

**ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ:  
ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ****Куницкая Ольга Анатольевна***Доктор технических наук, профессор**ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»**г. Якутск, Россия**e-mail: ola.ola07@mail.ru***Беляев Николай Львович***Представитель компании в Российской Федерации, Timbeter OÜ**г. Таллин, Эстония**e-mail: 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 рассматриваются история, современное состояние, и перспективы развития методов измерения и учета круглых лесоматериалов в лесозаготовительном производстве. Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

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

**MEASUREMENTS AND ACCOUNTING OF ROUND TIMBER:  
HISTORY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT****Kunickaya Ol'ga Anatol'evna***Doctor of Technical Sciences, Professor**Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia**e-mail: ola.ola07@mail.ru***Beliaev Nikolai Lvovich***Official representative of company in Russian Federation**Timbeter OÜ, Tallinn, Estonia**e-mail: nikolai@timbeter.com*

**Abstract.** Accounting for harvested wood is an important process of logging production; its accuracy and efficiency largely determine the financial performance of the work. The article discusses the history, current state, and prospects for the development of methods for measuring and accounting round timber in logging production. The work was carried out within the framework of the scientific school "Innovative developments in the field of logging industry and forestry" of the Arctic State Agrotechnological University. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

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

**Введение.** Проблема повышения точности учета заготовленной древесины на всех этапах лесозаготовительного производства по-прежнему остается весьма актуальной. Достаточно часто измерение и учет круглых лесоматериалов проводится на нескольких этапах, от пасеки (харвестером [1-3]) до лесопромышленного склада [4]. Финальным этапом данного процесса является учет круглых лесоматериалов, обычно сортиментов, на биржах сырья потребителей лесопродукции.

Представляет определенный интерес рассмотрение истории развития, современное состояние, перспективы теории и практики в этой сфере, данные литературных источников, и проанализировать методику измерения и учёта этого вида лесопродукции в сложившейся законодательно-нормативной среде с оценкой влияния нормируемых показателей на результаты.

**Материалы и методы исследования.** Материалы данной статьи получены на основании анализа литературных источников, направленного информационного поиска в сети Интернет, анализа практики работы лесопромышленных компаний.

**Результаты.** Измерением принято называть действие, устанавливающее численное отношение между измеряемой величиной и заранее выбранной единицей измерения, которую нередко называют масштабом, или эталоном [4].

Измерения делятся на прямые, образующиеся непосредственно во время измерения, косвенные, где искомая величина получается в результате вычислений по результатам измерений, связанных с искомой величиной, и совокупные, представляющие из себя сочетание предыдущих двух видов измерений [5]. В эпоху цифровых измерений и учёта в связи с автоматизацией измерительного процесса в лесной таксации чаще всего имеют дело с косвенными и совокупными измерениями.

Круглые лесоматериалы, или разделённые на брёвна стволы деревьев с удалёнными сучьями, как геометрическое тело, можно представить как цилиндр, или усечённый конус, но в действительности они являются природными

образованиями сложной формы и требуют особых подходов для точного измерения. Вариантами использования термина «круглые лесоматериалы» являются термины: сортименты, брёвна, кряжи. Деление на брёвна по длине ствола показано на рисунке 1.

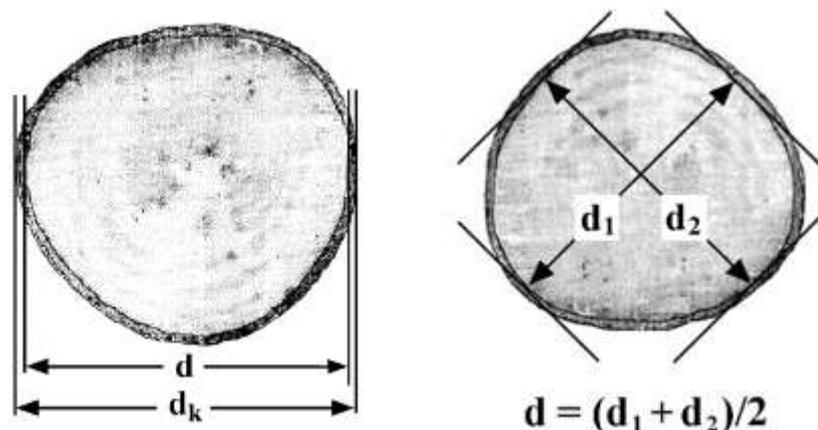


**Рис. 1.** Расположение брёвен по длине ствола

По классификации [6], **Комлевое бревно** – первое от пня бревно, заготовленное из более толстой части ствола. Признаком комлевого бревна является **закомелистость** – резкое увеличение диаметра у нижнего торца комлевого бревна. **Вершинное бревно** – бревно, заготовленное из тонкой части ствола (первое от вершины). **Срединные бревна** – бревна, заготовленные из участка ствола между комлевым и вершинным.

Брёвна, в зависимости от назначения дальнейшего использования, в учётных документах группируются на сортименты. Усложняет задачу по измерению объёма наличие коры, как наружного покрытия ствола дерева, так как по большинству сортиментов определение объёма предполагается без учёта коры. Сортименты в свою очередь подразделяются на деловые и дрова. Традиционно, объём деловых сортиментов измеряется без учёта коры, а дров – в коре. Существуют различия в подходах к определению длины у разных сортиментов [7-10]. Так, у пиловочника и фанерного сырья определяется как **номинальная** длина, установленная спецификацией, по которой производится вычисление объёма и учёт принимаемых сортиментов, так и фактическая, которая обычно на несколько сантиметров больше номинальной, так как включает в себя обязательный **припуск** на обработку, гарантирующий установленную длину конечного изделия. Допустимые отклонения от номинальных размеров лесоматериалов устанавливаются и в других случаях. Отклонение, направленное в сторону увеличения номинального размера, называют **припуском**. Если же отклонения размеров допускаются как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, то они называются предельными отклонениями, а сумма их абсолютных значений – **допуском** [11]. Для балансов и дров обычно припуск не устанавливается, вместо этого нормируется допустимый диапазон длин. Данная особенность имеет значение применительно ко многим методам измерений, так как непосредственно влияет на их результаты. В описании методов измерения

обязательно должно быть указано, с учётом или без учёта коры (как показано на примере диаметров на рисунке 2) произведено то или иное измерение.



**Рис. 2.** Диаметры торца лесоматериалов с корой ( $d_k$ ) и без учёта коры ( $d$ ) и перекрёстные измерения диаметра на торце

В свою очередь, в описании метода измерений указывают, производится ли измерение диаметра (как с учётом коры, так и без) только в одном направлении перпендикулярно продольной оси бревна, или во взаимоперпендикулярных направлениях с усреднением полученного результата. Кроме того, важным является и то, по какой длине (номинальной, или фактической) ведётся учёт. Такое указание для различных документов может быть дано в его тексте, или, в отсутствии специальной оговорки, используется значение «по умолчанию», как это описано выше в тексте данной главы.

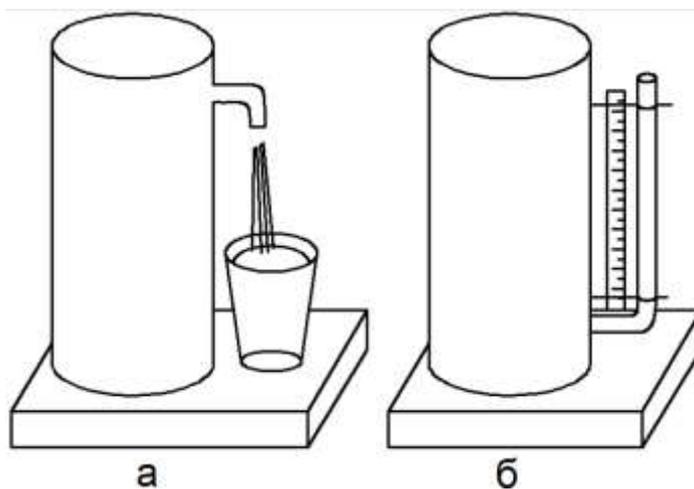
В современной нормативной базе [12] существует **несколько** «параллельных» **методов** измерения объёма лесоматериалов, имеющих **одинаковую силу**. Общей единицей измерения для всех методов является метр кубический ( $m^3$ ), однако выбор конкретного метода измерений отдан на усмотрение хозяйствующих сторон. Применение любого метода измерений будет считаться допустимым (если иное не оговорено специально, например, в договоре сторон), как и определённая с его помощью величина объёма, несмотря на то, что между методами существуют очевидные различия, что выражается в соответствующих расхождениях размерных показателей.

