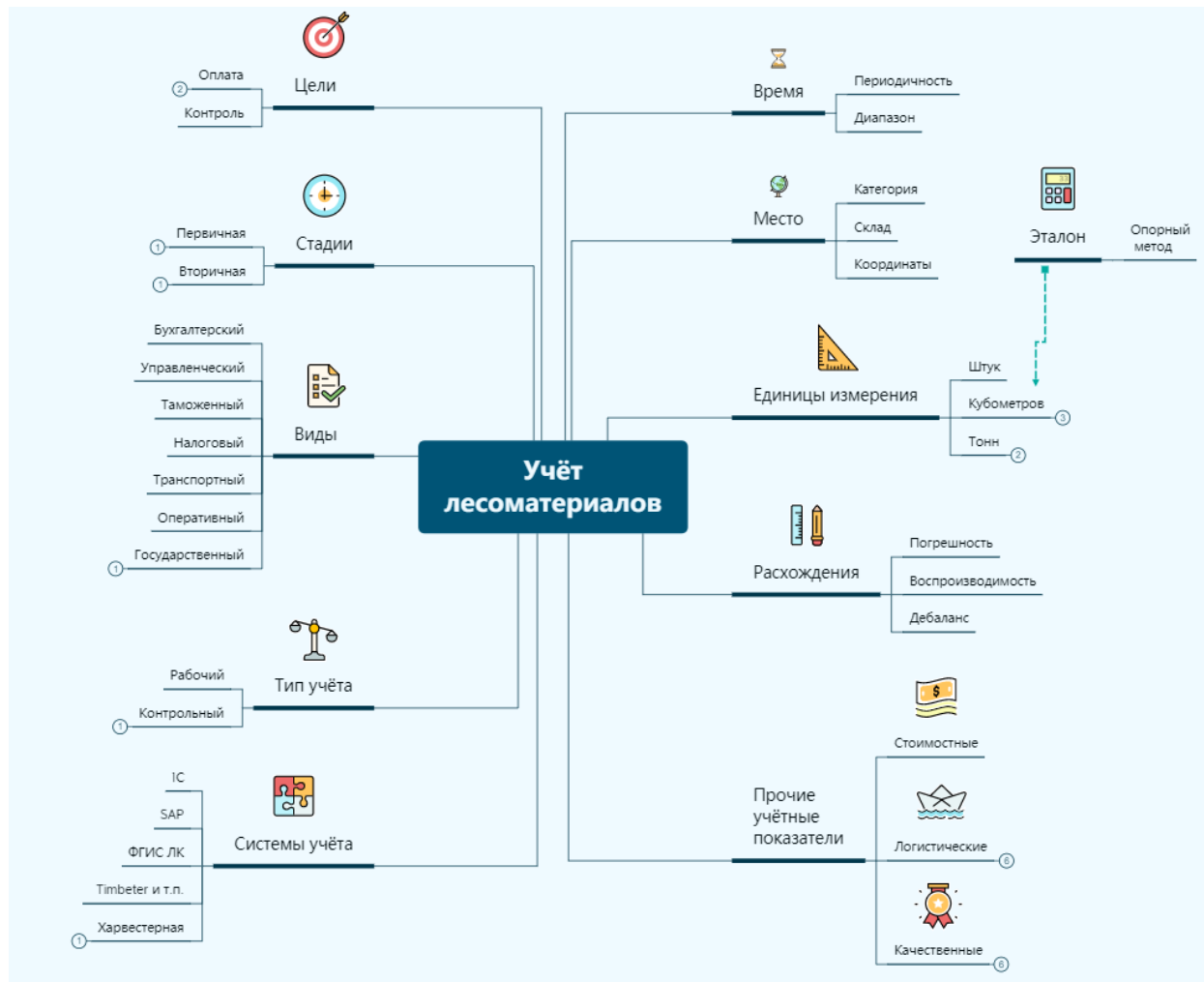


Рисунок 1.
Структура основных элементов учёта



Рисунок 2. Кривая нормального распределения погрешностей измерения объёма брёвен и основные статистические показатели погрешностей объёма сортамента

