

# ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

# **ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Учебное пособие

УДК 630.5(075.8)

ББК 43.62я73

Л150

Рецензенты:

Лаборатория экологии техногенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН, зав. лабораторией, д-р с.-х. наук *С. Л. Менищikov*;

*П. А. Моисеев*, д-р биол. наук, зав. лабораторией геоинформационных технологий ИЭРиЖ УрО РАН

Авторы: З. Я. Нагимов, И. В. Шевелина,

В. З. Нагимов, И. Н. Артемьева

Л150 **Лесотаксационные измерения** : учебное пособие / [З. Я. Нагимов и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. – 95 с.

ISBN 978-5-94984-802-9

В соответствии с современными достижениями лесной науки и лесохозяйственного производства изложены теоретические основы, описаны технические приемы и методы измерения таксационных показателей отдельных деревьев и древостоев. Рассмотрены конструктивные особенности, достоинства и недостатки лесотаксационных приборов и инструментов. Обобщены достижения последних лет в области таксационных измерений и создания современной приборной базы лесосучетных работ.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Лесное дело». Оно также представляет интерес для аспирантов, работников ФБГУ «Рослесинфорг» и широкого круга специалистов лесного комплекса.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.5(075.8)

ББК 43.62я73

ISBN 978-5-94984-802-9

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2021

© Нагимов З. Я., Шевелина И. В.,  
Нагимов В. З., Артемьева И. Н., 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ТАКСАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ .....	6
1.1. Виды измерений .....	6
1.2. Измеряемые показатели. Единицы и точность измерений .....	6
1.3. Ошибки измерений .....	9
1.4. Математико-статистическая обработка результатов измерений. Необходимое число измерений .....	11
2. ТЕХНИКА ТАКСАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.	
ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ .....	13
2.1. Инструменты и приборы для измерения длины ствола (его частей) и линий на местности .....	13
2.2. Инструменты и приборы для измерения диаметра стволов .....	15
2.2.1. Классические инструменты и приборы .....	15
2.2.2. Современные устройства .....	23
2.3. Инструменты и приборы для измерения высоты растущих деревьев .....	31
2.3.1. Тригонометрический принцип определения высоты. Высотомеры, построенные по этому принципу.....	32
2.3.2. Геометрический принцип определения высоты дерева. Высотомеры, построенные по этому принципу.....	49
2.3.3. Оптический принцип определения высоты дерева. Высотомер, базирующийся на этом принципе.....	53
2.3.4. Электронные и лазерные высотомеры .....	54
2.4. Инструменты и приборы для определения возраста деревьев и их прироста по диаметру .....	66
2.5. Инструменты и приборы для определения суммы площадей поперечных сечений деревьев .....	72
2.5.1. Теория круговых пробных площадей В. Биттерлиха .....	73
2.5.2. Инструменты и приборы для определения абсолютной полноты древостоев .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

Директивные документы и федеральные программы последних лет в области лесного хозяйства и лесоустройства предусматривают переход на новые методы инвентаризации лесов, формы управления и пользования ими. В современных условиях эффективная организация хозяйства в лесу возможна только при наличии полной и достоверной информации о количественных и качественных характеристиках лесов. В нашей стране такие сведения получают в процессе выполнения лесоинвентаризационных и лесочетных работ, технологии и методы которых описываются в учебниках по таксации леса.

Интенсивное развитие современных информационных технологий, широкое применение при обработке и передаче лесной информации компьютерной техники и прикладных программ, активное внедрение геоинформационных систем, методов дистанционного зондирования Земли и цифровых технологий в таксацию леса не только не отменяют, а, наоборот, повышают требования к знаниям и умениям работников леса в области проведения таксационных измерений и эффективного использования современных измерительных приборов.

Таксация леса связана с оценкой большого количества показателей деревьев и древостоев. При этом используются различные виды измерений. Только зная природу и особенности динамики измеряемой величины, можно разработать технику и методику ее измерения, а также предложить конструкцию необходимых для этого инструментов (приборов).

Все это побудило авторов подготовить данное учебное пособие, которое является дополнением к существующим учебникам и учебным пособиям по таксации леса и предназначено для организации обучающимися самостоятельной работы и углубленного изучения вопросов, связанных с техникой и методами измерения показателей отдельных деревьев, их частей и совокупностей. Большое внимание в пособии уделено устройству, конструктивным достоинствам и недостаткам лесотаксационных приборов и инструментов, обобщены достижения последних лет в области таксационных измерений и в производстве современных лесотаксационных приборов и инструментов.

Обучающимся полезна будет подробная информация об электронных и лазерных приборах, продолжающих поступать на отечественный рынок, несмотря на высокую цену импорта.

Пособие структурировано с учетом измеряемых таксационных показателей деревьев, сортиментов и древостоев. Приборы и инструменты, применяемые при лесотаксационных измерениях, рассмотрены с объединением в следующие группы в зависимости от назначения:

- для измерения длины ствола и его частей у срубленных деревьев, а также длины линий в лесу;
- для определения диаметров стволов растущих и срубленных деревьев и диаметров лесных сортиментов;
- для определения высоты растущих деревьев;
- для определения возраста деревьев и их прироста по диаметру ствола;
- для определения сумм площадей поперечных сечений древостоев.

В пособии приведена также полезная информация о видах, единицах, точности и ошибках измерений, а также о математико-статистической обработке результатов измерений.

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с требованиями ФГОС и учебного плана по направлению обучения «Лесное дело», программы дисциплины «Таксация леса» с учетом достижений лесной науки и практики в области оценки лесных ресурсов.

## 1. ТАКСАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

### 1.1. Виды измерений

Под измерением понимается процесс установления численного соотношения между измеряемой величиной и известной единицей измерения (эталоном, масштабом). Различают несколько видов измерений: прямые, косвенные, совокупные и автоматизированные.

**Прямыми** называются измерения, в процессе которых результат получают на основе сравнения измеряемой величины с мерой этой величины на шкале приборов и инструментов (например, измерение диаметра ствола мерной вилкой).

**Косвенными** считаются такие измерения, при которых искомый показатель устанавливается расчетным путем на основе известной зависимости между ним и показателями, определяемыми прямым измерением (например, определение объема ствола по его длине и диаметрам на различных сечениях).

**Совокупными** называются измерения, сочетающие прямые и косвенные измерения с различными условиями и мерами измерений (например, определение запаса древостоев по аэрофотоснимкам).

**Автоматизированные** измерения связаны с применением различных приборов, устройств и программно-измерительных комплексов (например, измерения показателей ствола с применением программно-измерительного комплекса Field-Map).

При таксации леса используются все эти четыре вида измерений.

### 1.2. Измеряемые показатели.

#### Единицы и точность измерений

Объекты лесной таксации характеризуются определенными таксационными показателями. Одни из них можно установить на основе прямых измерений (например, диаметр ствола). Они называются измеряемыми. Другие показатели определяются косвенно на основе последующих расчетов (например, объем ствола).

Основные таксационные показатели объектов таксации, их символика, единицы измерения приведены в таблице.

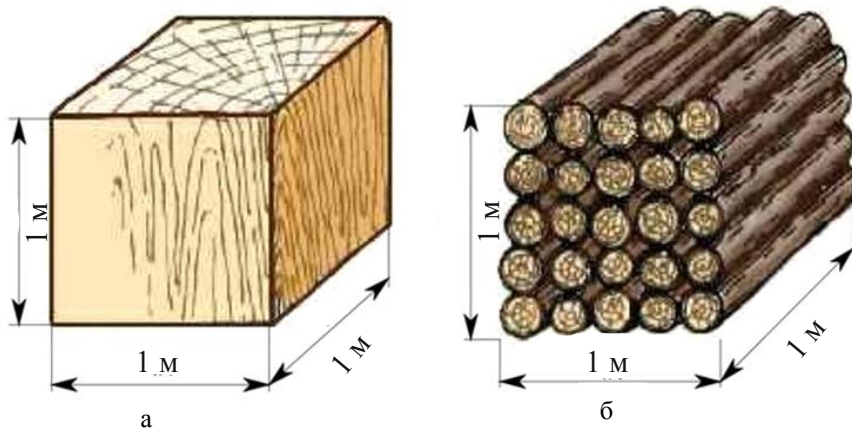
В лесной таксации установлены следующие единицы измерений: для длины и высоты ствола – метр (м), для диаметра – сантиметр (см), для площади поперечных сечений деревьев – сантиметр квадратный (см<sup>2</sup>) или метр квадратный (м<sup>2</sup>), для объема и запаса – метр кубический (м<sup>3</sup>), для массы (фитомассы) – килограмм (кг), для площади – метр квадратный (м<sup>2</sup>) и гектар (га).

## Основные таксационные показатели объектов таксации, их символика, единицы и точность измерения

№ п/п	Объект таксации	Измеряемая величина	Символ	Размерность
1	Отдельное дерево	Возраст	$A$	Год
		Длина срубленного дерева	$L, l$	м
		Высота	$H, h$	м
		Диаметр	$D, d$	см
		Площадь поперечного сечения	$G, g$	м <sup>2</sup>
		Объем ствола или его части	$V, v$	м <sup>3</sup>
		Видовое число	$F, f$	Доли единиц
		Коэффициент формы	$q$	Доли единиц
		Класс формы	$q$	Доли единиц
		Приросты	$Z_T$	Еденица измерения показателя
		Товарная структура		%
2	Совокупность отдельных деревьев	Число деревьев	$N$	шт.
		Запас	$M$	м <sup>3</sup>
		Товарная структура		%
3	Сортименты	Число сортиментов	$N$	шт.
		Объем	$V$	м <sup>3</sup>
4	Древостой элемента леса	Средний возраст,	$A_{cp}$	лет
		Средняя высота	$H_{cp}$	м
		Средний диаметр	$D_{cp}$	см
		Полнота абсолютная	$\sum G$	м <sup>2</sup> /га
		Запас	$M$	м <sup>3</sup> /га
		Густота	$N$	шт./га
		Класс товарности		Балл
		Запас фитомассы	$M_i$	кг/га
5	Ярус древостоя	Запас	$M$	м <sup>3</sup> /га
		Состав	–	Дециль
		Средняя высота	$H_{cp}$	м
		Полнота абсолютная	$\sum G$	м <sup>2</sup> /га
		Полнота относительная	$P$	Доли единиц
6	Насаждение	Преобладающая порода	Нач. буква	–
		Класс возраста	Рим. цифра	Класс
		Класс бонитета	Рим. цифра	Класс
		Тип леса	–	–
7	Лесотаксационный участок	Площадь земель	$S$	га



При определении объема или запаса различают *плотный* кубический метр и *складочный*. Плотный кубический метр представляет собой метровый куб ( $1 \text{ м} \times 1 \text{ м} \times 1 \text{ м}$ ), целиком занятый древесиной. Складочный кубический метр имеет те же размеры, что и плотный, но включает в себя, помимо древесины, пустоты между сложенными сортаментами (см. рисунок).