Рассмотрим структуру деления методов измерения лесоматериалов по различным признакам. Методы измерения различаются по типу (групповые и поштучные), по измеряемым величинам (весовые, объёмные или штучные) по скорости измерений, по затратам на осуществление измерений, по точности, по возможностям или степени автоматизации, по цели и назначению (к оплате,

контрольные, промежуточные), по степени распространённости, по географии применения [6, 7, 13, 14].

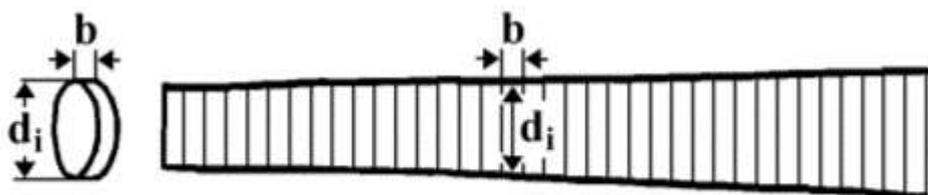
Самый точным методом принято считать **ксилометрический** [5, 15], где объём тела может быть определен по объёму вытесненной им жидкости при погружении в неё, как показано на рисунке 3.

Однако и у этого метода есть неопределённость, которая связана с объёмом коры, для получения объёма сортимента без учёта коры не всегда целесообразно и возможно при измерениях отделять кору от сортимента, и приходится руководствоваться некими поправками, учитывающими объём коры. В промышленной практике такой метод не используется, в том числе и по потенциальному соотношению «цена-скорость измерений», и в основном является инструментом исследователей.



**Рис. 3.** Ксилометрический способ определения объёма с применением внешнего мерного сосуда (а) и сосуда со встроенной мерной шкалой (б)

По мере убывания точности следующим методом можно назвать **секционный**. **Секционный метод** измерений круглых лесоматериалов представляет из себя нахождение объёма путём условного деления бревна на поперечные секции («блинчики») установленной толщины и вычислением объёма бревна как суммы объёмов его секций, показанных на рисунке 4.



**Рис. 4.** Секции бревна, где  $b$  – длина секции,  $d_i$  – диаметр  $i$ -й секции

Индивидуальные секции в различных моделях измерений могут учитываться как цилиндры, или как усечённые конусы. Секционный метод применяется повсеместно как в головках лесозаготовительных машин, так и на измерительно-сортировочных линиях деревообрабатывающих производств. Скорость работы устройств, использующих данный метод измерений, сравнительно невысока, а стоимость измерений, наоборот, высока. Отдельно стоит отметить появление на рынке в составе сортировочных линий рентгеновских датчиков [16], способных производить измерения древесины под корой, что ещё больше повышает точность измерений, и, при более высокой стоимости, предоставляет больше возможностей как для оптимального моделирования раскроя бревна, так и для сверки с другими методами измерений в плане повышения точности этих смежных методов, в том числе в плане определения соотношения древесины и коры.

Любопытным фактом является то, что в практике предприятий лесного комплекса РФ многие устройства измерений, способные выдавать результаты объёма по секциям, настроены на выдачу результата по более простому и традиционному методу таблиц **ГОСТ 2708-75** [14], о котором уместно привести несколько показательных деталей. В 2019 г. отмечалось 150-летие со дня рождения выдающегося лесного ученого и практика конца XIX начала XX в. А.А. Крюденера; одним из его выдающихся трудов, отмеченных присвоением высшего гражданского чина Действительного статского советника, являются таблицы объемов бревен [17, 18]. Изданные им в 1913 г. таблицы для вычисления объема еловых комлевых бревен по верхнему диаметру (обложка приведена на рисунке 5).

Они являются основой применяемого и сейчас для всех пород стандарта **ГОСТ 2708–75** «Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов». До отмены в начале 1990-х гг. обязательного применения стандартов, таблицы объемов бревен по **ГОСТ 2708–75** оставались единственным и обязательным методом поштучного учета бревен на всей территории СССР. Однако в **ГОСТ 2708–75**, в отличие от таблиц А.А. Крюденера, не был предусмотрен учет погрешностей определения объема бревен, обусловленных отклонениями сбега отдельных бревен партии, а также из-за влияния породы и условий произрастания [13].

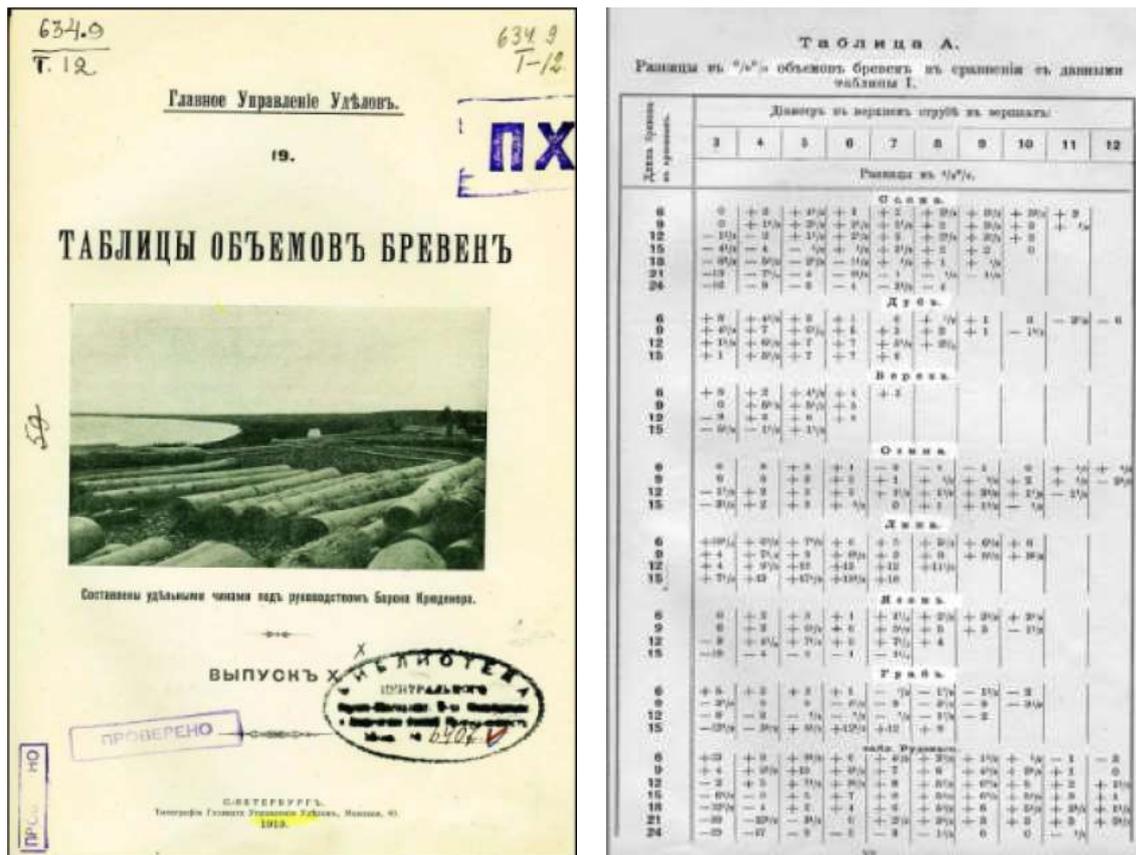


Рис.5. Фрагменты Таблиц объемов бревенъ под редакцией А.А. Крюденера, 1913 г.

Несмотря на явные недостатки и архаичную структуру метода, он всё еще является, пожалуй, самым применимым поштучным методом в практике предприятий лесного комплекса России, и даже если не применяется напрямую, то на него сориентированы другие используемые методы, такие, как **штабельный**, посредством установленных коэффициентов полндревесности. Таблицы ГОСТ 2708-75, с одной стороны, имеют богатую практику применения, хорошо знакомы всему лесному сообществу, просты в использовании, и во многих случаях предлагают достаточную точность определения объёма, но не учитывают форму ствола, его сбег, вследствие чего часто приводят к существенным систематическим ошибкам в определении объёмов лесоматериалов [19].

От одного из самых существенных недостатков метода по ГОСТ 2708-75, отсутствия учёта сбега, избавлен следующий в данном описании **метод концевых сечений**. При этом методе измеряют не только верхинный (верхний), но и комлевой (нижний) диаметры бревна, а его объём вычисляют по формуле Смалиана [5]. Один из его недостатков наиболее очевидно проявляется при измерении комлевых брёвен, так как у комля дерева часто присутствует участок

(закомелистость) ствола с повышенной конусностью, утолщение, влияние которого в [12] предлагается нивелировать при измерении нижнего диаметра и определения площади нижнего поперечного сечения бревна. Метод пригоден для использования как при ручных, так и при автоматизированных измерениях и представляет из себя разумный компромисс между точностью измерений и их соотношением по соотношению скорость/стоимость.