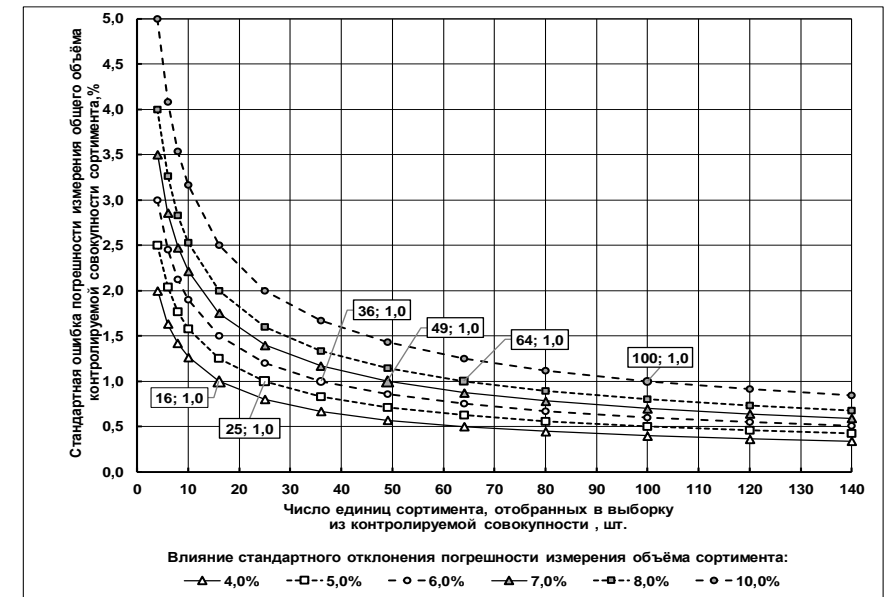


Рисунок 3
Кривые уменьшения стандартной ошибки погрешности измерения объёма в контролируемой совокупности с увеличением числа измерений в выборке

ИЗМЕРЕНИЯ КЛМ



Рисунок 4. Классификация методов измерения объема круглых лесоматериалов по способу взаимодействия с объектом в процессе измерения

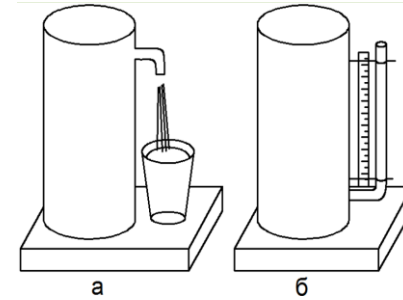


Рисунок 5. Ксилотрический способ определения объема с применением внешнего мерного сосуда (а) и сосуда со встроенной мерной шкалой (б)