Плотный (а) и складочный (б) кубометры

В плотных кубометрах определяются объемы растущих деревьев, крупных, средних сортиментов, пиломатериалов и запасы древостоев. Дрова, хворост, сучья, мелкие деловые сортименты (балансы, рудничная стойка) учитываются в складочных кубометрах. Учет древесины редких пород (самшит, саксаул) и сортиментов неправильной формы (болванки) может производиться в весовых единицах.

Таксационные показатели объектов учета леса определяются с принятой точностью. Высота и длина стволов отдельных деревьев измеряются с точностью до  $0,1 \text{ м}$ , диаметр – до  $0,1 \text{ см}$ , площадь поперечных сечений – до  $0,0001 \text{ м}^2$ , объем – до  $0,0001 \text{ м}^3$ . Для большого числа деревьев и древостоев высота определяется в целых метрах, диаметр – по ступеням толщины (величина ступеней толщины принимается в зависимости от среднего диаметра древостоя и может составить  $0,5$ ,  $1$ ,  $2$  и  $4 \text{ см}$ ), сумма площадей поперечного сечения – с точностью до  $0,01 \text{ м}^2$ , а объем и запас – до  $1 \text{ м}^3$ . При глазомерной и глазомерно-измерительной таксации сумму площадей поперечного сечения устанавливают с дробностью  $0,5 \text{ м}^2/\text{га}$ , а запас с дробностью  $5$  или  $10 \text{ м}^3$ .

Измерения показателей отдельных деревьев проводятся с большей точностью, чем показателей древостоев. При таксации большого числа деревьев (древостоев) ошибки измерений равновероятны как в большую, так и в меньшую сторону. Ошибки с разными знаками взаимно компенсируются, и конечный результат получается с достаточно высокой точностью.

## 1.3. Ошибки измерений

Появление ошибок неизбежно при любых измерениях. Величину ошибки определяют на основе сопоставления результатов измерения с истинным значением показателя. Истинным может считаться значение, полученное на основе более точного метода, или как среднее по результатам значительного числа измерений.

Различают ошибки *абсолютные* и *относительные*. Абсолютными называются ошибки, которые выражаются в тех же величинах, что и измеряемые показатели. Они определяются по формуле

$$\Delta_T = T_{изм} - T_{ист}, \quad (1.1)$$

где  $\Delta_T$  – абсолютная ошибка;

$T_{изм}$  – измеренная величина показателя;

$T_{ист}$  – истинная величина показателя.

Относительными называются ошибки, выраженные в процентах от истинного значения измеряемого показателя. Они определяются по формуле

$$P_T = 100 (T_{изм} - T_{ист}) / T_{ист}, \quad (1.2)$$

где  $P_T$  – относительная ошибка.

При измерениях могут появиться три вида ошибок: грубые, систематические и случайные (среднеквадратические).

*Грубой* называется ошибка, существенно превышающая ошибку, оправданную условиями измерения. Возникает она в результате небрежности, невнимательности или переутомления исполнителя. Грубые ошибки бывают значительными по величине, поэтому легко обнаруживаются при анализе полученных результатов. Устраняются они повторным измерением, а при возможности сокращения числа измерений – исключением из исходного материала.

*Систематической* называется ошибка, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях. Она всегда с одним знаком. Причиной ее возникновения могут быть неисправность приборов и инструментов (неправильно показаны цифры делений на мерной вилке, укороченные или более длинные рулетки после их ремонта и др.), неточность справочных таблиц или их несоответствие природе леса, индивидуальные особенности исполнителя (плохое зрение, неправильная постановка глазомера). Вследствие этих причин систематическая ошибка постоянно повторяется в процессе измерений. Поэтому ее абсолютная величина возрастает с увеличением числа измерений. Например, при использовании в процессе измерения расстояния укороченной на 20 см (после неправильного ремонта) рулетки при каждом измерении получим значение на 20 см меньшее. Чем больше измерений будет сделано такой рулеткой, тем больше будет абсолютная (суммарная) ошибка.

Систематическую ошибку можно устранить путем прибавления ее с обратным знаком к результату каждого отдельного измерения.

*Случайными* называются ошибки, обусловленные таким рассеиванием результатов, когда различия между величинами отдельных измерений индивидуально непредсказуемы, а какие-либо присущие им закономерности проявляются лишь на значительном числе измерений.

Эти ошибки неизбежны и неустранимы, имеют различные знаки. Причины их возникновения не поддаются точному учету. Например, при повторных измерениях длины одного и того же дерева будут получаться разные значения, незначительно отличающиеся друг от друга и имеющие разные знаки по отношению к среднеарифметической величине, полученной на основе всех измерений.

Для характеристики случайной ошибки применяется стандартное отклонение – среднее отклонение отдельных вариантов ряда от среднего значения данного признака. Оно характеризует степень рассеяния значений признака и вычисляется по формуле

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{N-1}}, \quad (1.3)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение;

$\sum x^2$  – сумма квадратов отклонений отдельных измерений от их среднеарифметической величины;

$N$  – число измерений.

Случайные ошибки обладают следующими основными свойствами:

1) свойством ограниченности – при данных условиях измерений абсолютная величина ошибки не может превышать некоторого предела (предельной ошибки, равной тройной величине стандартного отклонения);

2) свойством компенсации – при увеличении числа измерений алгебраическая сумма всех ошибок стремится к нулю, так как положительные и отрицательные ошибки взаимно компенсируются;

3) свойством симметричности – встречаемость ошибок с положительными и отрицательными знаками равновероятна;

4) закономерным распределением по величине – большие по величине ошибки встречаются реже, чем малые, и тем реже, чем они больше.

При большом количестве измерений распределение случайных ошибок подчиняется нормальному закону Гаусса–Лапласа. В соответствии с этим законом 68,3 % измерений будут иметь ошибку, не превышающую  $\pm 1\sigma$ , 95,5 % –  $\pm 2\sigma$  и 99,7 % –  $\pm 3\sigma$ . Таким образом, максимальная ошибка отдельного измерения практически не выходит за пределы  $\pm 3\sigma$ .

## 1.4. Математико-статистическая обработка результатов измерений. Необходимое число измерений

Основными параметрами совокупности являются среднее значение, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации признака и их основные ошибки. Измерения (наблюдения) как правило заканчиваются определением этих показателей и точности опыта.

*Среднее значение (M)* является обобщающей величиной. Оно указывает на то, какое значение признака наиболее характерно (типично) для данной совокупности. Существует несколько способов определения среднего значения, которые рассматриваются в курсах обучения по вариационной статистике.

Среднее значение не обеспечивает полной характеристики совокупности, так как главной особенностью совокупности является наличие разнообразия между ее членами (вариации). Объективным показателем, характеризующим вариацию признака, является *стандартное отклонение*, которое определяется по формуле (1.3).

Вследствие варьирования признака между его средним значением в выборочной совокупности и действительным средним значением в

генеральной совокупности всегда будет некоторое расхождение. Оно называется основной ошибкой среднего значения ( $m$ ) и определяется по формуле

$$m = \frac{\sigma}{\sum N}. \quad (1.4)$$

С увеличением числа измерений (наблюдений) ошибка среднего значения признака уменьшается, и, следовательно, увеличивается точность опыта.

Для сравнения вариации признаков, выраженных в различных единицах измерения или резко отличающихся по величине среднего значения, определяется коэффициент вариации ( $V$ ):

$$V = 100 \frac{\sigma}{M}. \quad (1.5)$$

Процент расхождения между средними значениями признака в генеральной и выборочной совокупностях называется точностью опыта ( $P$ ). Она определяется по формуле

$$P = 100 \frac{m}{M}. \quad (1.6)$$

При заранее установленной точности опыта, располагая величиной коэффициента вариации признака, можно определить необходимое число измерений по формуле

$$N = t \frac{V^2}{P^2}, \quad (1.7)$$

где  $t$  – критерий Стьюдента (при достоверности 0,68  $t = 1,00$ ; при 0,95  $t = 1,96$ , при 0,99  $t = 2,58$ ).

При производственных таксационных работах достаточной является достоверность результатов 0,68. При этом в 68 % всех случаев среднее значение в выборочной совокупности отличается от его величины в генеральной не более, чем на однократную точность опыта. Предельное расхождение между средними значениями как правило не превышает трехкратного значения точности опыта.

## **2. ТЕХНИКА ТАКСАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ**

Приборы и инструменты, применяемые при лесотаксационных измерениях, в зависимости от назначения можно объединить в следующие группы (Захаров, В. К., 1967; Анучин Н. П., 1971; Нагимов З. Я. и др., 2013; Нагимов З. Я. и др., 2019):

- для измерения длины ствола и его частей у срубленных деревьев, а также длины линий в лесу;
- для определения диаметров стволов растущих и срубленных деревьев и диаметров лесных сортиментов;
- для определения высоты растущих деревьев;
- для определения возраста деревьев и их прироста по диаметру;
- для определения сумм площадей поперечных сечений деревьев.

### **2.1. Инструменты и приборы для измерения длины ствола (его частей) и линий на местности**

При измерении длины ствола (его частей) и линий на местности применяются складные метры, мерные шести, рулетки, мерные ленты, мерные тросы с отметками, дальномеры.

Складные метры (длиной от 1 до 3 м) и рулетки (от 5 до 50 м) имеют широкое применение в различных сферах деятельности, в том числе при измерениях в лесу. Цена деления их 1 мм или 1 см.