Как своеобразную комбинацию из этих двух методов измерения можно представить себе метод **верхнего диаметра и среднего сбега** [12]. При использовании этого метода измеряют верхний диаметр бревна, а вычисление объёма бревна производят как его функцию от верхнего диаметра и среднего сбега. Определение среднего сбега в этом случае предусматривается на основе предварительных выборочных измерений однородных совокупностей сортиментов. Одним из способов применения этого метода на практике может служить составление таблиц объёмов брёвен по образцу [12], привычного всем «кубатурника», который избавлен от погрешностей предшественника, связанных с отсутствием учёта сбега, но практически ничем не отличается в использовании от привычных таблиц [6]. Оба метода, базирующиеся на верхнем диаметре бревна, пригодны для автоматизации, в т. ч. фотографическим методом, особенно при укладке штабеля в однокомелицу (верхними торцами в одну сторону), и менее трудоёмки при ручных измерениях по сравнению с методом концевых сечений.

Следующим по очереди методом следует упомянуть **штабельный**, проиллюстрированный рисунком 6., где схематично изображена вертикальная торцевая поверхность штабеля,  $L$  – длина штабеля, а  $H_i$  – отметки высот через заданный интервал по длине.

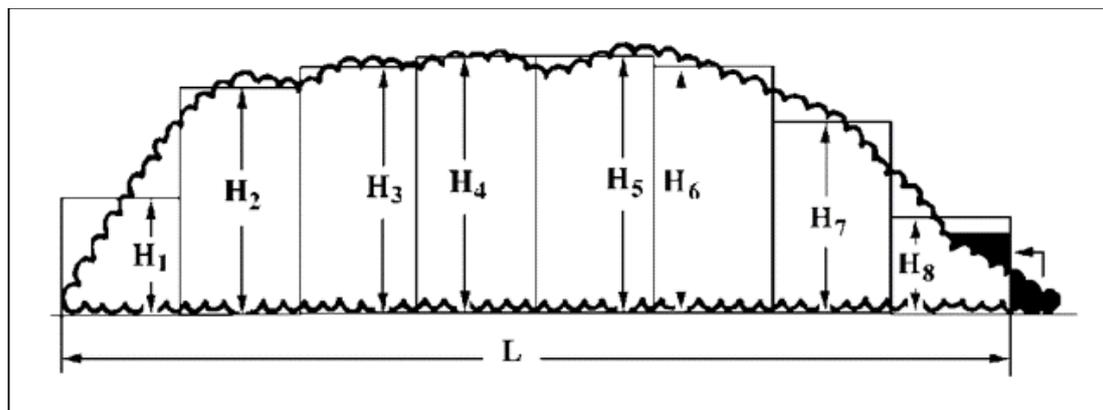
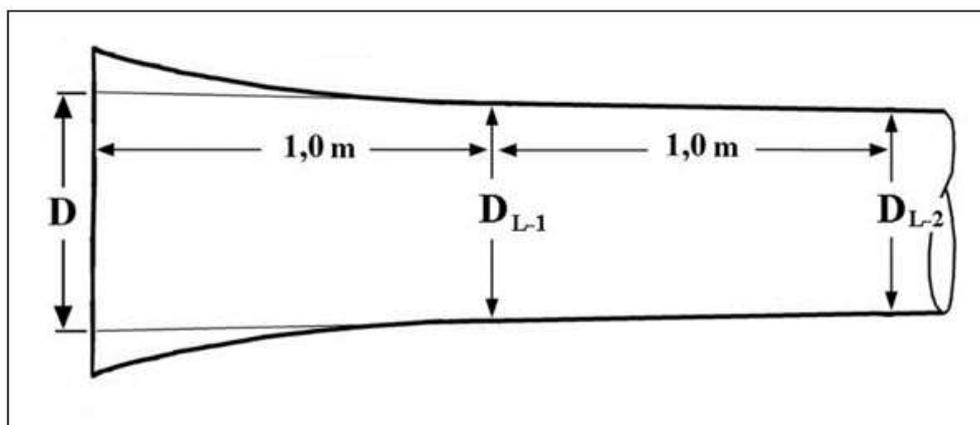


Рис.6. Измерение штабеля на земле по секциям

Штабельный метод измерений относится к групповым, используется для измерения штабелей как на земле, так и на транспортных средствах, и представляет из себя измерение геометрического объёма штабеля, называемого складочным, с последующим его переводом в плотную меру (без пустот и без учёта коры для деловых сортиментов) перемножением складочного объёма на **коэффициент полндревесности (КПД)**. Складочный объём находится путём перемножения длины штабеля на его среднюю высоту, полученную из высот отдельных секций, и на (номинальную) длину сортимента. Коэффициент берётся из справочных материалов, или определяется по выборке предварительно как отношение плотного объёма, определённого для выборки, одним из поштучных методов к объёму (этой же выборки) складочному [6]. Альтернативные методы определения КПД штабеля приведены в [12] и носят название **метода диагоналей** и **метода площадей сечений**. Последний особенно интересен, так как будучи применённым целиком к обеим вертикальным торцевым поверхностям штабеля может быть представлен как **вариация метода концевых сечений** в условиях группового определения объёма. Таким образом, групповой штабельный метод практически превращается в поштучный, хотя и со своими особенностями. В отличие от случая, когда штабель уложен в однокомелицу, и по «вершинной» стороне штабеля можно определить объём, при укладке вразнокомелицу часть торцов одной вертикальной поверхности будет с эффектом **закомелистости**. При поштучном измерении с физическим отделением брёвен друг от друга эффект закомелистости можно компенсировать [12], например, как показано на рисунке 7., где диаметр в нижнем отрубе вычисляется по формуле (1):

$$D = D_{L-1} - (D_{L-1} - D_{L-2}). \quad (1)$$



**Рис.7.** Вычисление нижнего диаметра комлевого бревна по диаметрам на расстоянии 1 и 2 м. от нижнего торца

При нахождении бревна в штабеле учесть такую компенсацию будет затруднительно. Аналогичной погрешностью страдает и описанный там же метод площадей торцов (для определения КПД). Наиболее точным результатом для определения КПД штабеля следует считать вычисление коэффициента путём деления плотного объёма штабеля, определённого одним из опорных методов поштучных измерений на складочный объём этого штабеля, определённого штабельным методом. Задачи повышения точности определения КПД методом площадей торцов (в дополнение к повышению точности объёма) могут быть осуществлены с помощью решений, предложенных в данной работе, на основании выборочных поштучных контрольных измерений.

Следует отдельно остановиться на счётных методах измерений, где единицей измерения количества лесоматериалов являются отдельные брёвна, а также пучки, возы («забойки»), штабеля, транспортные партии. Данные **счётные методы** находят своё применение в тех случаях, когда учёт лесоматериалов ведётся в штуках, например, для учёта столбов, или когда совокупность брёвен имеет известную величину с незначительными отклонениями от среднего значения. Подсчёт штук удобен как с контрольной целью (убедиться, что из точки А в точку Б прибыло известное количество штук). Для контроля перемещения лесоматериалов внутри одного предприятия, когда повышенная точность может быть избыточна. В то же время, в сочетании с более точными контрольными выборочными измерениями, учёт в штуках достижим с достаточной для многих задач точностью. Для этого необходимо помимо непосредственного подсчёта количества (штук) контролировать объём одной штуки выбранной единицы или совокупности.

**Фотографический метод.** В словаре [21] упомянут фотографический метод определения объёма, определяемый как «геометрическое определение объёма круглых лесоматериалов по габаритам и полнодревесности штабеля по его фотографии с учетом их длины». Фотографический, или как его называют некоторые авторы [22], фотометрический метод измерений лесоматериалов, в основе которого лежит принцип цифровой фотограмметрии, по сути, представляет из себя измерения не физического штабеля, а его изображения, **2D модели**. Для измерения важно знать масштаб модели, что достигается установкой эталона, или измерением расстояния при помощи дополнительных датчиков. В отличие от 3D моделирования, плоскостная модель менее требовательна к вычислительному устройству и скорости связи, поэтому она часто используется в полевых условиях. Фотографический метод, кроме плоскостного моделирования, может быть использован и для подсчёта штук, а также для нахождения многочисленных вспомогательных и производных величин.