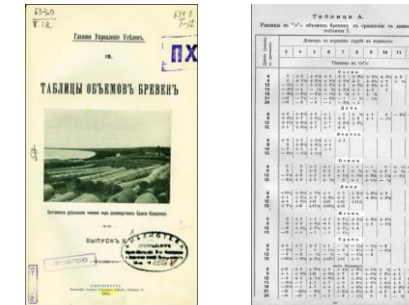


Рисунок 6. Фрагменты Таблиц объемов бревень под редакцией А.А. Крюденера, 1913 г



Рисунок 7. Современная бесконтактная измерительная рамка

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования

2. Методика исследования

3. Результаты исследования

4. Развитие средств учёта и
нормативной базы

Общие выводы по работе

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



Рисунок 14.
Измерения фанерного кряжа на складе сырья вручную

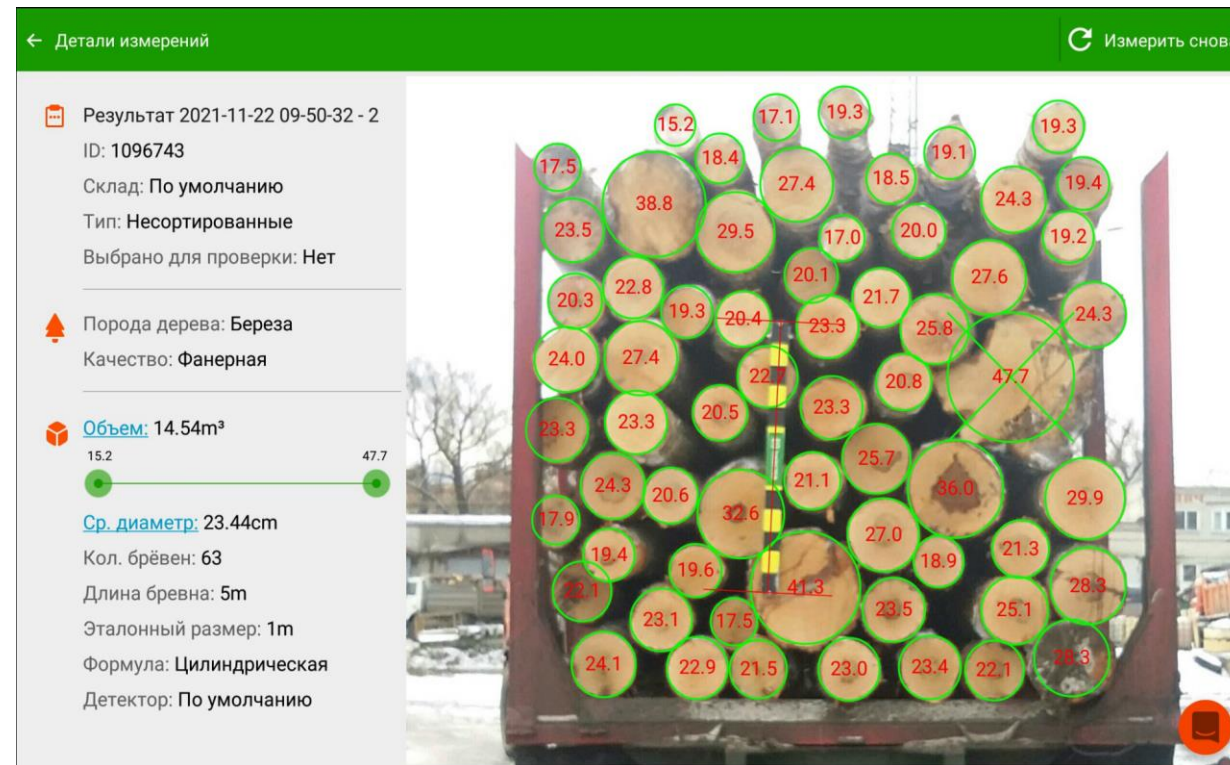


Рисунок 15.
Определение программного объема партии берёзового фанерного кряжа по диаметрам торцов (скриншот окна приложения)

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

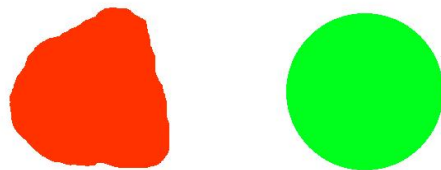
Предварительное
обнаружение



Нахождение контура торца



Образование круга равной
площади



Центрирование

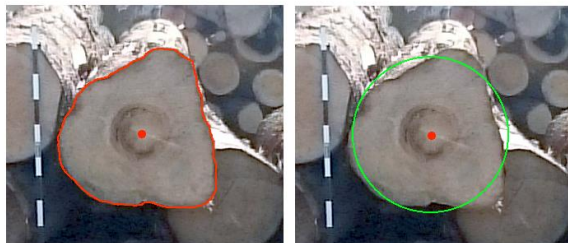


Рисунок 16.
Стадии распознавания торцов
нейросетью

Этап 1. «Кандидаты на бревно» обрабатываются методом «скользящего окна», который сводит проблему распознавания объекта к проблеме классификации образов. Изображение разбивается на квадраты, каждый квадрат сканируется; при попадании в квадрат бревно маркируется как «вероятно, бревно». Всего классификаций 3: «нет, не бревно», «возможно, бревно» и «вероятно, бревно».

Этап 2. Одно и то же бревно может обнаружиться алгоритмом несколько раз, поэтому «кандидаты» с похожими положительными классификациями («вероятно, бревно») объединяются в одно распознавание. Размер и расположение бревна на фото определяется по формуле взвешенного среднего арифметического, которая применяется к кандидатам с похожими положительными маркерами.

Этап 3. Все то, что «не бревно», удаляется. Бревна малого диаметра, скорее всего, ложные. Кандидаты, отстоящие от других по вероятностным характеристикам, тоже, скорее всего, бревном не являются; или же это бревно не из штабеля. Учитываются такие факторы, как изначальные маркеры вероятности и пересечение положительных вероятностей.

Этап 4. Очистка. Улучшает точность диаметра распознанных бревен. Алгоритм очистки применяется к нескольким сотням обнаружений, за счет этого задействуется большая вычислительная мощность, и результат становится точнее.

Этап 5. Вторичное распознавание методом скользящего окна, но с существенным отличием от этапа 1: вторичный детектор ищет только те бревна, которые подобны уже найденным. Вторичный детектор работает только с теми областями фото, на которых было обнаружено бревно на этапе 1.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования

2. Методика исследования

3. Результаты исследования

4. Развитие средств учёта и
нормативной базы

Общие выводы по работе

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В диссертации выдвинуто предположение о том, что ошибка программного определения объема партии лесоматериалов складывается из двух составляющих:

- случайная ошибка, связанная с погрешностью измерений и обработки снимков,
- систематическая ошибка, связанная с действием факторов, не учтенных существующей методикой определения объема партии по снимку.

В результате экспериментов были определены следующие величины:

- число бревен в партии $n^{\text{прогр}}$ (определено с помощью программы Timbeter),
- объем партии бревен $V^{\text{прогр}}$ (определен с помощью программы Timbeter),
- средний диаметр бревен на снимке $d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}$ (определен с помощью программы Timbeter),
- контрольное число бревен $n^{\text{контр}}$ (ручной пересчет),
- контрольный объем партии бревен $V^{\text{контр}}$ (ручное измерение).