Мерные шести имеют оптимальную длину 3 м (могут быть телескопическими общей длиной 15–20 м) со шкалой 1, 2 или 5 см. Допускается изготовление их непосредственно в лесу. Деления наносятся через 10 см.

Мерные ленты представляют собой металлические полоски длиной до 30 м, намотанные на обод. В комплект входят 5 шпилек. Шкала имеет цену деления 10 см.

Мерные тросы имеют преимущество перед рулетками и лентами. Они при длительном использовании не растягиваются и не ломаются.

В последние годы в измерительную таксацию активно внедряются электронные и лазерные дальномеры (Нагимов З. Я. и др., 2019). Наибольшее применение имеют следующие приборы:

- ультразвуковой дальномер Haglof DME 201 (диапазон измерений) 0–20 м, точность  $\pm 1-10$  см);

- безотражательный дальномер Vardage Pro Sport (диапазон измерений) 0,2–500 м, точность  $\pm 0,5$  м);
- безотражательные дальномеры DISTO (несколько марок с диапазоном измерений от 0,2 до 200 м и точностью от  $\pm 0,1$  мм до  $\pm 1,5$  мм);
- дальномер-высотомер TruPulse 360°B (имеет семь режимов измерений, дальность измерений до 1000 м, точность  $\pm 0,3$  м);
- лазерный дальномер LRE 1000 (диапазон измерений 0,9–275 м, точность от 2,5 см при длинах до 9 м и до 40 см при длинах свыше 200 м);
- дальномер Impulse-200 (дальность измерений до 570 м, точность до  $\pm 3$ –5 см).

Принцип работы лазерного дальномера основан на измерении времени прохождения лазерного луча от излучателя дальномера до цели и обратно до приемника. Зная скорость распространения луча лазера и время его прохождения, можно определить расстояние от дальномера до цели. Большинство современных моделей дальномеров кроме измерения расстояния позволяют определять и высоту объектов. Дальномеры, имеющие функцию определения высоты, называют также гипсометрами.

Лазерные дальномеры достаточно просты в применении. Их устройство и техника измерения расстояний с их помощью подробно освещены в инструкциях, входящих в комплект поставки. Ниже (в разделе, посвященном измерению высот) рассмотрены устройство и принципы работы дальномера TruPulse 360 В, который наиболее часто применяется на практике и входит в комплект некоторых измерительных комплексов. Приведенная информация по этому дальномеру дает представление об особенностях определения расстояния лазерными приборами и упростит освоение других дальномеров.

При измерениях в лесу хорошие результаты обеспечивает шведский нитевой длинномер Walktax (рис. 2.1). Корпус прибора сделан из прочного морозостойкого пластика, что позволяет использовать его в любое время года.

Перед измерением расстояния необходимо открыть крышку прибора, обернуть хлопчатобумажную нить четыре раза вокруг мерного ролика и ее конец продеть в специальную прорезь для нити.

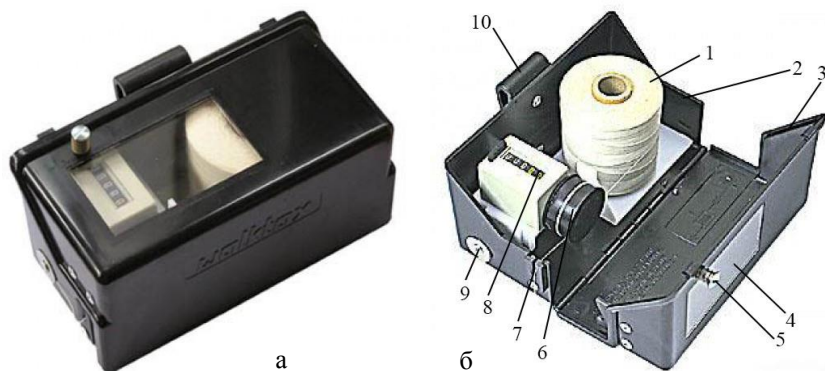


Рис. 2.1. Нитевое измерительное устройство Walktax:

а – общий вид; б – устройство;

- 1 – катушка с нитью; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – смотровое окно;  
 5 – кнопка обнуления счетчика; 6 – мерный ролик; 7 – прорезь для нити;  
 8 – счетчик; 9 – устройство для обрезания нити;  
 10 – зажим для крепления на поясе

При измерении конец нити привязывается к первому реперному столбу, обнуляется счетчик (кнопкой обнуления), совершается переход с прибором к следующему столбу и на счетчике прибора снимается пройденное расстояние. При больших объемах работы предусмотрена замена нити. Длина нити прибора, ограничивающая дальность непрерывного измерения, составляет 2500 м, точность измерения расстояний – 0,5 %.

## 2.2. Инструменты и приборы для измерения диаметра стволов

### 2.2.1. Классические инструменты и приборы

Определение диаметров древесных стволов и отдельных их частей (сортиментов) осуществляется с применением *мерных скоб*, *мерных вилок* и *шаблонов*.

*Мерная скоба* предназначена для измерения диаметра торца бревен. Она представляет собой брусок длиной 80 см (рис. 2.2).

На одной стороне бруска нанесены сантиметровые деления, а на другой – полусантиметровые. Один конец бруска заканчивается ручкой, на другом конце укреплена металлическая пластинка с выступом. Выступ служит для фиксации скобы на торце бревна при измерении его толщины.



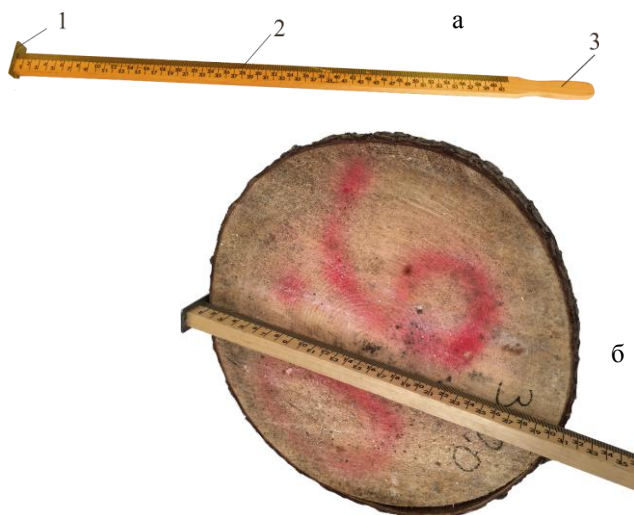


Рис. 2.2. Мерная скоба (а) и обмер ею диаметра бревна (б):  
1 – выступ; 2 – шкала; 3 – ручка

При измерениях мерную скобу прикладывают к торцу бревна так, чтобы линейка проходила посередине среза, а железный выступ упирался в край среза. Деление линейки, с которым совпадает противоположный край среза, показывает толщину бревна в месте измерения.

Диаметры ствола, его частей и круглых сортиментов измеряются *мерной вилкой*. Причем диаметры стволов растущих деревьев принято измерять на строго определенной высоте – на высоте 1,3 м от шейки корня. Эта высота соответствует уровню груди среднего человека и является наиболее удобной при измерениях. Поэтому в лесной таксации диаметр дерева, измеренный на высоте 1,3 м, называется диаметром на высоте груди. Высота 1,3 м от шейки корня определяется с нагорной стороны.

Стандартная мерная вилка имеет вид штангенциркуля (рис. 2.3). Она состоит из мерной линейки и перпендикулярно расположенных к ней ножек – неподвижной, закрепляемой к линейке стопорным винтом, и подвижной. На мерной линейке с одной стороны нанесена шкала с ценой деления 1 см (цифры даны через 4 см), с другой стороны – 0,5 см (цифры через 2 см). Деления на мерной линейке называются степенями толщины и могут быть различной величины:

- при 1-сантиметровой ступени: 1, 2, 3, 4 и т.д;
- при 2-сантиметровой ступени: 2, 4, 6, 8 и т.д;
- при 4-сантиметровой ступени: 4, 8, 12, 16 и т.д.

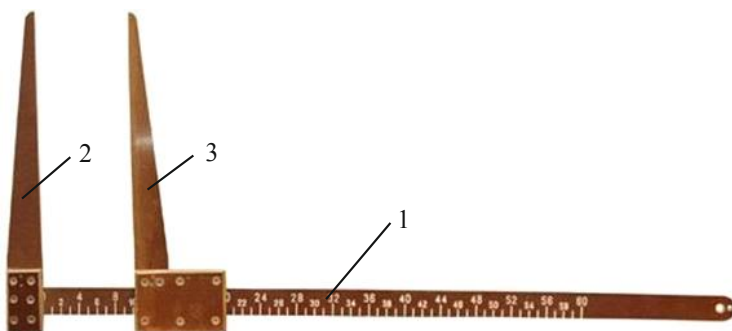


Рис. 2.3. Общий вид мерной вилки:

1 – мерная линейка; 2 – неподвижная ножка; 3 – подвижная ножка

Для определения диаметра дерева, отодвигая подвижную ножку от неподвижной, ствол заключают между ножками и снимают отсчет по линейке. При исследовательских работах диаметры деревьев измеряют с точностью до 0,1 см. При этом пользуются шкалой с ценой деления 0,5 см, а доли больше или меньше 0,5 см оцениваются на глаз. Для точных измерений имеются также мерные вилки с миллиметровыми делениями. Для повышения точности диаметры отдельных деревьев и особенно тонкомерных определяются как среднеарифметические величины из диаметров, измеренных в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Массовые обмеры диаметров деревьев (сплошной перечет) проводятся по ступеням толщины. На практике в древостоях со средним диаметром до 8 см перечет производится по 1-сантиметровым ступеням толщины, при среднем диаметре от 8,1 до 16 см – по 2-сантиметровым, а при среднем диаметре более 16 см – по 4-сантиметровым. При измерении диаметров по ступеням толщины доли меньше половины ступени отбрасываются, а больше половины округляются до следующей ступени. Для удобства работы округление делают на самой мерной линейке: первая ступень наносится на мерную линейку в половинном размере. В результате вся шкала сдвигается на 1 см (при 2-сантиметровой ступени) или 2 см (при 4-сантиметровой ступени), а ступени толщины считываются сразу.