Кроме счётных и объёмных единиц при измерении лесоматериалов используют и **весовые** методы. Чаще всего, массу определяют у балансовой и топливной древесины, причём учитывают как фактическую массу при влажности в момент измерения, так и массу партии в абсолютно сухом состоянии. Связано это с тем, что продукция передела круглых лесоматериалов, в свою очередь, имеет свои единицы измерения. Для производства целлюлозы и плит важным показателем является масса конечной продукции в абсолютно сухом состоянии. Этот же показатель имеет непосредственное влияние на теплотворную способность топлива. Именно в связи с этими особенностями в деревообработке чаще используют объёмные величины, а в деревопереработке – весовые. Один из вариантов классификации методов измерения объёма лесоматериалов по способу взаимодействия с объектом в процессе измерения предложен [10], приведён на рисунке 8.



**Рис. 8.** Классификация методов измерения объема круглых лесоматериалов по способу взаимодействия с объектом в процессе измерения

Рассматривая все три основных варианта контактных измерений, а именно счётные, объёмные и весовые, следует заметить, что все они имеют право на существование как по отдельности, так и в комбинации друг с другом. Целесообразность таких **комбинаций** рассмотрим ниже, в других главах данной работы.

Важнейшим понятием в теме измерений лесоматериалов является **эталонный, или опорный** метод измерений. Традиционно опорным методом нахождения объёма сортамента является измерение среднего диаметра

сортимента в верхнем сечении (торце, отрубке) 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 (так называемому складочному) объёму группы сортиментов (штабеля) для получения плотного объёма, т. е. эквивалента суммы объёмов всех составляющих штабель сортиментов, найденных опорным методом [23]. В разных источниках статистического, производственного и научного характера авторы оперируют различными размерными величинами, но даже если брать в расчёт только объёмные величины, то не существует единой методики определения объёма круглых лесоматериалов, которая бы служила отправной точкой, например, для определения объёма общей заготовки или переработки по РФ, или однозначной величины для использования в спорных случаях между хозяйствующими субъектами. Видится, что в зависимости от ситуации и от рассматриваемой совокупности лесоматериалов, опорные методы измерений могут быть разными, но **необходим один опорный метод для использования по умолчанию**. Таким методом, по всей видимости, может стать **метод концевых сечений**. Причин для такого выбора несколько. Во-первых, он хорошо пригоден как для автоматизированных, так и для ручных измерений, учитывает сбеги ствола/бревна, хорошо зарекомендовал себя и широко используется в международной практике [24]. В некоторых случаях опорным может выступать секционный метод, например, когда приоритет отдаётся показаниям измерительно-сортировочной линии. Весовой атро-метод [6] может служить опорным для измерения количества балансов и топливной древесины. Для неё же в качестве опорной может использоваться и показатель количества энергии, например мегаватт-час [25, 26]. Назначение той или иной величины опорной не отменяет использование другой единицы измерений, а лишь перемещает другие величины на задний план. При современном развитии цифровых технологий перевод из одной величины в другую, как и параллельное ведение учёта в нескольких единицах не представляет непреодолимой сложности, хотя и создаёт необходимость множественных **конвертаций** из одной величины в другую, попутно обуславливая необходимость обращения к теме о допустимых в каждом случае **погрешностях** такого перевода.

Учёт круглых лесоматериалов. Учёт древесины представляет из себя совокупность операций, включающих измерение объёма древесины, определение видового (породного) и сортиментного состава, оформление результатов учёта [27-29] и базируется на одном или нескольких методах измерений [12].

Как видно из определения, измерения составляют одну часть учёта, кроме того, присутствует определение сопутствующих характеристик, и работа с результатами.

Рассмотрим элементы учёта лесоматериалов представленные на рисунке 9. При делении на **виды** учёта можно выделить следующие: государственный, бухгалтерский, налоговый, таможенный, дорожный/железнодорожный/водный, топливный, сервисный статистический, управленческий, оперативный, для расчётов с контрагентами и др. Кроме того, по отношению к степени контроля учёт можно подразделить по **типу**: на рабочий и контрольный. При этом в качестве контрольного учёта обычно подразумевается более точный метод, в соответствии с результатами которого производятся соответствующие корректировки рабочего учёта.



Рис. 9. Структура основных элементов учёта

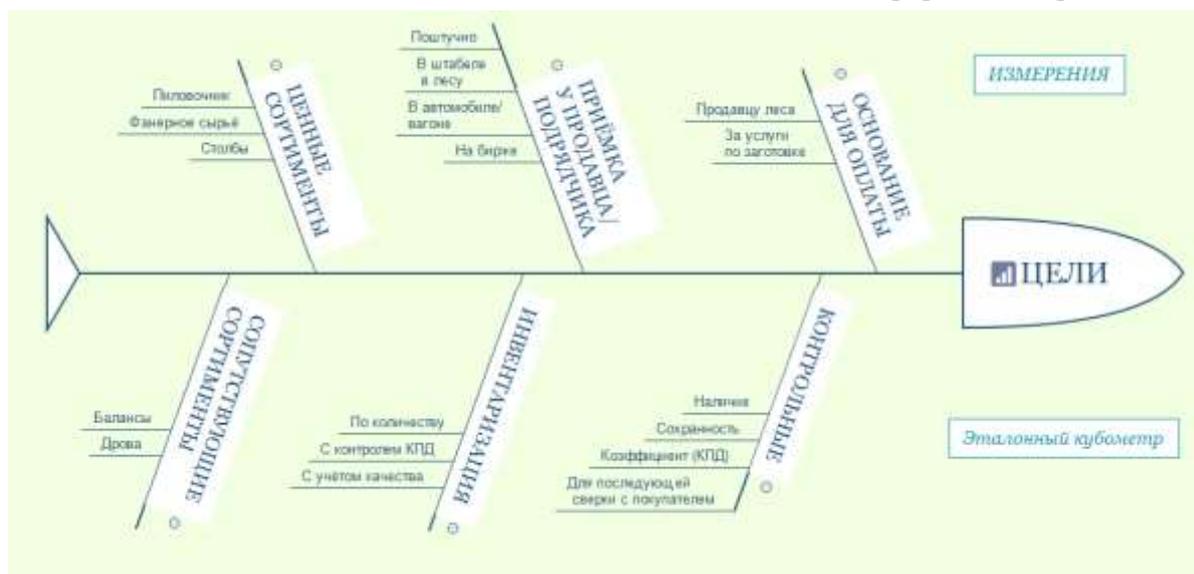


Рис. 10. Связь целей и точности учёта

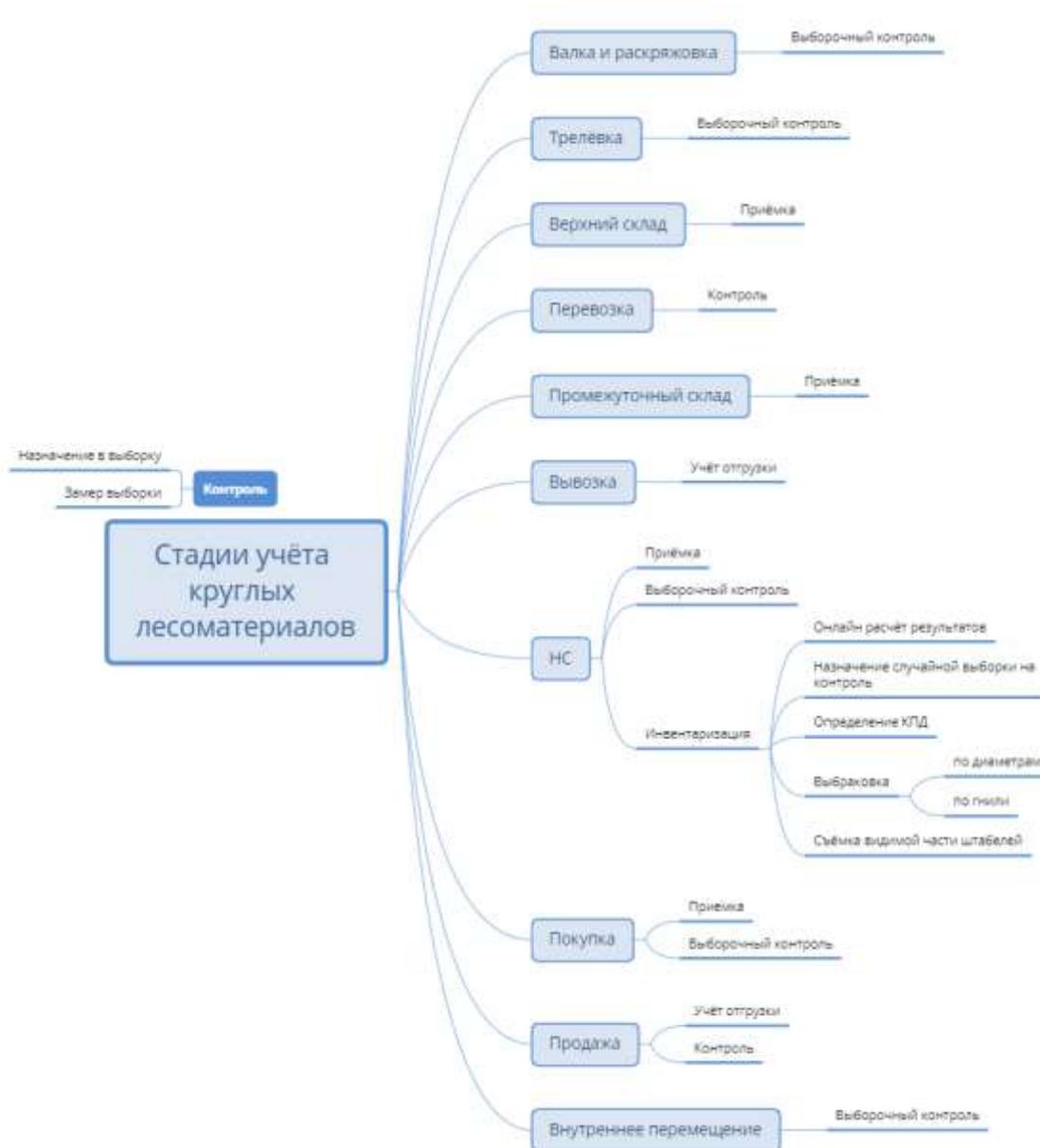
Деление по **видам** учёта основывается на понимании их целей и задач. Некоторые из видов учёта имеют целью расчёт с контрагентами и государством. Речь может идти о начислении и уплате налогов, таможенных платежей, стоимости товаров и услуг. В таких случаях требуется повышенная точность измерений и учёта, в то время как для контрольных или статистических целей, не связанных напрямую с денежными выплатами, чаще всего достаточно меньшей точности, а соответственно, и меньших затрат на учётные операции.