Контрольный объем партии бревен $V^{\text{контр}}$, определенный поштучным измерением, принят в качестве эталонного. По полученным данным рассчитано относительное отклонение объема партии, определенного программно, от контрольного значения:

$$\delta = \frac{V^{\text{прогр}} - V^{\text{контр}}}{V^{\text{контр}}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Задача состоит в снижении отклонения δ . Всего изучено 8 выборок (1 основная выборка березовых бревен + 3 контрольных, 1 основная выборка еловых лесоматериалов + 3 контрольных), общие сведения о выборках приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные выборки лесоматериалов

№	Шифр	Лесоматериалы	Регион	Число партий
1	ЛО-1	листв.	Приволжский ФО	289
2	ЛК-1	листв.	Приволжский ФО	331
3	ЛК-2	листв.	Приволжский ФО	364
4	ЛК-3	листв.	Приволжский ФО	48
5	ХО-1	хвойн.	Сибирский ФО	265
6	ХК-1	хвойн.	Сибирский ФО	322
7	ХК-2	хвойн.	Сибирский ФО	302
8	ХК-3	хвойн.	Сибирский ФО	182

Например, основные статистические данные по выборке ЛО-1 (№1) приведены в таблице 2.

Таблица 2. Статистические данные по выборке ЛО-1 (№1)

Показатель	$n^{\text{прогр}}$, шт.	$d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}$, см	$V^{\text{прогр}}$, м ³	$n^{\text{контр}}$, шт.	$V^{\text{контр}}$, м ³	δ , %
<i>N</i>	289	289	289	289	289	289
<i>M</i>	61,028	25,627	16,884	61,263	15,986	5,970
<i>S</i>	10,200	1,654	1,802	10,132	1,899	6,578
<i>A</i>	0,1853	0,4912	-0,0827	0,1679	-0,0776	0,0908
<i>E</i>	-0,6382	0,5058	-0,5862	-0,6514	-1,0073	-1,0521
min	39	21,6	12,50	39	11,79	-6,536
max	87	31,8	21,52	87	19,52	18,833
med	60	25,4	17,06	61	15,84	5,914

(в таблице обозначено: *N* – число объектов в выборке, *M* – среднее арифметическое значение, *S* – выборочное стандартное отклонение, *A* – коэффициент асимметрии выборки, *E* – коэффициент эксцесса, min – минимальное значение, max – максимальное значение, med – медианное значение)

Полные данные по остальным выборкам приведены в тексте диссертации.

На рисунке 1 сопоставлены объемы партий по программе Timbeter и контрольные значения в выборке ЛО-1 (№1).

В результате статистической обработки данных установлено, что при программном определении объема листовых лесоматериалов непосредственные оценки завышены по сравнению с контрольными. Распределение относительных отклонений оценок от контрольных значений не подчиняется нормальному закону распределения (подробно результаты расчетов приведены в полном тексте диссертации). Отмеченное обстоятельство косвенно подтверждает выдвинутое предположение, что завышенные оценки обусловлены влиянием геометрических параметров лесоматериалов, главным образом – сбега и закомелости.

Воспользуемся методами регрессионного анализа для получения более приемлемых результатов приближения. На основании (1) запишем:

$$V^{\text{контр}} = \frac{V^{\text{прогр}}}{1 + 0,01\delta} \quad (2)$$

где δ – поправка, подлежащая определению.

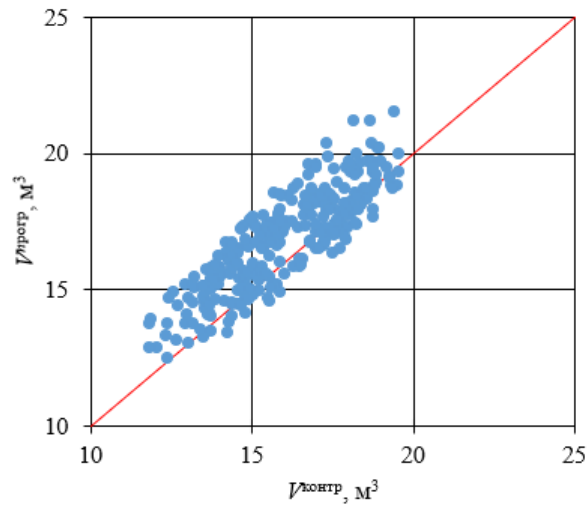


Рисунок 9. Сопоставление объема партии, определенного с использованием программы Timbeter без корректировки, с контрольным значением (ЛЮ-1)

Рассмотрим скорректированное значение программной оценки объема партии лесоматериалов:

$$V_{\text{прогр,корр}} = \frac{V_{\text{прогр}}}{1 + 0,01\delta^{\text{корр}}}, \quad (3)$$