Например, для перечета деревьев по 4-сантиметровым ступеням толщины (округления диаметров до 4 см) значение 4 см устанавливается на расстоянии 2 см от начала линейки (внутреннего края неподвижной ножки), значение 8 см там, где должно быть число 6 и т.д. Для перечета по 2-сантиметровым ступеням толщины значение 2 см

устанавливается на расстоянии 1 см от начала линейки, значение 4 см там, где должно быть число 3, и т.д. В этом случае при перечете деревьев отсчет уже округленного диаметра проводится по последней цифре, которая видна слева от подвижной ножки. Эта цифра и будет ступенью толщины, в которую попадает данное дерево (рис. 2.4).

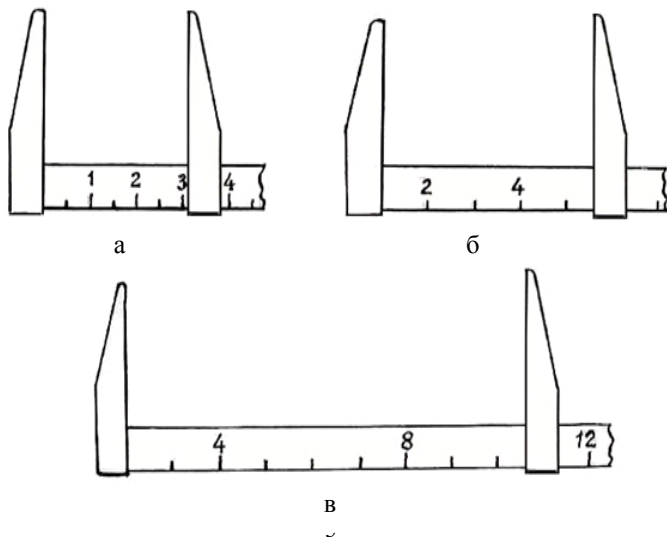


Рис. 2.4. Положения неподвижной ножки мерной вилки при измерении конкретных диаметров и перечета деревьев по 2- или 4-сантиметровым ступеням толщины:

- а – при измерении конкретных диаметров (диаметр 3,1 см);
- б – при перечете деревьев по 2-сантиметровым ступеням (ступень 4 см);
- в – при перечете деревьев по 4-сантиметровым ступеням (ступень 8 см)

Таким образом, при перечете деревьев по ступеням толщины используется мерная вилка со сдвинутой по линейке (на 1 или 2 см) неподвижной ножкой, а для точных измерений конкретных диаметров – мерная вилка, у которой неподвижная ножка установлена на нулевой отметке шкалы.

Перечет удобно выполнять звеном из трех исполнителей: первый измеряет мерной вилкой диаметр деревьев, определяет породу и другие необходимые показатели (например, категорию технической годности, класс роста и развития, балл санитарного состояния); второй отмечает (мелом, краской, затеской коры) учтенные деревья; третий (по сообщениям первого) фиксирует данные в перечетную ведомость. Заполнение перечетной ведомости ведется «точковкой» деревьев методом конверта: первые четыре дерева отмечаются точками, последу-

ющие до десятка – соединяющими эти точки линиями. В этом случае число 10 имеет вид квадрата с проведенными диагоналями (закрытого конверта). Следующий десяток отмечается в том же порядке, т. е. одиннадцатое дерево обозначают одной точкой, двенадцатое – двумя и т. д.

Известно, что ошибка, допущенная в измерении диаметра, переходит в объем ствола в двойном размере (Вагин А. В. и др., 1978). Поэтому к определению диаметров деревьев следует относиться очень ответственно. Для получения надежных результатов при измерении диаметров необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) ножки мерной вилки должны быть параллельны между собой и перпендикулярны мерной линейке;
- 2) в момент измерения линейка мерной вилки должна касаться ствола, а ножки должны заходить за середину толщины ствола;
- 3) подвижная ножка мерной вилки должна свободно передвигаться по мерной линейке;
- 4) деления на шкале мерной линейки должны быть верными и четко просматриваться.

Мерная вилка может быть изготовлена из различных материалов: дерева, текстолита, металла. В практике таксации леса широкое распространение получила мерная вилка конструкции В. В. Никитина, изготовленная из текстолита. Подвижная ножка у нее снабжена кареткой на двух шарикоподшипниках. Подшипники придают каретке легкость хода и предупреждают люфт, искажающий показания на линейке. Неподвижная ножка при помощи штифта может фиксироваться в двух положениях: в первом она находится в начале шкалы, позволяя измерять конкретные диаметры с точностью 0,1 см; во втором она сдвинута по шкале на 2 см (на половину 4-сантиметровой ступени), что делает удобным процесс пересчета деревьев по 4-сантиметровым ступеням толщины.

В последние годы мерные вилки изготавливаются из анодированного алюминия. Для обеспечения легкого скольжения подвижной ножки она снабжена пластиковыми вставками.

Специально для пересчета деревьев по ступеням толщины в ВНИИЛМе разработан *шаблон ШИД-0,5*, позволяющий измерять диаметры до 50 см (рис. 2.5).

Шаблон состоит из упора и линейки, которые шарнирно соединены между собой. В нем использована дуговая конструкция угла, опирающегося на описываемый круг. Упор служит для прикладывания шаблона к боковой поверхности ствола. Линейка имеет форму ле-

кальной кривой. Такая форма обеспечивает лучшее соприкосновение линейки с поверхностью ствола и позволяет легко считывать результат измерения. На линейке с одной стороны нанесены деления четырехсантиметровых ступеней толщины (с градацией 4 см), с другой – двухсантимет

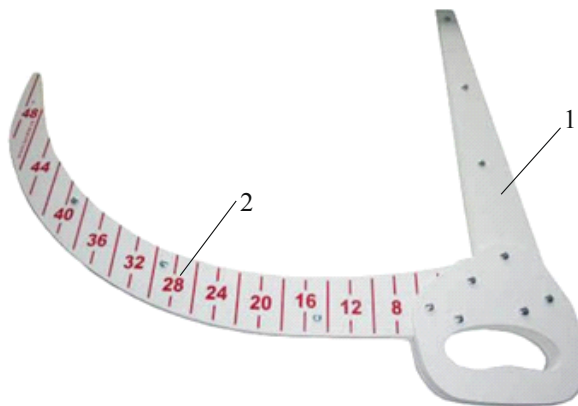


Рис. 2.5. Шаблон ШИД–0,5:  
1 – упор; 2 – линейка

При измерении диаметра исполнитель, держа шаблон одной рукой, приставляет его к стволу на высоте 1,3 м так, чтобы ствол оказался вписанным в угол шаблона. Визуально спроецировав границы образующей ствола на линейку, он определяет ступень толщины, к которой относится данное дерево. Второй рукой, свободной от измерения, он делает отметку на стволе или записывает результат в перечетную ведомость.

В лесотаксационной практике часто требуется измерить диаметр ствола на более высоких (чем 1,3 м) отметках. Для этой цели применяются мерные вилки, укрепленные на шесте заданной длины. При измерении подвижная ножка приводится в движение шнуром, перекинутым через блок. В последние годы для этих целей используются дендрометры различных конструкций, мерные вилки с лазерными указателями.

За всю историю развития лесотаксационных приборов и инструментов были предложены мерные вилки различных конструкций, основанные на разных принципах измерения. В специальной литературе (Верхунов П. М., Черных В. Л., 2009; Никифорчин И. Ф. и др., 2011) выделяют следующие основные принципы измерения диаметра деревьев:

- 1) измерения конечных точек диаметра ствола с помощью неподвижной и подвижной ножек инструмента и перенос их на измерительную линейку (стандартная мерная вилка, шаблон ШИД-0,5 и др.);
- 2) измерение диаметра по дуге окружности ствола (вилка Л. П. Зайченко);
- 3) измерение диаметра по длине биссектрисы угла, охватывающего ствол дерева (вилки С. В. Курило, Хруста);
- 4) определение диаметра по длине окружности ствола;
- 5) измерение диаметра на основе оптических законов физики (дендрометры К. Вимменаура и В. Биттерлиха);
- 6) измерение диаметра с помощью микропроцессоров, встроенных в мерную вилку, и лазерных излучателей.

Наибольшее применение в лесотаксационной практике имеют механические мерные вилки, основанные на первом принципе – измерении конечных точек диаметра ствола. На этом принципе, кроме рассмотренных выше, разработаны мерные вилки Яхимовича, Андреева, Haglof Mantax Blue, Haglof Mantax Black, Haglof Mantax Bahco и другие, имеющие незначительные конструктивные различия. Производством механических мерных вилок в России в настоящее время занимается ООО «Таксатор».

Мерные вилки и измерительные приборы, базирующиеся на других принципах, имели и имеют весьма ограниченное распространение. Среди них наибольшего внимания заслуживает мерная вилка циркульного типа Л.П. Зайченко, основанная на втором принципе (рис. 2.6).

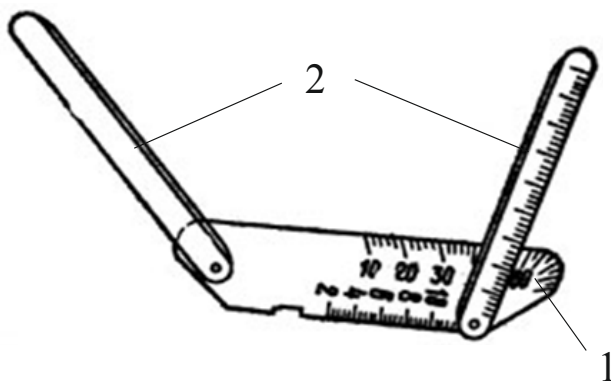


Рис. 2.6. Мерная вилка Л. П. Зайченко:  
1 – линейка, 2 – ножки

Мерная вилка Л. П. Зайченко представляет собой дюралюминиевую линейку, на обоих концах которой установлены ножки. Линейка и ножки соединены между собой шарнирами. На линейку нанесены шкалы для измерения диаметров. В процессе измерения левая ножка мерной вилки специальным упором на линейке закрепляется в определенном положении. Скошенная грань правой ножки при касании со стволом на шкале показывает величину диаметра. Вилка обеспечивает необходимую точность только в тонкомерных древостоях. При измерении диаметров более 40 см она дает систематическую ошибку (Теслюк Н. К., 1978; Шевелев С. Л., Кузьмичев В. В., 2003).