Отдельные элементы учёта будем разбирать более подробно далее. Разнообразие **целей** учёта и их связь с требуемой точностью представлены на рисунке 10. В верхней части схемы цели и элементы учёта, требующие более высокой точности, а ниже оси – менее требовательные к точности операции.

Итак, основаниями для отнесения учёта к категории с большей или меньшей требовательностью к точности служат три основных показателя: **ценовая группа** сортиментов, наличие или отсутствие **оплаты товаров и/или услуг** по данным учёта, и тот факт, присутствует ли **смена собственника** или ответственного лица. Те же соображения резонны и при рассмотрении стадий учёта, для чего рассмотрим пример технологических процессов по цепи поставок от лесосеки до производства, представленной на рисунке 11.

На схеме рисунка 11 видно чередование приёмочных и контрольных учётных операций по этапам производственных процессов предприятия лесного сектора. Проследим за потоком учётных данных. В компьютере **харвестера** формируется накопительный файл данных по заготовленной древесине в разрезе заготовленных сортиментов по лесосеке. Эти данные чаще всего являются предварительными, и используются в лучшем случае для целей управленческого

учёта, тогда как для оплаты работ, товаров и услуг применяются редко, без следования лучшим международным практикам. Основная функция – контрольная. На стадии **трелёвки** обычно учёт присутствует минимальный, а основные учётные операции начинаются с верхнего склада (погрузочного пункта), где и производится первичный коммерческий учёт, по результатам которого может производиться оплата подрядчикам, работникам, а иногда и продавцам лесоматериалов. На следующих этапах учитывают перевезённую древесину, в том числе и с учётом перевалки на **промежуточном** складе, если такой присутствует в логистической цепочке. В наиболее распространённом случае **окончательная приёмка**, или окончательный коммерческий учёт производится непосредственно на предприятии – получателе. Данные окончательной приёмки могут влиять, или учитываться обратно по ходу цепочки поставок вплоть до лесосеки и оплаты услуг подрядчика или работы оператора. Условно, если на делянке заготовлено  $1100 \text{ м}^3$ , весь лес перевезен на предприятие, и по результатам принято  $1000 \text{ м}^3$ , то первичная цифра в  $1100 \text{ м}^3$  может быть скорректирована с учётом окончательной приёмки до  $1000 \text{ м}^3$ , в соответствии с которой и будет произведена оплата. Те же стадии, первичная и окончательная, присутствуют при продаже лесоматериалов от одной компании другой.



**Рис.11.** Стадии учёта круглых лесоматериалов по цепи поставок

В соответствии с обычаями делового оборота [25] или в соответствии с договором купли-продажи, **приёмка у продавца** является предварительной, а окончательной будет являться **приёмка у покупателя**. Для этой цели на нижних складах, лесных биржах, складах сырья комбинатов лесного сектора осуществляют операции **приемки-учета** заготовленной или купленной древесины [8].

Крупные и средние лесопромышленные компании во многих случаях заключают договоры с независимыми экспертными компаниями, такими, как НЭК или «Шмидт энд Олофсон», которые работают в десятках локаций по всей России от Калининграда до Камчатки.

Таким образом, отдельными стадиями учёта могут рассматриваться **первичная** (сбор и регистрация измерений) и **последующая**, охватывающая стадии расчёта и формирования промежуточных и выходных документов [30] в зависимости от требований учётной системы. **Учётная система** в контексте учёта лесоматериалов чаще всего оформлена в виде одной из информационных систем управления ресурсами предприятия (ERP). Примерами таких систем могут служить 1С, (Российская Федерация и страны бывшего СССР), SAP (международная информационная учётная система), уже упоминавшаяся ЛесЕГАИС, в т.ч. с её мобильным приложением ЛесЕГАИСmobile, и другие системы на базе мобильных устройств, такие, как Timbeter, Smart Timber и другие, где обработка данных и учёт ведутся во внутренней учётной системе, но при этом могут быть легко переданы в другую учётную систему через синхронизацию по протоколу API. **Государственный учёт** древесины и сделок с ней в дальнейшем планируется перевести на новую информационную платформу ФГИС ЛК (Федеральная Государственная информационная система лесного комплекса [31].

Что касается общих целей учёта, то основных категорий в целеполагании две. Они зависят от того, будут ли на основании учётных данных производиться какие-либо платежи: налоговые, таможенные, за проданный товар или оказанные услуги. Наличие или отсутствие оплаты, а также её размер определяют требуемую точность учёта. Как правило, чем больше сумма к оплате, тем большая точность требуется. По отношению к учёту с контрольными целями требования к точности обычно более низкие, но и они зависят от стоимости учитываемого имущества, чем дороже – тем большая подразумевается степень требуемой точности.

Другими важными элементами учёта являются **место** и **время** тех или иных учётных действий. Примеры мест учёта и продвижение этих операций по временной шкале рассмотрены на примерах выше. Что касается такого временного параметра, как **периодичность** учёта, то традиционно выделяют категории: непрерывно, однократно, ежемесячно, ежеквартально, ежегодно, полесосечно. Зависит периодичность учёта от целей и задач в рамках учётных систем.

**Точность измерений и учёта.** Немаловажным элементом учёта является его точность. Требования к точности варьируют на разных этапах производственного процесса.

В ИСО 5725 для описания точности метода измерений используют два термина: "**правильность**" и "**прецизионность**". Термин "**правильность**" характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному или принятому опорному значению, термин "**прецизионность**" - степень близости результатов измерений друг к другу.

[32]. Кроме того, точность можно представить как функцию погрешности. Чем меньше погрешность по отношению к учётному показателю, тем более высока его точность.

На точность учета, безусловно, влияют как сами измерения, так и обработка их результатов. Чаще всего, степень точности тех или иных показателей находится в обратной зависимости от погрешностей, допущенных при их измерении и учёте. Измерения без погрешностей невозможны. Для круглых лесоматериалов вследствие неправильной формы брёвен и штабелей, особенностями экспертной оценки показателей учёта и необходимостью визуальной оценки части из них, как и изменениями во времени по части показателей, погрешности измерений превышают погрешности измерений для других товаров [20]. Как отмечено в источнике, показатели круглых лесоматериалов представляют собой случайные величины со значительными коэффициентами вариации. Погрешности измерений могут носить как систематический, так и случайный характер. Если систематические составляющие погрешности по своему характеру постоянны по знаку и величине, то случайные, ввиду большого количества факторов учёта, часто обладают слабо предсказуемыми отклонениями результатов. Чтобы снизить случайную погрешность, приходится прибегать к увеличению объёмов выборочных измерений, что сопровождается увеличением непроизводительных расходов на измерения.