причем положим:

$$\delta^{\text{корр}} = f(V_{\text{прогр}}, d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}, n^{\text{прогр}}). \quad (4)$$

Для приближения оценок $V_{\text{прогр,корр}}$ к контрольным значениям $V_{\text{контр}}$ зададимся условием:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N (\delta_i - \delta_i^{\text{корр}})^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Примем общий вид функции $\delta^{\text{корр}}$:

$$\delta^{\text{корр}} = a_0 + a_1 V_{\text{прогр}} + a_2 n^{\text{прогр}} + a_3 d_{\text{ср}}^{\text{прогр}} + a_4 V_{\text{прогр}} n^{\text{прогр}} + a_5 V_{\text{прогр}} d_{\text{ср}}^{\text{прогр}} + a_6 n^{\text{прогр}} d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}, \quad (6)$$

где a_i – коэффициенты регрессионной модели, подлежащие определению с учетом (5). После решения задачи минимизации (5) статистически незначимые коэффициенты последовательно исключаются из модели с использованием t-статистики.

Окончательно, после исключения незначимых коэффициентов, для лиственных сортов уравнение (6) примет следующий вид:

$$\delta^{\text{корр}} = 2,369V_{\text{прогр}} - 0,02194n^{\text{прогр}} d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}. \quad (7)$$

Рассчитаем скорректированный объем партии, определяемый по результатам программного замера по формуле (3) с учетом оценки отклонения (7):

$$V_{\text{прогр,корр}} = \frac{V_{\text{прогр}}}{1 + 0,01 \cdot (2,369V_{\text{прогр}} - 0,02194n^{\text{прогр}} d_{\text{ср}}^{\text{прогр}})}. \quad (8)$$

Результаты расчета по уравнению (8) сопоставлены с контрольными значениями на рисунке 2.

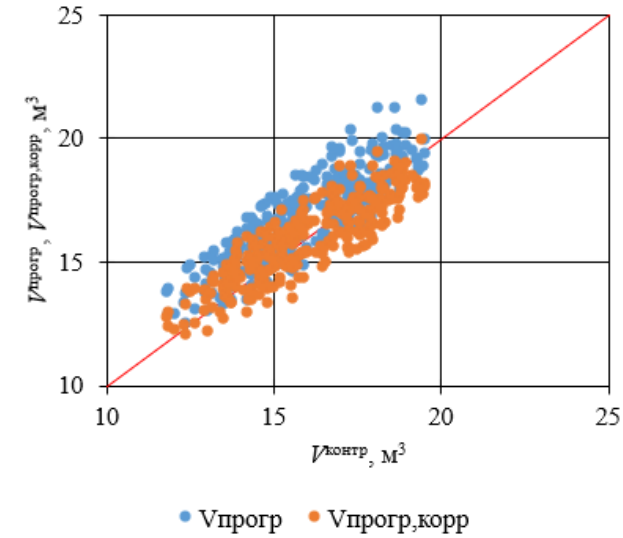


Рисунок 10. Сопоставление объема партии, определенного с использованием программы Timbeter с корректировкой, с контрольным значением (ЛЮ-1)

По графику отметим качественное приближение скорректированных значений объемов партий, рассчитанных на основе результатов замеров $V_{\text{прогр}}$, $d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}$, $n^{\text{прогр}}$ с использованием уравнения (8), к контрольным значениям.

Для количественной оценки сходимости воспользуемся коэффициентом детерминации при $V_i^{\text{прогр}} = V_i^{\text{прогр,корр}}$, значение которого в данном случае составляет $R^2 = 0,7635$; доля вариации объема партии лесоматериалов, объясненная с учетом корректировки, повысилась на $\approx 53\%$. Дальнейшая проверка показала, что использование корректировки по формуле (7) повышает долю объясненной вариации, в контрольных выборках на $\approx 40\%$.

В таблице 3 приведены основные статистические данные по выборке ХО-1 (№5).

После исключения статистически незначимых коэффициентов уравнение (6) для хвойных сортов примет вид:

$$\delta^{\text{корр}} = 1,146V_{\text{прогр}} - 0,01123n^{\text{прогр}} d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}. \quad (9)$$

На рисунке 3 сопоставлены результаты расчета скорректированных оценок объемов партий лесоматериалов с контрольными значениями.