Мерные вилки, в конструкции которых реализован третий принцип, состоят из стержня и двух прикрепленных под определенным углом к нему ножек (рис. 2.7). Внутри стержня помещен подвижный шток. При измерении ствол охватывается ножками мерной вилки, а его диаметр определяется по длине отрезка штока от поверхности ствола до стержня.

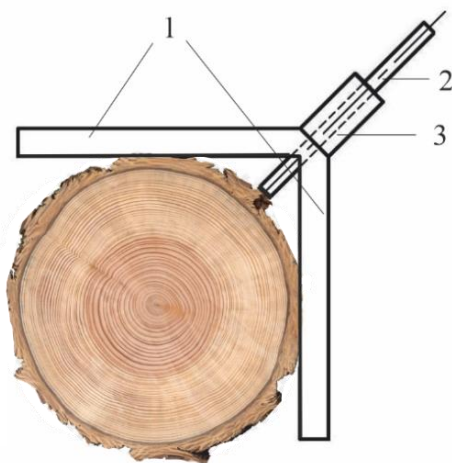


Рис. 2.7. Мерная вилка Хруста:  
1 – ножки; 2 – стержень;  
3 – подвижный шток

Четвертый принцип определения диаметра ствола основан на соотношении диаметра ( $d$ ) и длины окружности ( $C$ ). Этот способ определения диаметра не требует использования специальных инструментов (рис. 2.8). Вначале измеряется длина окружности ствола (обхват). Для этой цели можно использовать любую рулетку, тесемочный метр или специальную стальную ленту. Стальная лента имеет две шкалы: верхняя для определения диаметра, нижняя для измерения длины окружности. Диаметр ствола находится делением измеренной длины окружности на постоянное число  $\pi$  (3,14).

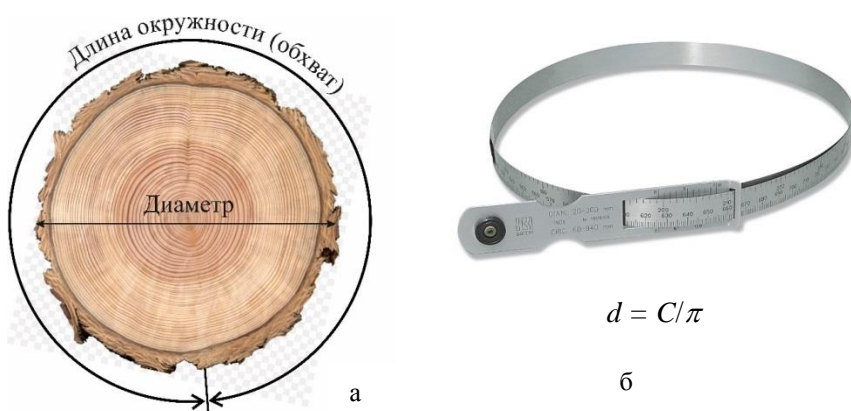


Рис. 2.8. Определение диаметра ствола по длине окружности:  
а – показатели поперечного сечения ствола; б – стальная лента

Измерение диаметра на основе оптических законов физики рассматривается ниже на примере универсального прибора – реласкопа В. Биттерлиха (см. рис. 2.50 и 2.51).

## 2.2.2. Современные устройства

В последние годы в практике лесного хозяйства и лесоустройства находят применение электронные мерные вилки, которые не только позволяют определять диаметр стволов, но и сохраняют результаты измерений и передают информацию на персональные компьютеры или мобильные устройства. Лидерами по разработке электронных измерительных приборов для таксации леса являются шведская фирма Haglof Sweden AB и финская фирма Savcor Forest. В нашей стране при таксации насаждений и проведении научно-исследовательских работ в лесу находят применение следующие мерные вилки указанных фирм:

- мерная вилка Masser Racal 500;
- мерная вилка Masser BT Caliper;
- мерная вилка Haglof Digitech Professional;
- мерная вилка Haglof Digitech Professional II;
- мерная вилка Mantax Computer Galiper;
- мерная вилка Mantax Digitech Galiper.

Устройство, конструктивные особенности этих приборов, техника измерения диаметра деревьев с их помощью подробно освещены в инструкциях, входящих в комплект поставки, и другой специальной литературе. Ниже рассмотрены устройство и принципы работы не-



скольких мерных вилок. Приведенная информация дает представление об особенностях определения диаметра стволов электронными приборами и упростит освоение других мерных вилок, продолжающих поступать на отечественный рынок, несмотря на высокую цену импорта.

**Мерная вилка Masser Racal 500 (Финляндия).** В мерной вилке использована рожковая конструкция (рис. 2.9).

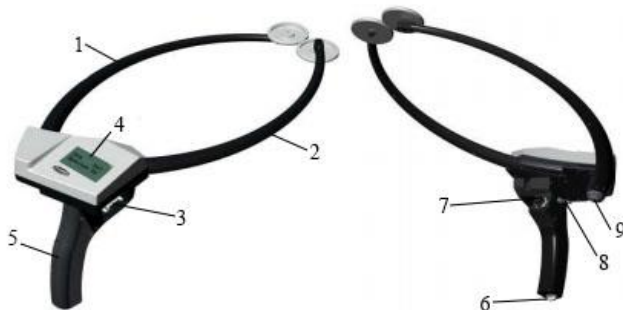


Рис. 2.9. Электронная мерная вилка Masser Racal 500:

- 1 – подвижная ножка; 2 – стационарная (неподвижная) ножка; 3 – последовательный порт; 4 – дисплей; 5 – ручка; 6 – крышка батареи; 7 – кнопка ввода (ENTER); 8 – переключатель; 9 – подшипник с пружиной

В комплект поставки кроме мерной вилки входят кабель для подсоединения к ПК, инструкция по эксплуатации и диск с программным обеспечением.

Вилка изготовлена из легкого и прочного алюминиевого сплава. Состоит из опорной базовой панели с ручкой и двух ножек (рычагов) с закреплёнными на их концах обводными измерительными роликами: неподвижным и подвижным. Для управления процессом измерения и обработки полученных результатов смонтирован микропроцессор. В ручке мерной вилки имеются кнопка для ввода данных в микро-ЭВМ и переключатель выбора меню и сбора данных в процессе измерений. В правой боковой стороне опорной базовой панели находится защищённый колпачком порт для передачи данных с вилки на персональный компьютер.

Диаметр ствола определяется по углу разворота ножек с роликами. Электронный блок фиксирует максимальный угол раскрытия измерительных рычагов и вычисляет величину диаметра ствола.

Для измерения диаметра выполняют следующие действия:

– при сдвинутых друг к другу ножках нажатием кнопки *Enter* включают мерную вилку; при этом через 1 секунду откроется меню;

– переключателем выбирают опцию и закрепляют выбор кнопкой *Enter*;

– надвигают ножки вилки на ствол дерева так, чтобы обводные ролики проскочили середину ствола;

– на экране микро-ЭВМ считывают вычисленное значение диаметра дерева.

При подтверждении измерения кнопкой ввода данных ролики также должны соприкоснуться друг с другом. Если измеряемый диаметр превышает 500 мм, вилка подает сигнал. В этом случае необходимо измерить длину окружности ствола и ввести переключателем ее значение (в миллиметрах) в компьютер. На основе этого показателя прибор вычисляет диаметр ствола.

Точность измерения диаметров составляет  $\pm 1$  мм, диапазон измерения – от 4 до 50 см.

**Мерная вилка Haglof Digitech Professional (Швеция).** Это комплексный инструмент для сбора различных показателей деревьев (диаметра, породы, категории технической годности, высоты), их хранения и обработки (рис. 2.10). Комплект поставки включает в себя непосредственно мерную вилку Haglof Digitech Professional с Bluetooth и установленной рабочей программой, алюминиевый кейс, адаптер, кабель USB, зарядное устройство AC/DC, программу для передачи данных, инструкцию по эксплуатации.

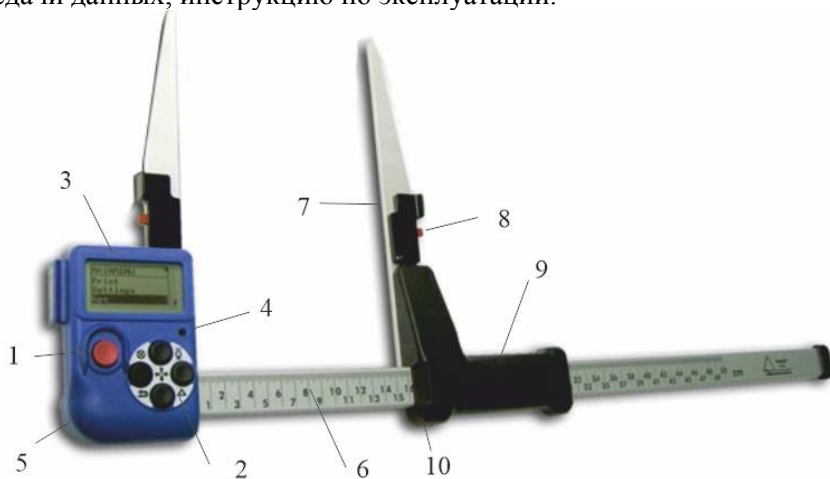


Рис. 2.10. Компьютерная мерная вилка Haglof Digitech Professional:

- 1 – кнопка ввода; 2 – кнопки навигации 3 – компьютер; 4 – ИК-приемник;
- 5 – точка болтового крепления; 6 – линейка; 7 – подвижная ножка (захват);
- 8 – фиксатор захвата; 9 – рукоятка; 10 – фиксатор рукоятки

Прибор состоит из линейки с нанесенной шкалой, двух раздвижных складывающихся ножек и микрокомпьютера. Компьютер оборудован большим дисплеем со встроенной подсветкой, имеет пять кнопок, четыре из которых имеют функции навигации.