Существует общая зависимость о большей достижимой точности поштучных методов измерений по сравнению с групповыми. В свою очередь, справедливо и утверждение о том, что большая точность измерений влечёт за собой как правило большую стоимость и меньшую скорость измерений. Хозяйствующие субъекты и государственные органы подходят к задаче по достижению оптимальной точности исходя, в том числе из экономических соображений. В результате, как уже отмечено ранее, по цепочке поставок и по соответствующей ей цепочке учёта присутствуют несколько последовательных наборов данных, учтённых с базированием на различных методах измерений.

Подразумевается, что все эти параметры для корректной работы систем нормируются и закрепляются на производственном предприятии в виде документа, такого, как **регламент, политика, стандарт предприятия**.

Среди нормируемых показателей точности измерений используют **предельную погрешность** измерений, допустимую для той или иной задачи, **доверительную вероятность** соблюдения предельной погрешности, **наименьшее количество** лесоматериалов в партии, для которого применима установленная погрешность. Существуют и обязательные к исполнению для участников лесных отношений документы, как [27], где в рамках действия одной

конкретной учётной системы, ЛесЕГАИС, закреплены такие понятия, связанные с точностью учёта, как погрешность, воспроизводимость и дебаланс. Под воспроизводимостью в свете норм документа понимают расхождения между последовательными измерениями одним и тем же методом, под погрешностью – расхождения между рабочим методом измерений и более тщательным опорным методом, а дебалансом считается расхождение по складу между данными контрольного инвентаризационного измерения и данными о наличии этих же товаров по учёту.

Одним из наиболее очевидных способов снижения расхождений в учёте является усиление контроля, т. е. рост доли контрольных измерений по отношению к рабочим, вплоть до полного перевода всех измерений на опорный метод измерений. Однако, по естественным причинам, такой перевод далеко не всегда является экономически целесообразным, а кроме того, достаточная точность учёта может быть обеспечена и другими подходящими инструментами, одним из которых является **метод выборочного контрольного учёта сортиментов**. Суть метода заключается в том, что для **контролируемой совокупности** лесоматериалов, которые следует измерить и учесть, производятся последовательный рабочий учёт транспортных единиц (штабелей) с использованием одного из рабочих, как правило, групповых методов. По ходу измерений часть уже учтённых **рабочим методом** партий (штабелей) случайным образом выбирается для повторного контрольного учёта более точным, **опорным методом**, как правило, поштучным. Данные контрольного учёта сравниваются с соответствующими данными рабочего учёта на предмет выявления и классификации погрешностей с использованием элементов математической статистики. По достижении целевых статистических показателей выборки (требуемого числа выборочных контрольных измерений) делается вывод о возможности распространения выявленных по результатам выборочного учёта показателей на всю контролируемую совокупность лесоматериалов, для компенсации погрешностей рабочего учёта и таким образом, для повышения его точности.

Далее приведём несколько терминов и утверждений, касающихся метода выборочного контрольного учёта, относительно погрешностей и используемых статистических показателей, в трактовке Курицына А.К., наиболее последовательного поборника метода [20].

«**Погрешность измерения** объёма  $\Delta_V$  сортимента в выборке: разность между объёмом отобранного в выборку штабеля сортимента, измеренного одним из рабочих методов  $V_P$ , и объёмом этого штабеля, измеренным опорным методом концевых сечений  $V_K$ , выраженная в процентах от опорного объёма  $V_K$ ; то есть:  $\Delta_V = (V_P - V_K) / V_K \times 100$  (%)».

«**Случайная погрешность** измерения объёма сортимента - составляющая погрешности измерения объёма сортимента в штабеле выборки, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при учёте единиц выборки (штабелей), отбираемых из партий учитываемого сортимента. Влиянием случайных погрешностей обусловлено распределение погрешностей отдельных измерений объёма в выборке вокруг средней погрешности. Погрешности измерения объёма брёвен обычно имеют распределение, близкое к нормальному. Показателем случайной погрешности является стандартное отклонение погрешности».

«**Средняя погрешность** измерения объёма сортимента в выборке  $\Delta_{VB}$  - разность между общим объёмом сортимента в выборке, измеренным одним из рабочих методов  $V_{PB}$ , и объёмом выборки, измеренным опорным методом концевых сечений  $V_{KB}$ , выраженная в процентах от объёма по методу концевых сечений, то есть:  $\Delta_{VB}=(V_{PB}-V_{KB})/V_{KB}\times 100$  (%)».

«**Систематическая погрешность** измерения объёма сортимента - составляющая погрешности измерения объёма, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при учёте штабелей выборки, отбираемых из контролируемой совокупности сортимента. Количественным показателем систематической погрешности является средняя погрешность».

«**Стандартное отклонение погрешности** измерения объёма в выборке,  $S_{\Delta V}$ : Показатель рассеивания погрешности отдельных измерений объёма в выборке вокруг среднего значения (рисунок 12). Стандартное отклонение погрешности измерения объёма в выборке вычисляют по формуле:

$$S_{\Delta V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta_{Vi} - \Delta_{VB})^2}{(N - 1)}}, (\%) \quad (2)$$

где:  $S_{\Delta V}$  - стандартное отклонение погрешности измерения объёма сортимента в выборке, %,

$\Delta_{Vi}$  - погрешность  $i$ -го измерения объёма сортимента в выборке, %,

$\Delta_{VB}$  - средняя погрешность измерения объёма сортимента в выборке, %,

$N$  - число единиц в выборке (измерений объёма сортимента), шт.».

«**Доверительные границы погрешности** отдельных измерений объёма в выборке: Верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с вероятностью 0,95 (в 95% случаях из 100). При нормальном распределении погрешностей измерения объёма нижняя граница доверительного интервала равна  $V_{CP}-2S_{\Delta V}$  ( $m^3$ ), а верхняя граница доверительного интервала равна  $V_{CP}+2S_{\Delta V}$  ( $m^3$ ).» Кривая нормального распределения погрешностей измерения из [20] приведена на рисунке 12.



**Рис. 12.** Кривая нормального распределения погрешностей измерения объема брёвен и основные статистические показатели погрешностей объема сорта

«**Воспроизводимость результатов измерения** объема сорта - отклонение  $\Delta_B$  объема партии сорта при первом учёте рабочим методом (например, при отгрузке)  $V_1$  от объема при повторном учёте этой же партии рабочим методом  $V_2$  (например, при приёмке на складе назначения или при инспекционном контроле) в процентах от объема по повторному учёту  $V_2$ , то есть:  $\Delta_B = (V_1 - V_2)/V_2 \times 100$ . При отсутствии контрольного учёта и сведений о погрешностях измерения объема партий сортов, погрешности проявляются через воспроизводимость».

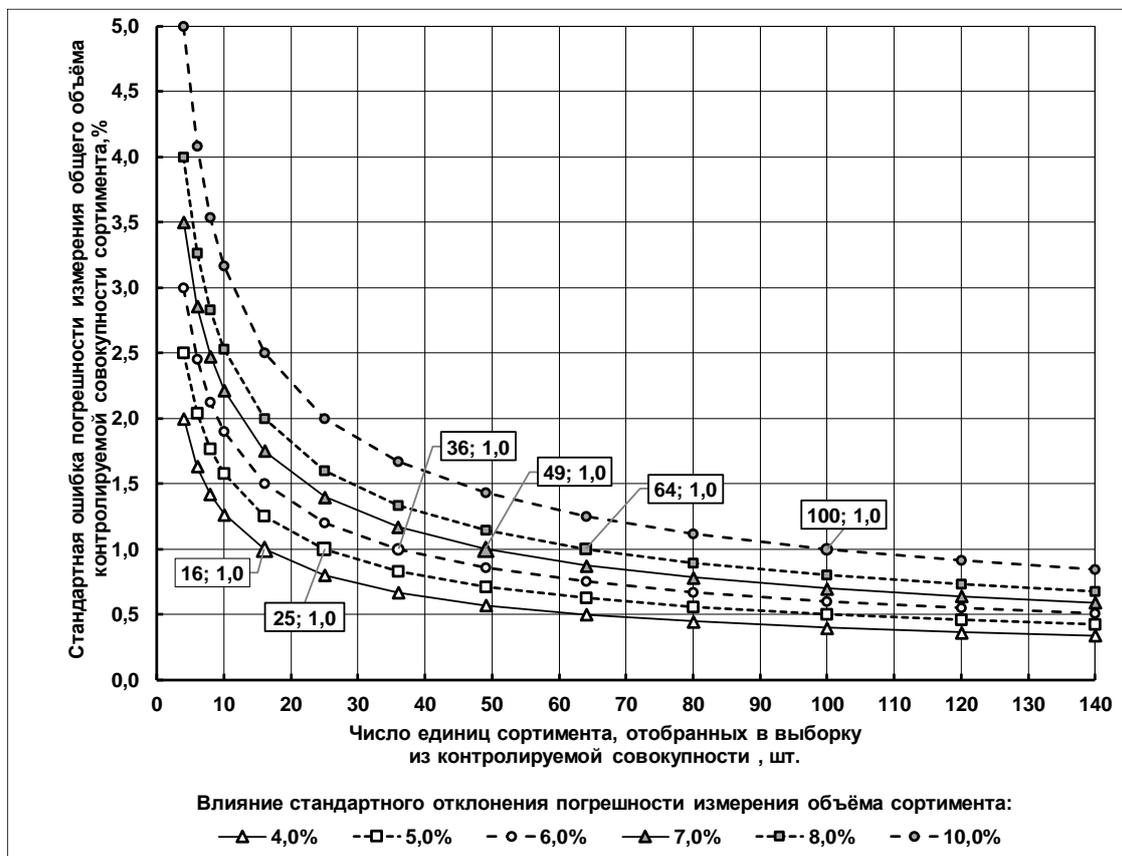
«**Стандартная ошибка** измерения систематической погрешности объема в выборке  $\epsilon_{\Delta C}$ : зависит от стандартного отклонения погрешности измерения объема в выборке  $S_{\Delta V}$  и уменьшается обратно пропорционально корню квадратному значению числа измерений объема в выборке  $N$ , то есть:

$$\epsilon_{\Delta C} = \frac{S_{\Delta V}}{\sqrt{N}} \times 100, (\%) \quad (3)$$

В соответствии с [20], рисунок 13 показывает, как уменьшается стандартная ошибка с увеличением числа измерений в выборке при нескольких вариантах стандартного отклонения погрешности измерения объема сорта.

«Требование к **стандартной ошибке измерения** средней погрешности объема в выборке,  $\epsilon_{\Delta C}$  - значение средней погрешности объема в выборке считается достоверным и может быть использовано для контроля и регулирования погрешностей рабочего учёта партий контролируемой совокупности сорта, если значение стандартной ошибки погрешности измерения объема сорта в выборке не превышает 1,0%, то есть ( $\epsilon_{\Delta C} \leq 1,0\%$ )». Поскольку величины погрешностей измерений в источнике [20], приведённые выше выражены в

процентах, то они численно совпадают или близки к показателю, также применяемому в контрольном выборочном учёте, коэффициенту вариации, как следует из [6].



**Рис. 13.** Кривые уменьшения стандартной ошибки погрешности измерения объема в контролируемой совокупности с увеличением числа измерений в выборке

В таблице 1 из [6] видно, как изменяется показатель стандартной ошибки при различных типичных значениях коэффициента вариации, близкого по значению к стандартному отклонению погрешности измерения объема выборки, выраженному в процентах, в зависимости от объема лесоматериалов по договору (как одного из вариантов контролируемой совокупности) и числа штабелей в выборке. Для примера отклонений по объёму и стоимости транспортных партий по результатам учёта при отгрузке и при приёмке покупателем, приведём рисунок 14 [6].

Значительные отклонения по объёму и стоимости партий между результатами при отгрузке и при приёмке не являются следствием нарушения сохранности лесоматериалов при транспортировании, а потери стоимости не

связаны со снижением качества в процессе транспортировки. Основная причина этих отклонений – погрешности учёта [6].

Таблица 1

### Число штабелей балансов в выборке по ТУ 13-2-3-00

Объём по договору (контракту), м <sup>3</sup>	Число штабелей в выборке $n$ , шт. и стандартная ошибка определения объёма по договору $E$ , % при различных коэффициентах вариации $v_k$					
	$v_k = 4,0\%$		$v_k = 6,0\%$		$v_k = 8,0\%$	
	$n$ , шт.	$E$ , %	$n$ , шт.	$E$ , %	$n$ , шт.	$E$ , %
2500	4	2,00	9	2,00	16	2,00
10000	10	1,26	10	1,90	16	2,00
15000	10	1,26	13	1,66	16	2,00
30000	16	1,00	21	1,31	25	1,60
50000	23	0,83	30	1,09	36	1,33
100000	36	0,67	47	0,88	57	1,06
200000	57	0,53	74	0,70	90	0,84
300000	74	0,46	97	0,61	118	0,74
400000	89	0,42	118	0,55	143	0,67
500000	104	0,39	137	0,51	166	0,62

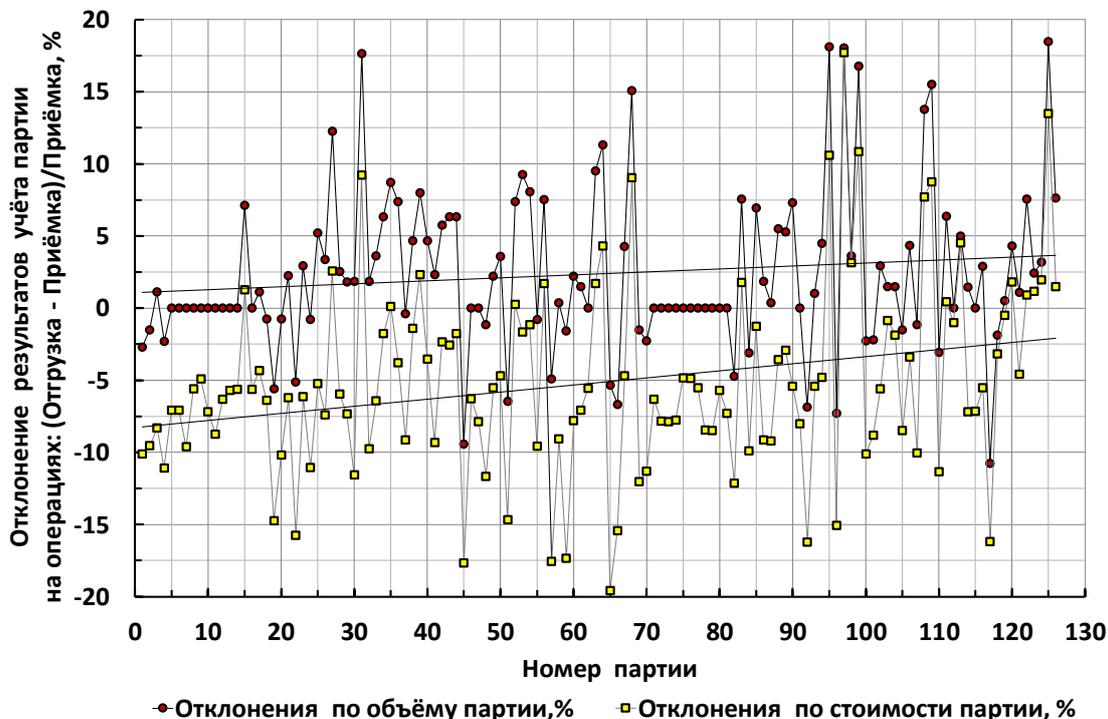
По результатам проведённого анализа важнейших понятий в сфере учёта древесины, разберём их на примере именно ЛесЕГАИС, как одной из наиболее поздних по времени появления существующих учётных систем, состоящей во взаимосвязи с другими учётными системами и видами учёта. Данную информационную систему можно охарактеризовать как государственную контрольную систему учёта по обороту древесины.

В первую очередь в свете этого раздела будут интересовать директивно установленные для этой учётной системы погрешности измерений. Действующие нормативы согласно [27] приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы, вследствие понимания высокого уровня погрешностей, свойственных круглым лесоматериалам, как группе товаров, уже на законодательном уровне для них установлен широкий диапазон допускаемых погрешностей, от  $\pm 15\%$  до  $\pm 3\%$  в зависимости от размера партии сортиментов. Естественно, столь широкие диапазоны погрешностей приемлемы не для всех случаев, и участники учётных взаимоотношений всячески заинтересованы в снижении погрешностей учёта древесины на всех стадиях процесса учёта.

Кроме погрешностей учёта, в системе ЛесЕГАИС регламентируется наличие и некоторые характеристики других учётных данных – место, время, ответственное лицо, транспортное средство, наименование сортимента, объём в м<sup>3</sup>. Есть понятия: опорного метода измерений, маршрута, собственника, отправителя, получателя, нормируются не только допускаемые погрешности, но и другие возможные расхождения по объёмам (в том числе воспроизводимость и

дебаланс), регламентирован порядок и нормы учёта, существуют понятия рабочего и контрольного учёта, есть упоминания о контролируемой совокупности лесоматериалов и выборке, присутствует возможность первичного учёта при отгрузке и корректировки объёма по результатам приёмки при повторном учёте в точке назначения [27].