Таблица 3. Статистические данные по выборке ХО-1

Показатель	$n_{\text{прогр}}$ шт.	$d_{\text{ср}}^{\text{прогр}}$ см	$V_{\text{прогр}}$ м ³	$n_{\text{контр}}$ шт.	$V_{\text{контр}}$ м ³	δ , %
N	265	265	265	265	265	265
M	57,136	25,978	18,589	57,102	17,824	4,602
S	9,964	1,959	1,996	9,984	2,122	6,147
A	-0,1175	0,9686	-0,1226	-0,1081	0,1007	0,2920
E	0,2305	2,0742	0,2452	0,1837	0,2151	0,5695
min	27	21,8	12,09	27	11,09	-13,351
max	90	35,1	24,55	90	24,26	25,323
med	58	25,8	18,73	57	17,83	3,917

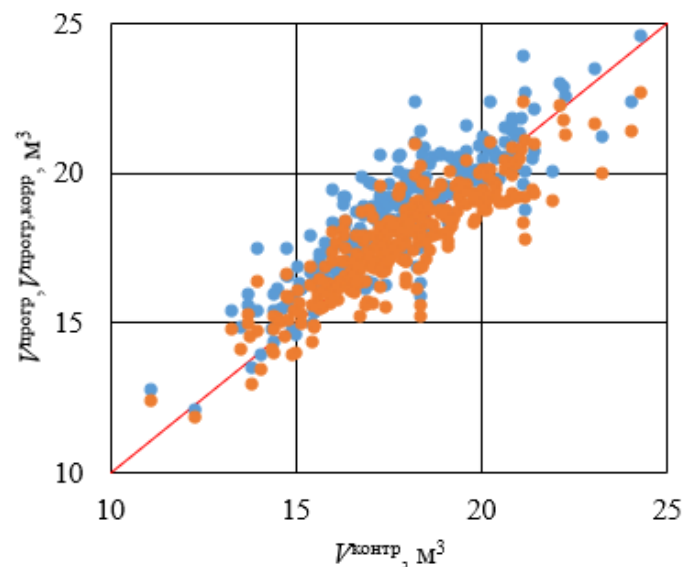


Рисунок 3. Сопоставление результатов оценки объемов партий бревен с контрольными значениями с учетом корректировки (ХО-1)

Как и в предыдущих случаях, использование корректировки по формуле (9) повышает долю объясненной вариации, повышение точности для объема партии хвойных лесоматериалов составляет $\approx 20 - 30 \%$.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования

2. Методика исследования

3. Результаты исследования

**4. Развитие средств учёта и
нормативной базы**

Общие выводы по работе

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ УЧЁТА И НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

1. Особенности текущих условий
2. Обзор мобильных пакетов ПО для носимых ТСД
3. Направления развития дальнейших исследований (контролируемые совокупности)
4. Совершенствование нормативной базы (адаптированные и специализированные)

№ образца	1656828	1656820	1656824
Порода	Ель, пихта	Ель	Ель
Качество	Баланс	Пиловочник	Пиловочник
Длина (м)	6,0	5,2	4,1
КПД	0,627	0,6426	0,6595
Контрольный КПД	0,631	0,651	0,657

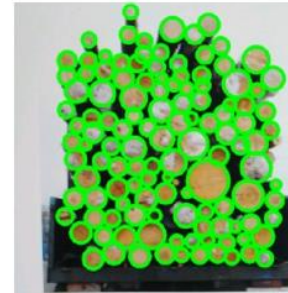


Рис. 1.2

Балансы, ель, пихта, 6 м. Часть брёвен немерные (короткие), их торцы просматриваются в глубине штабеля.
Коэффициент полндревесности штабеля 0,631



Рис. 1.3

Пиловочник, диаметр 10-23 см. Ель. 5,2 м. Коэффициент полндревесности штабеля 0,651

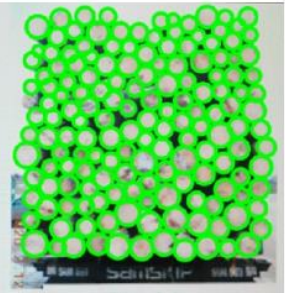


Рис. 1.4

Пиловочник, Ель, 4,1 м. Измеренный коэффициент полндревесности штабеля 0,657

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Состояние вопроса и задачи исследования

2. Методика исследования

3. Результаты исследования

4. Развитие средств учёта и
нормативной базы

Общие выводы по работе

1. Текущая ситуация: смешение требований, целей и задач по различным элементам и системам учёта и шаги правительства по повышению контроля и точности в учёте лесных ресурсов.
2. Научно-технический прогресс обеспечивает отрасль новыми инструментами для измерения и учёта, такими, как инструменты фотометрии для определения количества лесоматериалов по их изображению. Оценку объёма возможно проводить по снимку (2D модели), но требуется доработка ПО
3. При использовании разработанной в ходе работы регрессионной модели по скорректированным программным объёмам доля объяснённой вариации, т.е. точность повышается на 20-30% по хвойным выборкам и до полутора раз по лиственным выборкам.
4. Предложены рекомендации отечественным разработчикам схожих программных продуктов шире пользоваться инструментами математической статистики и конкретными результатами данной работы.
5. Использование данной работы целесообразно в т.ч. и для разработки нормативной документации по учёту КЛМ

О РАБОТЕ

Диссертация на соискание учётной степени кандидата технических наук

4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

Научный руководитель Куницкая Ольга Анатольевна, доктор технических наук, профессор

Цель работы. Повышение точности учёта круглых лесоматериалов на всех стадиях производства за счёт совершенствования процесса определения их объёма с использованием цифровых методов.