Кнопка *Ввод* используется для регистрации диаметра, выбора раздела меню или подтверждения выбора. Компьютер характеризуется надежной памятью большого размера (32 Mb), может работать автономно. Электроника герметично защищена от влаги, грязи и пыли. Прочный, легкий и водостойкий корпус компьютера позволяет работать в любых погодных условиях. С помощью беспроводной связи *Bluetooth* компьютер связывается с внешними устройствами, такими, как GPS и сканер штрих-кода. Встроенный инфракрасный приемник предоставляет прямую связь с высотомерами Vertex III и Vertex Laser VL400 для ввода данных о высоте.

В программе мерной вилки выбор любой операции осуществляется с помощью иерархической системы пунктов меню. Одновременно на экране отображаются три пункта меню и его заголовок. Просмотр пунктов меню происходит с помощью кнопок-стрелочек (вверх–вниз), а выбор подтверждается с помощью кнопки *Ввод*. Предусмотрено три варианта введения данных в любое поле (в зависимости от типа конкретного реквизита):

- выбор из заранее заданного перечня пород и категорий деревьев;
- внесение произвольного набора символов или цифр (например, реквизиты лесничества или квартала);
- внесение данных, снятых со шкалы вилки непосредственным измерением.

Основной блок работ по измерению диаметра деревьев проводится в пункте *Таксация* из первого меню. Последовательно, заполняя необходимые меню с соответствующими пунктами, доходят до меню с пунктом *Измерение*. Этот пункт открывает путь к следующему меню, в котором выбирают, что именно нужно обмерить (дерево из полного перечета или модельное дерево) и соответствующий пункт: *Дерево* или *Модель*. В обоих случаях открывается следующее меню с пунктом *Мерить*. После выбора этого пункта приступают к непосредственному обмеру деревьев. При этом открывается экран, в котором первой строчкой показывается порядковый номер измеряемого в данный момент дерева. Во второй строчке проводится перебор пород из редактированного перечня. Выбрав породу дерева и подтвердив ее нажатием кнопки *Ввод*, переходят к редактированию следующего реквизита–диаметра. После заключения ствола между ножками мерной вилки на

экране появляется то значение диаметра, которое можно наблюдать и на шкале вилки. Нажатием кнопки *Ввод* подтверждают значение диаметра и автоматически переходят к вводу следующего реквизита – категории дерева (деловая, полуделовая, дровяная). Выбор категории дерева производится так же, как и породы. Подтверждая категорию дерева, исполнитель тем самым записывает данные этого дерева в базу и может переходить к измерению следующего дерева.

После проведения всех необходимых измерений можно сбросить накопленные данные в персональный компьютер для последующей их обработки в специальных программах. Для этой цели в компьютере устанавливается коммуникационная программа *WinDP*.

Точность измерения диаметра составляет  $\pm 1$  мм.

**Мерная вилка Masser BT Caliper.** Мерная вилка Masser BT Caliper с магнитным сенсором – это инструмент для измерения, сбора и передачи информации (рис. 2.11). Прибор использует канал связи Bluetooth для подключения к различным периферийным устройствам.

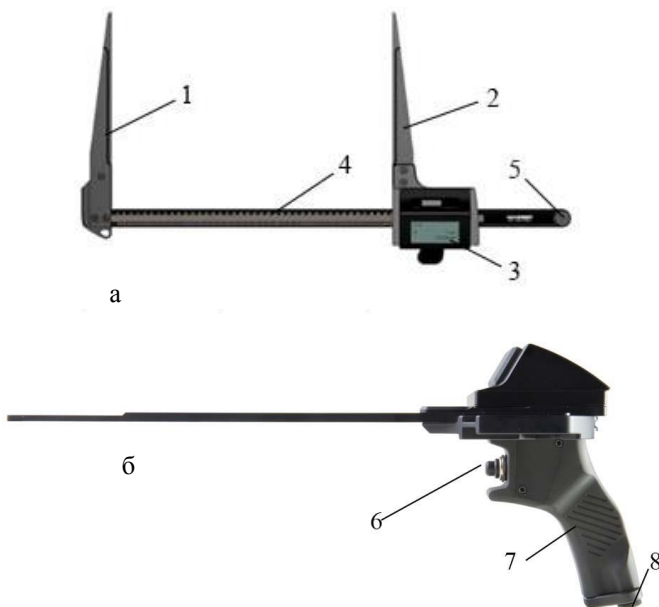


Рис. 2.11. Мерная вилка Masser BT Caliper:

а – вид сверху; б – вид сбоку;

- 1 – стационарная (неподвижная) ножка; 2 – подвижная ножка;
- 3 – дисплей; 4 – линейка; 5 – фиксатор; 6 – кнопка ввода (Enter);
- 7 – ручка; 8 – отсек для элементов питания

Основными узлами прибора являются мерная линейка, стационарная (неподвижная) и подвижная ножки и микропроцессор, заключенный в эргономичный водонепроницаемый корпус. Кнопка *Ввод* удобно расположена на ручке прибора.

Для сбора, хранения и экспорта собранной информации используется мобильное программное обеспечение *Masser Mobile Caliper*, которое устанавливается на смартфон или планшет. Оно позволяет хранить различные показатели деревьев (породу, диаметр, высоту, категорию технической годности), дату и время измерения и GPS–координаты места измерения. Пользователь может самостоятельно определить информацию, которая должна быть записана и сохранена. Координаты дерева, полученные с помощью GPS–модуля смартфона (планшета), могут быть использованы при работе с Google Maps или любой офисной ГИС.

При измерении диаметра ствола последовательно выполняются следующие действия:

1) ножки мерной вилки приводятся в исходное положение – подвижная ножка плотно сдвигается к неподвижной и включается прибор нажатием на кнопку *Ввод*. При этом на дисплее появится меню с тремя клавишами: *включения-выключения, измерения и настройки* (рис. 2.12). Переход от одной клавиши к другой осуществляется движением подвижной ножки вправо–влево. Выделение нужной клавиши на дисплее фиксируется кнопкой *Ввод*. С помощью клавиши *Настройки* включаются различные режимы работы: передачи данных через канал связи *Bluetooth*, измерения диаметров в двух направлениях или в одном, подсветки, изменения нумерации порядка измерений;



Рис. 2.12. Дисплей мерной вилки Masser BT Caliper с кнопками режимов:  
1 – включение–выключение; 2 – измерения; 3 – настройки

2) осуществляются переход в режим *Измерение* и стыковка мерной вилки с программой *Masser Mobile Caliper* на смартфоне с помощью канала связи *Bluetooth*; создается файл для записи на смартфоне;

3) при сдвинутых друг к другу ножках мерной вилки на экране из предварительно закодированного цифрами списка выбирается необходимая порода, которая фиксируется нажатием кнопки *Ввод*;

4) проводятся измерение диаметра ствола в одном или в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в зависимости от выбранного режима) и подтверждение измеренной величины нажатием кнопки *Ввод*.

Отправка данных на мобильное устройство информируется на экране условным значком и сопровождается звуковым сигналом.

Мерные вилки *Masser BT Caliper* имеют три модификации (*Basic*, *MEM* и *Pro*), которые различаются между собой особенностями сбора и передачи данных и наличием программного обеспечения *Masser Creator Pro*. Указанная программа позволяет пользователю самостоятельно разрабатывать собственные приложения. Модель *BT Caliper Basic* не имеет встроенной памяти и автоматически передает результаты на смартфон или планшет. В отличие от этой модели модели *BT Caliper MEM* и *Pro* имеют большую память (8 Мб) и позволяют передавать результаты измерений на внешние устройства по окончании работ.

Точность измерения диаметров стволов составляет  $\pm 1$  мм, диапазон измерений – от 0 до 80 см.

Для дистанционного измерения диаметров деревьев на разных высотах, диаметров ветвей, а также сортиментов в труднодоступных местах (в штабелях, вагонах) целесообразно применять мерные вилки с лазерными указателями и лазерные указатели *Gator Eyes* для мерных вилок *Haglof*.

**Лазерные указатели *Gator Eyes* (Швеция).** Лазерные указатели *Gator Eyes* совместимы со всеми мерными вилками *Haglof* и расширяют их функциональность (рис. 2.13). Они позволяют проводить измерение диаметра дерева с расстояния нескольких метров на любой его высотной отметке, а также толщины ветвей в кроне.

Лазерные указатели монтируются на ножках мерной вилки. Причем указатели *красного* цвета могут быть установлены на вилки *Mantax Blue* и *Mantax Digitech* самостоятельно, а *зеленого* цвета совмещаются с вилками *Mantax Black* и *DP II* на предприятии *Haglof*. Указатели увеличивают массу мерной вилки примерно на 190 г, что практически незаметно при измерениях.

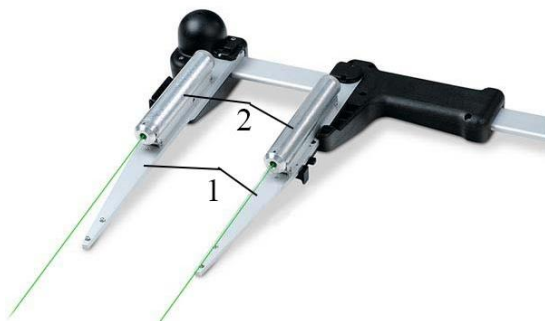


Рис. 2.13. Лазерные указатели для мерных вилок:  
1 – ножки мерной вилки; 2 – лазерные указатели

Для измерения диаметра дерева на какой-либо его высоте включают лазер нажатием на кнопки управления, расположенные на указателях. Появившиеся лучи лазера наводят на измеряемое дерево и снимают показание диаметра на шкале мерной линейки.

**Мерная вилка с лазерными указателями.** Она изготавливается в нашей стране ООО «Таксатор» и предназначена для измерения диаметра круглых сортиментов в труднодоступных местах (в штабеле, на транспорте), а также растущих деревьев с определенного расстояния (рис. 2.14).