**Рис.14.** Пример отклонений результатов учёта при приёмке от результатов учёта при отгрузке (в процентах от результата учёта при приёмке) для 126 автомобильных партий берёзового фанерного кряжа

Учётным документом на текущем этапе является **электронный сопроводительный документ (ЭСД)**. Данные, обрабатываемые в ЛесЕГАИС, пересекаются на различных уровнях с данными других информационных систем, например, 1С, дублируя и повторяя друг друга. Находясь на стадии становления, система ЛесЕГАИС в каких-то случаях может становиться вместилищем первичных учётных данных, в других случаях туда попадают вторичные учётные данные. Например, для генерации ЭСД в неё могут заноситься данные через вспомогательный модуль системы 1С.

**Допускаемые погрешности измерения объёма партии сортимента**

<b>Измерение партии сортимента групповыми рабочими методами</b>							
Объем партии сортимента, м <sup>3</sup>							
от 15,00 до 29,99	от 30,00 до 59,99	от 60,00 до 119,99	от 120,00 до 199,99	от 200,00 до 299,99	от 300,00 до 449,99	от 450,00 до 599,99	от 600,00 и более
Допускаемая погрешность измерения объем от объема партии, %							
±15,0	±12,0	±8,8	±6,5	±4,8	±4,0	±3,4	±3,0
<b>Измерение партии сортимента поштучными рабочими методами</b>							
Объем партии сортимента, м <sup>3</sup>							
от 10,00 до 14,99	от 15,00 до 29,99	от 30,00 до 59,99	60,00 до 119,99	от 120,00 до 199,99	от 200,00 до 299,99	От 300 до 399,99	от 400 и более
Допускаемая погрешность измерения объем от объема партии, %							
±12,0	±8,0	±6,6	±5,2	±4,2	±3,5	±3,1	±3,0

**Заключение.** Из предшествующего материала становятся ясны основные элементы текущей ситуации по учёту лесоматериалов:

Фактическая ситуация по отрасли в предприятиях и организациях лесного сектора в плане теории и практики учёта крайне разнородна и фрагментирована.

Методы измерений не систематизированы, и формально допускается одновременное использование различных методов измерений без обеспечения их единства. Единая нормативная и законодательная база, которые действовали бы для всех участников взаимоотношений с круглыми лесоматериалами, отсутствует. Если требования по отдельным системам учёта, таким, как таможенная, или государственная информационная система ЛесЕГАИС, начали формироваться, то их содержание часто не соответствует друг другу, а иногда входит в прямое противоречие между собой. Отдельные элементы учёта с должной ответственностью зафиксированы в нормативных документах крупных и средних предприятий, у мелких предприятий и индивидуальных предпринимателей дела с этим обстоят хуже. Продавцы и покупатели лесных товаров и услуг, как и

контролирующие их органы, могут вести и контролировать учёт лесоматериалов в различных единицах и по различным методикам.

Смешение самых различных целей, задач, видов и систем учёта на этапах производственных процессов предприятий отрасли по звеньям цепочки поставок приносит излишнюю суету и отсутствие порядка, что закономерно приводит к неэффективному расходованию средств субъектов лесных взаимоотношений на учёт, заставляя использовать избыточные требования к точности учёта на всех этапах, из-за чего часто упуская контроль на наиболее критичных участках.

### Литература

1. 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.
2. Григорьев И.В., Куницкая О.А., Давтян А.Б. Современное технологическое оборудование валочных и харвестерных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 7. С. 9-16.
3. Рудов С.Е., Григорьев И.В. Пути повышения эффективности работы систем машин для сортиментной заготовки древесины // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 168-169.
4. Пятакин В.И., Редькин А.К., Базаров С.М., Бирман А.Р., Бит Ю.А., Григорьев И.В., Шадрин А.А., Чемоданов А.Н. Технология и оборудование лесных складов и лесообрабатывающих цехов: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 656300 Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств по специальности 250401 Лесоинженерное дело / Москва, Издательство: Московский государственный университет леса - 2008. – 384 с.
5. Анучин Н. П. Лесная таксация: учеб. для вузов; 6-е изд. / Н. П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.
6. Курицын А.К. Круглые лесоматериалы. Справочное пособие. М.: ООО Лесэксперт, 2006. - 153 с.
7. Курицын А.К. Сортиментация древесины и учёт сортиментов. Особенности и обычаи делового оборота сортиментов, которые должны учитываться при разработке системы управления оборотом сортиментов в Российской

- Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://les.expert/2021/05/12/index.pdf>. Дата обращения (04.05.2022).
8. Шпак В.В., Ледовский И.Н., Бессараб Г.А., Артемьев В.В., Вохмянин Н.А., Никитина И.С. Методика определения объема круглых лесоматериалов в многорядных штабелях на складах и лесных терминалах // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы Международной научно-технической конференции. 2017. С. 89-91.
  9. Рогозов Ю.И., Самойлов А.Н. Определение направлений разработки автоматизированных систем измерения объема круглого лесоматериала // Известия ТРТУ. 2007. № 1 (73). С. 166-170.
  10. Самойлов А. Н. Классификация и определение основных направлений развития методов измерения объема круглого лесоматериала // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2006, № 24(8). [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/13.pdf>. (дата обращения 17.01.2023).
  11. Бит Ю.А., Вавилов С.В. Измерения объёмов круглого леса. Справочник. СПб, «Профикс», 2008. – 100 с.
  12. ГОСТ 32594-2013. Лесоматериалы круглые. Методы измерений. М.: Стандартинформ, 2014, - 52 с.
  13. Курицын А.К. Единая методика измерения объема круглых лесоматериалов // ЛеспромИнформ, № 3 (69), 2010. С. 78.
  14. Курицын А.К., Курицын А.А. Особенности, правила и алгоритмы учёта древесины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [http://les.expert/2017/2017-06-01\\_wood\\_accounting\\_system\(concept\).pdf](http://les.expert/2017/2017-06-01_wood_accounting_system(concept).pdf). (дата обращения 07.04.2022).
  15. Лесная таксация и лесоустройство / А. В. Вагин, Е. С. Мурахтанов, А. И. Ушаков, О. А. Харин. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 368 с.
  16. Рентгеновские сканеры для лесопиления и фанерного производства. Экономика производства. Доклад на онлайн-конференции «Лесные технологии» 23.11.2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://st.alestech.ru/files/4e507ed7a31c39869c86488293f6c294/Андрей%20Савостьянов%20Рентгеновские%20сканеры%20для%20лесопиления%20и%20фанерного%20производства.%20Экономика%20производства.pdf>. (Дата обращения 22.04.2022).
  17. Мерзленко М. Д. Артур Артурович Крюденер // Устойчивое лесопользование, 2004. № 4 (6). С. 47–48.
  18. Мигунова Е.С. Создатели лесотипологической классификации А.А. Крюденер и Е.В. Алексеев // Лесное хозяйство, 2009. № 2. С. 13–14.

19. 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.
20. Курицын А.К. Комментарии по пунктам Постановления правительства РФ № 2128 от 30 ноября 2021 года "О порядке определения характеристик древесины и учёта древесины". [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://les.expert/2021/12/14/index.pdf>. (дата обращения 15.02.2022).
21. Международный стандарт. Лесоматериалы – Круглые и пиленные лесоматериалы – Словарь. 2013. С. 27–28. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: [http://les.expert/DOC/ISO\\_24294-2013.pdf](http://les.expert/DOC/ISO_24294-2013.pdf). (дата обращения 15.10.2019).
22. Солдатов А.В., Герц Э.Ф., Теринов Н.Н. Исследование фотометрического метода измерений объема круглых лесоматериалов. // Леса России и хозяйство в них. 2018. № 4 (67). С. 73-77.
23. Стариков А.В., Батурин 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.
24. Курицын А.К. Проблемы учета круглых лесоматериалов и варианты их решения // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. Материалы международной научно-практической конференции. Сер. "Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства" Санкт-Петербург, 2011. С. 209-220.
25. Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R., & Mencuccini, M. (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/512732>. Дата обращения (06.09.2021).
26. 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.
27. Правила определения характеристик древесины и учета древесины. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2128 "О порядке определения характеристик древесины и учета древесины".

- [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://docs.cntd.ru/document/727251252>. Дата обращения (27.01.2022).
28. Григорьев И.В. Параметры и показатели работы перспективного форвардера для малообъемных лесозаготовок // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 4 (40). С. 21-25.
  29. 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.
  30. Вариводина И.Н., Якунина А.П. Анализ и сравнение опыта учёта круглых лесоматериалов в России и за рубежом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-3 (8-3). С. 146-149.
  31. Герц Э. Ф., Уразова А. Ф. Внедрение ЕГАИС как один из методов государственного регулирования рынка лесной продукции // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. — 2019. — С. 10–16
  32. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения. М., 2009. 24 с.