Объект исследований. Объём штабелей круглых лесоматериалов на транспортных средствах и на местах складирования.

Предмет исследования. Влияние количественных и размерных факторов в штабелях круглых лесоматериалов (КЛМ) на результаты определения и корректировки объёма по площадям их торцов.

Задачи исследования:

1. Исследовать и адаптировать методику программного определения объема штабеля КЛМ по площадям сечений торцов во взаимосвязи с традиционными методами определения объёма.
2. Разработать программу эксперимента и реализовать производственный эксперимент по программному определению объема КЛМ с учетом возможных дополнительных факторных характеристик штабелей.
3. Проанализировать результаты эксперимента и выявить факторы, влияющие на точность определения объема и оценить возможность корректировки объема КЛМ с учетом наиболее значимых дополнительных характеристик штабелей.
4. Разработать математическую модель влияния размеров КЛМ и их количества в штабеле на точность определения их объёма по площадям сечений торцов во взаимосвязи с традиционными методами определения объёма для обеспечения лучшей сочетаемости методов.
5. Сформулировать рекомендации и перспективы совершенствования технических решений по программному определению объёма круглых лесоматериалов с целью дальнейшего повышения их эффективности.

О РАБОТЕ

Научная новизна. В производственных условиях реализован научный эксперимент по сопоставлению программного и традиционных методов определения объёмов, позволивший разработать математическую модель для повышения достоверности определения объёма КЛМ по площади торцов брёвен с учётом их числа в штабеле и размерности.

Теоретическая значимость. Результаты экспериментов раскрывают влияние дополнительных размерных и численных факторов на точность программного определения объёма КЛМ по площадям их торцов.

Практическая значимость. Разработанная математическая модель и рекомендации по совершенствованию технических решений позволяют повысить точность программных методов определения объёма круглых лесоматериалов в условиях производства и теснее увязать их с традиционными методами определения объёма КЛМ. Путём внесения поправок, определённых на основании предваряющей выборки выработанные рекомендации дают возможность повысить точность определения объёма КЛМ на всех стадиях технологического процесса по площадям их торцов, что с использованием в связке с автоматизацией распознавания и определения площадей торцов позволяет перейти от группового учёта к поштучному, значительно ускорить измерения, учёт и контроль объёмов лесоматериалов, сократить потери и накопление расхождений в учёте.

Достоверность выводов и результатов исследований. Обеспечена проведением экспериментальных исследований в производственных условиях, применением сертифицированного и поверенного оборудования, лицензионного программного обеспечения на всех стадиях исследования, адекватностью математических моделей экспериментальным данным, которая подтверждена методами математической статистики.

Методология и методы исследования. Теоретической основой исследования явились работы ведущих отечественных и зарубежных учёных по повышению точности измерений, определения объёма и учёта круглых лесоматериалов. Программные измерения произведены с использованием мобильного приложения Timbeter, версия 311, на устройствах Redmi Note 9 Pro и Samsung Galaxy Note 10.1 2014 Edition, измерительный эталон - NEO Tools J22, 1м. В работе использованы базовые методы научно-технического познания, математического моделирования, натурального и численного экспериментов, измерения и обработки экспериментальных данных.

На защиту выносятся следующие положения:

- Выявленные в результате эксперимента зависимости и их влияние на точность определения программного объёма КЛМ.
- Разработанная математическая модель, учитывающая влияние факторов числа и размерности брёвен в штабеле на точность определения объёма программными методами по площадям сечений торцов
- Направления и перспективы дальнейшего совершенствования цифрового учёта круглых лесоматериалов на базе технических решений по программному определению объёмов КЛМ.

О РАБОТЕ

Соответствие работы паспорту специальности: диссертация соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»:

1. Параметры и показатели предмета труда в лесном хозяйстве и лесной промышленности как объекта обработки (технологических воздействий); создание информационных баз.
4. Технология и продукция в производствах: лесохозяйственном, лесозаготовительном, лесопильном, деревообрабатывающем, целлюлознобумажном, лесохимическом и сопутствующих им производствах.
6. Автоматизация, роботизация, информатизация управления машинами и системами лесного хозяйства и лесной промышленности.
7. Технологические комплексы, производственные процессы, поточные и автоматические линии, машины и агрегаты в лесном хозяйстве и лесной промышленности.