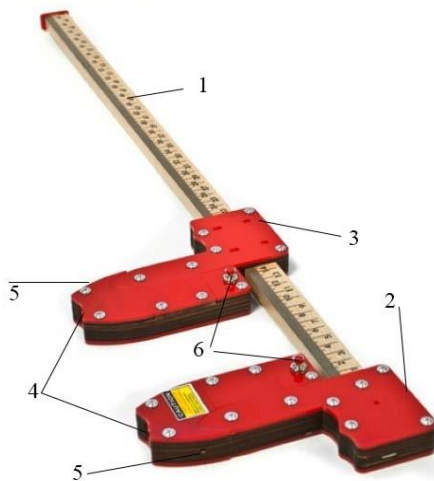


Рис. 2.14. Мерная вилка с лазерными указателями:  
1 – линейка; 2 – неподвижная ножка; 3 – подвижная ножка; 4 – лазеры;  
5 – калибровочные винты; 6 – кнопки активации лазера

Как и классическая, эта мерная вилка имеет мерную линейку и две ножки (неподвижную и подвижную). На ножках установлены лазерные устройства (цвет лазера красный). Прибор снабжен двумя кнопками активации лазера и двумя калибровочными винтами. Калибровочные винты служат для регулировки лучей лазера перед началом измерения.

Для измерения диаметра дерева нажатием на соответствующие кнопки проводится активация лазера. Затем путем раздвижения ножек мерной вилки лучи лазера с определенного расстояния наводятся на конечные точки диаметра ствола и на шкале линейки снимается показание диаметра.

Электронные мерные вилки и мерные вилки с лазерными указателями при таксации леса позволяют:

- существенно повысить производительность полевых работ (в частности, перечет деревьев может выполняться одним исполнителем);

- повысить качество и оперативность камеральной обработки данных таксации леса за счет функций сбора и передачи информации на персональные компьютеры или мобильные устройства;

- уменьшить количество ошибок при проведении измерений и исключить ручную обработку данных таксации;

- увеличить точность измерений с меньшими трудозатратами.

Благодаря указанным преимуществам электронные и лазерные мерные вилки в будущем могут стать самыми востребованными, вытеснив устаревшие механические инструменты.

### **2.3. Инструменты и приборы для измерения высоты растущих деревьев**

Для измерения высоты деревьев применяются специальные приборы – высотомеры. Высоту можно измерить также мерной вилкой или геодезическими приборами, предназначенными для измерения вертикальных углов. В частности, в этих целях часто применяется портативный геодезический прибор – эклиметр.

По конструктивным особенностям высотомеры можно разделить на три основные группы:

- 1) высотомеры, основанные на тригонометрическом принципе (измерении углов в вертикальной плоскости);



- 2) высотомеры, основанные на геометрическом принципе (на использовании принципа подобия треугольников);
- 3) высотомеры, базирующиеся на оптических законах физики.

### 2.3.1. Тригонометрический принцип определения высоты. Высотомеры, построенные по этому принципу

*Тригонометрический принцип* определения высоты основан на измерении углов в вертикальной плоскости с определенного расстояния (базиса) до дерева. Определение высоты может проводиться через тангенсы углов и через отношения синусов углов.

Принцип определения высоты дерева по *тангенсам углов* заключается в следующем. При работе на ровной местности (горизонтальной поверхности) необходимо отойти от дерева на расстояние  $b$ , примерно равное его высоте (рис. 2.15). Это расстояние принято называть базисом. Конец базиса является пунктом, с которого измеряется высота. С этого пункта проводится визирование на вершину дерева и определяется угол  $\alpha$  между линией визирования на вершину и базисом.

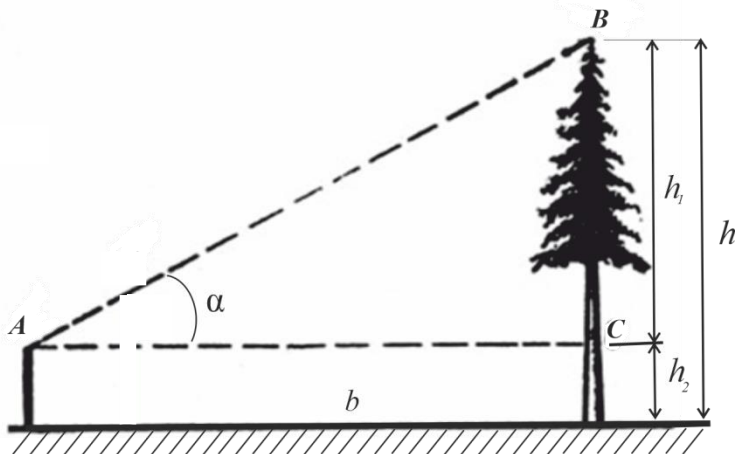


Рис. 2.15. Измерение высоты дерева через тангенсы углов на горизонтальной поверхности

Высота ствола от уровня глаз наблюдателя до его вершины ( $h_1$ ) определяется по формуле

$$h_1 = b \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.1)$$

Для получения общей высоты дерева ( $h$ ) к полученной по формуле (2.1) высоте необходимо прибавить высоту до уровня глаз наблюдателя ( $h_2$ ):

$$h = h_1 + h_2 = b \operatorname{tg} \alpha + h_2. \quad (2.2)$$

Высота деревьев, расположенных на наклонной поверхности, определяется по результатам измерения двух углов: угла  $\alpha$  – между линией визирования на вершину дерева и базисом и угла  $\beta$  – между линией визирования на основание дерева и базисом (рис. 2.16). Причем базис должен быть отмерен в горизонтальном проложении (по проекции линии местности на горизонтальную плоскость). Если основание дерева находится ниже уровня глаз наблюдателя (рис. 2.16, б), то его высота определяется по формуле

$$h = h_1 + h_2 = b \operatorname{tg} \alpha + b \operatorname{tg} \beta. \quad (2.3)$$

Если же основание дерева расположено выше уровня глаз наблюдателя (рис. 2.16, а), то вычисление его высоты проводится по формуле

$$h = h_1 - h_2 = b \operatorname{tg} \alpha - b \operatorname{tg} \beta. \quad (2.4)$$

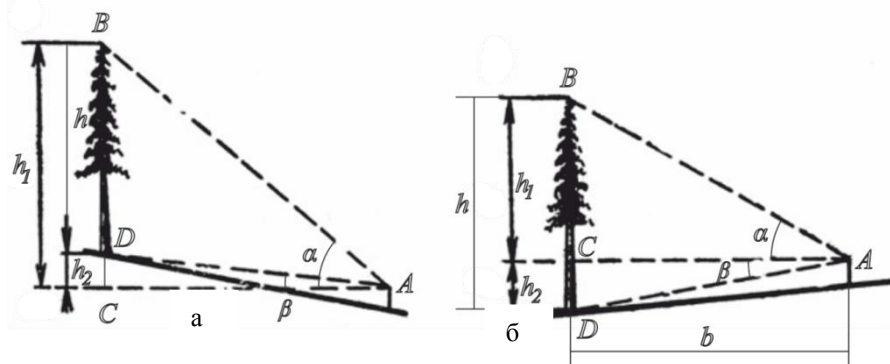


Рис. 2.16. Измерение высоты дерева через тангенсы углов на горизонтальной поверхности:

а – основание дерева выше уровня глаз наблюдателя;

б – основание дерева ниже уровня глаз

В горной местности лучшие результаты обеспечивает измерение высоты деревьев через *отношение синусов углов* (рис. 2.17).

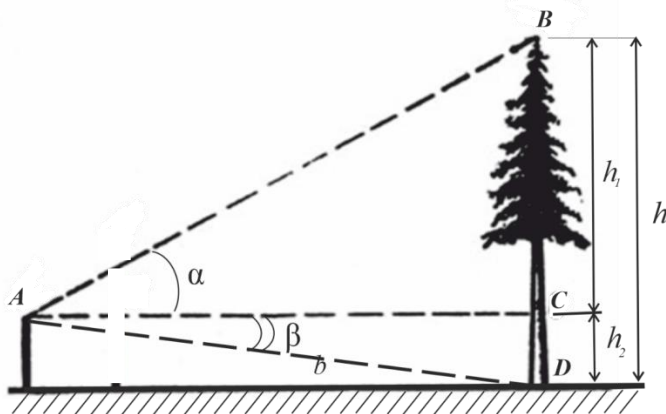


Рис. 2.17. Измерение высоты дерева через отношение синусов углов

Способ основан на использовании следующей формулы:

$$h = b \sin A / \sin B = b \sin (\alpha + \beta) / \sin B, \quad (2.5)$$

где  $b$  – расстояние от измеряемого дерева до наблюдателя, м;

$A$  – сумма углов на вершину ( $\alpha$ ) и основание ( $\beta$ ) дерева, градусы,  $A = (\alpha + \beta)$ ;

$B$  – угол при вершине дерева ( $90^\circ$  минус угол на вершину дерева) .

При измерении высоты от дерева отмеряется расстояние ( $b$ ), примерно равное высоте дерева. Причем поправка на наклон линии не вводится. С этого пункта проводится измерение углов на вершину ( $\alpha$ ) и основание ( $\beta$ ) дерева. Определяются угол  $A$  как сумма углов  $\alpha$  и  $\beta$  и угол  $B$  как прямой угол за вычетом угла на вершину. По отношению  $\sin A / \sin B$  находится коэффициент, который затем для определения высоты умножается на расстояние от дерева до наблюдателя. Этот коэффициент по величине угла  $A$  и угла на основание дерева ( $\beta$ ) может быть определен по специальной таблице, составленной М. Д. Серебряковой (Семенюта Ф. И., 1960).

Таким образом, при этом способе в качестве базиса берется фактическое расстояние от наблюдателя до измеряемого дерева, а не горизонтальное проложение этой линии. Высота до глаз наблюдателя в расчетах не используется.

По тригонометрическому принципу работают большинство механических, оптико-механических и электронных высотомеров, применяемых в лесотаксационной практике: высотомеры-эклиметры (ЭВ-1, ЭТ-1М, ВМ ЗМИ и др.), высотомеры Макарова, Блюме–Лейсса, Хага, Метра, высотомер-угломер лесной ВУЛ-1, высотомер-краномер Никитина ВКН-1, шведский высотомер Silva Clino Master, клинометры и высотомеры Suunto различных модификаций и др.

Основными узлами механических и оптико-механических высотомеров являются визирующее устройство, маятниковый отвес или вращающийся барабан с подвешенным балансиrom (в некоторых высотомерах диск или колесо), несущие измерительные шкалы. В отличие от механических высотомеров оптико-механические снабжены оптической системой визирования или оптическим измерителем базисных расстояний (дальномером).