Сведения о структуре работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы. Общий объем работы – 154 страницы. Диссертационная работа содержит 70 рисунков, 28 таблиц. Список литературы содержит 163 наименования.

Апробация результатов проводилась на Восьмой ВНПК с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2022); ВНПК «Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития» (Красноярск, 2022); IX ВНПК «Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины» (Красноярск, 2022); 86-й НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) «Лесная инженерия, материаловедение и дизайн. Материалы» (Минск, 2022); ВНТК «Эколого-ресурсосберегающие технологии в науке и технике» (Воронеж, 2021); ВНПК, посвященной 65-летию Высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия) и Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2021» «Комплексные вопросы аграрной науки и образования» (Якутск, 2021); Девятой ВНПК с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2023 г.); ВНПК «Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации» (Петрозаводск, 2023).

По материалам диссертации опубликованы: 21 научная работа. 6 статей опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследований также отражены в отчетах по НИР.

Исследования выполнялись в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета, в створе Перечня Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ, (от 07.07.2011 г.) пункт «Рациональное природопользование». Часть материалов работы получена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

В журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Беляев Н.Л., Сафаргалиева С.Ф. Новейшие технологии в таксации заготовленных лесоматериалов как элемент прецизионного лесного хозяйства // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 3. С. 18-25.
2. Куницкая О.А., Беляев Н.Л., Швецова В.В., Рудов М.Е., Григорьев В.И. Развитие цифрового учета круглых лесоматериалов // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 55-63.
3. Куницкая О.А., Беляев Н.Л., Хитров Е.Г. Совершенствование методики программного определения объема партии круглых лесоматериалов для повышения точности результатов её применения // Resources and Technology. 2022. Т. 19. № 1. С. 1-47.
4. Куницкая О.А., Беляев Н.Л., Хитров Е.Г., Пузанова О.А. Результаты экспериментальных исследований программного определения объема партии лиственных лесоматериалов // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 1 (53). С. 99-106.
5. Куницкая О.А., Беляев Н.Л., Хитров Е.Г. Результаты экспериментальных исследований программного определения объема партии хвойных лесоматериалов // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 4. С. 49-59.

В прочих изданиях:

1. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Элементы повышения точности учета сортиментов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Восьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2022. С. 19-21.
2. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. О необходимости повышения точности учета круглых лесоматериалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Восьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2022. С. 18-19.
3. 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 Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редакторы Ю.А. Безруких, Е.В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 74-77.
4. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Инновационные методы импортозамещения в области учета круглых лесоматериалов // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редакторы Ю.А. Безруких, Е.В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 69-73.
5. Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Возможности импортозамещения в сфере цифрового учёта лесоматериалов // Лесозаготовка и комплексное использование древесины. Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2022. С. 62-66.
6. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Современные технологии оптического группового учета круглых лесоматериалов // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн. материалы 86-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). Минск, 2022. С. 50-53.
7. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Перспективные технологии повышения эффективности группового учета круглых лесоматериалов // Эколого-ресурсосберегающие технологии в науке и технике. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Воронеж, 2021. С. 22-26.
8. Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Анализ методов измерений круглых лесоматериалов и их систем учёта в лесном комплексе // Комплексные вопросы аграрной науки и образования. Сборник научных статей по материалам Внутривузовской научно-практической конференции, посвященной 65-летию Высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия) и Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2021». 2021. С. 279-285.
9. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2022 года // Комплексные вопросы аграрной науки и образования. Сборник научных статей по материалам Внутривузовской научно-практической конференции, посвященной 65-летию Высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия) и Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием в рамках «Северного форума – 2021». 2021. С. 265-271.
10. Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Развитие оптических технологий для группового и поштучного измерения и учёта круглых лесоматериалов // Вестник АГАТУ. 2022. № 1 (5). С. 74-85.
11. Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Обоснование необходимости повышения эффективности учета круглых лесоматериалов // Вестник АГАТУ. 2021. № 4 (4). С. 73-79.
12. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Бесконтактные технологии в учёте древесины // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации. Сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2023. С. 12-14.
13. Куницкая О.А., Беляев Н.Л. Измерения и учет круглых лесоматериалов: история и перспективы развития // Вестник АГАТУ. 2023. № 1 (9). С. 58-86.
14. Беляев Н.Л., Куницкая О.А. Аспекты охраны труда и промышленной безопасности при измерении круглых лесоматериалов: сравнение традиционных и дистанционных методов // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2023. № 2. С. 53-60.
15. Беляев Н.Л. Первоочередные задачи перехода на цифровой учёт круглых лесоматериалов // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Девятой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2023.



СПАСИБО

Беляев Николай Львович

Соискатель учёной степени к.т.н.

АГАТУ

n_beliae@mail.ru