В высотомерных шкалах этих высотомеров вместо градусных углов  $\alpha$  и  $\beta$  нанесены соответствующие этим углам высоты при постоянных базисах. Более надежные результаты при измерении высоты обеспечиваются, когда базисное расстояние близко к высоте дерева. Поэтому высотомеры имеют несколько высотомерных шкал, соответствующих различным базисам. У разных высотомеров величина базиса колеблется от 10–15 до 20–40 м с шагом 5 или 10 м. С какого базиса проводить измерение таксатор решает исходя из высоты дерева и условий визирования (видимости вершины и основания дерева).

При строго горизонтальном положении визирующего устройства высотомеры фиксируют нулевое значение высоты. На шкале высот деления нанесены по обе стороны от нуля. Это обеспечивает получение двух отсчетов: при визировании на вершину дерева и на его основание. Если эти отсчеты располагаются по разным сторонам от нулевого деления (основание дерева находится ниже уровня глаз наблюдателя), то общая высота дерева определяется как сумма обоих отсчетов. Если отсчеты на вершину дерева и на его основание находятся по одну сторону от нулевого деления (основание дерева находится выше уровня глаз наблюдателя), то для определения высоты необходимо из первого отсчета (на вершину) вычесть второй (на основание).

Электронные высотомеры созданы на базе микропроцессоров. Они позволяют определять высоту дерева, не придерживаясь фиксированного расстояния до него.

Рассмотрим устройство и действие нескольких высотомеров, которые в силу своих конструктивных особенностей и технических характеристик нашли наиболее широкое применение на практике.

**Маятниковый высотомер Н. И. Макарова.** Он предназначен для измерения высот деревьев с базисных расстояний 10 и 20 м и представляет собой металлическую секторную пластину размером 8×10 см, к которой припаяна визирная трубка с глазным диоптром в виде воронки (рис. 2.18).

В верхней лицевой части пластины закреплен вращающийся на шарнире маятник со стрелкой, а в нижней – нанесены две дугообразные шкалы высот: для базисов 10 м (верхняя) и 20 м (нижняя). На другой стороне пластины на оси маятника закреплен фиксатор. При нажатии на фиксатор маятник освобождается и принимает отвесное положение.

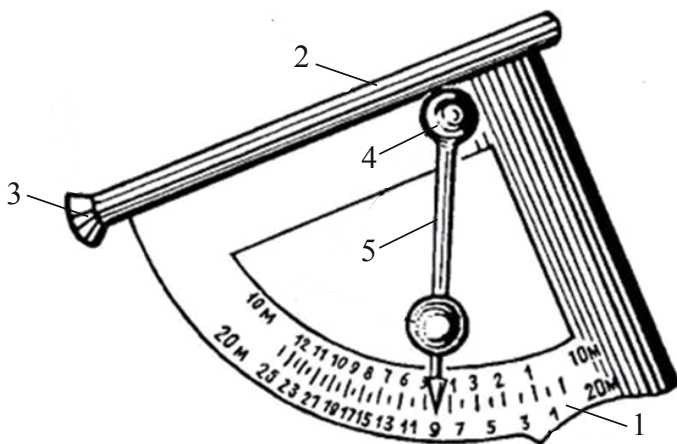


Рис. 2.18. Высотомер Макарова:

- 1 – металлический сектор; 2 – визирная трубка; 3 – глазной диоптр;  
4 – шарнир; 5 – маятниковая стрелка

Измерение высоты проводится в следующей последовательности:

- от измеряемого дерева с учетом его высоты в горизонтальном положении отмеряется базисное расстояние 10 или 20 м;

- проводится визирование через глазной диоптр визирной трубки на вершину дерева и нажатием пальца на кнопку фиксатора освобождается маятник;

- после остановки маятника палец снимается с кнопки (фиксируется положение маятника) и по соответствующей шкале (для базисов 10 или 20 м) проводится отсчет высоты дерева от уровня глаз наблюдателя до вершины.

На строго горизонтальной поверхности для получения общей высоты дерева к этому отсчету прибавляется высота до уровня глаз наблюдателя.

Если дерево расположено на наклонной поверхности (основание дерева находится выше или ниже уровня глаз), то, отмерив базис по горизонтальному проложению, проводят два визирования: на вершину дерева и на его основание (повернув высотомер на  $180^\circ$ ). Высота дерева, как указывалось выше, определяется или как сумма отсчетов или как разность (без прибавления высоты до уровня глаз наблюдателя).

Погрешность измерения высоты составляет в среднем  $\pm 5\%$ .

Недостатком высотомера Макарова считается его малый размер, что не позволяет проводить точное визирование на вершину дерева. В этом отношении высотомеры увеличенных размеров обеспечивают лучшие результаты.

**Высотомер-угломер лесной ВУЛ-1.** Высотомер-угломер лесной ВУЛ-1 (рис. 2.19) предназначен для измерения высоты деревьев, вертикальных углов и базисных расстояний (до 40 м). Для измерения расстояний в комплект к прибору приложена эластичная базисная лента со шкалой.



Рис. 2.19. Высотомер-угломер лесной ВУЛ-1:

1 – тормозное устройство; 2 – шкала поправок; 3 – дальномер, 4 – окуляр

Высотомер имеет пластмассовый корпус, в котором на оси находится барабан с балансиром, обеспечивающим постоянное положение шкал по отношению к горизонту. Барабан снабжен двумя шкалами: одна для измерения высоты деревьев с базисного расстояния 15 м, другая – с 20 м. На каждой шкале нанесены деления в метрах для из-

мерения высоты и в градусах для измерения углов наклона. Выбор шкалы того или иного базиса осуществляется поворотом высотомера на  $180^{\circ}$  вокруг его продольной оси. В верхней части высотомера имеется тормозное устройство, состоящее из кнопки, пружины и пластинки. Оно удерживает барабан в неподвижном состоянии. На корпусе расположена шкала для определения численных значений поправок к базису наклон местности (от  $8$  до  $60^{\circ}$ ).

Высотомер ВУЛ-1 относится к группе высотомеров, снабженных дальномерным устройством, предназначенным для измерения базисных расстояний. Дальномер находится рядом с окуляром высотомера и состоит из бипризмы, линзы и защитного стекла. При визировании через дальномер грани призмы, смещая наблюдаемое изображение базисной ленты во взаимно противоположных направлениях (вверх и вниз), образуют сдвоенное изображение. На базисной шкале деления согласованы с преломляющей способностью призмы: изменению дистанции (расстояния от наблюдателя до дерева) на  $1$  м соответствует взаимное смещение изображения шкалы на одно деление.

При измерении базисного расстояния придерживаются следующего порядка действий:

1) закрепляют базисную ленту на стволе измеряемого дерева с таким расчетом, чтобы нулевое деление ее шкалы оказалось на уровне глаз, и отходят от дерева на расстояние, примерно равное его высоте (примерно на  $15$  или  $20$  м);

2) с этого пункта проводят визирование через оптический измеритель на базисную ленту и, слегка поворачивая высотомер вокруг оси, добиваются смещения изображения базисной ленты, т. е. получения сдвоенного изображения;

3) приближаясь к дереву или отходя от него, добиваются взаимного смещения изображения ленты на такое число делений, которое соответствует измеряемому базису ( $15$  или  $20$  м). Например, в оптическом измерителе получилось изображение, при котором нулевое деление стоит на одном уровне с делением  $20$ . Это означает, что расстояние от измеряемого дерева до наблюдателя (пункта измерения) равно  $20$  м (рис. 2.20).

При определении высоты с пункта измерения визируют через окуляр на вершину дерева и освобождают барабан нажатием на кнопку тормозного устройства. После остановки барабана освобождают кнопку (фиксируют положение барабана) и по соответствующей отмеренному базису шкале берут отсчет, равный высоте дерева от уровня глаз.

Общая высота деревьев, расположенных на ровной местности, определяется прибавлением к этому отсчету высоты до глаз наблюдателя.

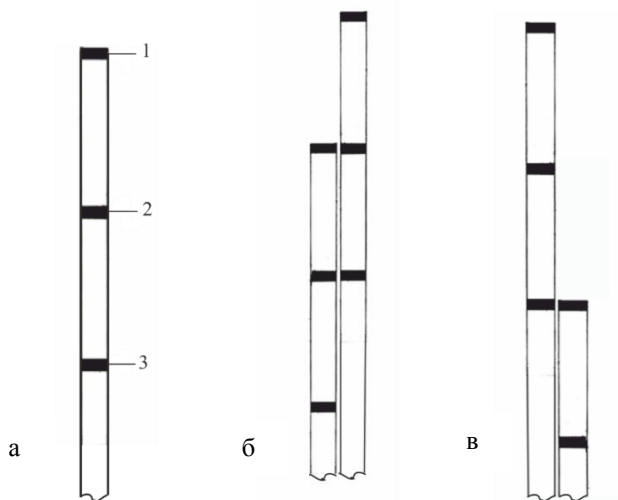


Рис. 2.20. Базисная лента (а) и ее изображение через дальномер ВУЛ-1 при базисе 10 м (б) и 20 м (в):  
1 – начальная отметка; 2 – отметка расстояния 10 м; 3 – отметка 20 м

Определение высоты на наклонной поверхности проводят в следующей последовательности:

- 1) закрепляют базисную ленту на стволе измеряемого дерева и с помощью дальномера вышеописанным способом определяют базис (15 или 20 м);
- 2) визированием на нулевое деление базисной ленты измеряют угол наклона местности в градусах и с учетом этого угла по шкале (находящейся на корпусе высотомера) определяют точное расстояние, с которого будет проводиться измерение высоты;
- 3) с этого расстояния последовательным визированием на вершину и основание дерева по общепринятому правилу определяют общую высоту дерева.

Погрешность измерения высоты составляет около  $\pm 3\%$ .

**Высотомер Блюме – Лейсса.** Немецкий высотомер Блюме – Лейсса (рис. 2.21) предназначен для измерения высоты деревьев, базисных расстояний и углов наклона местности. В комплекте к прибору поставляется складная базисная лента.



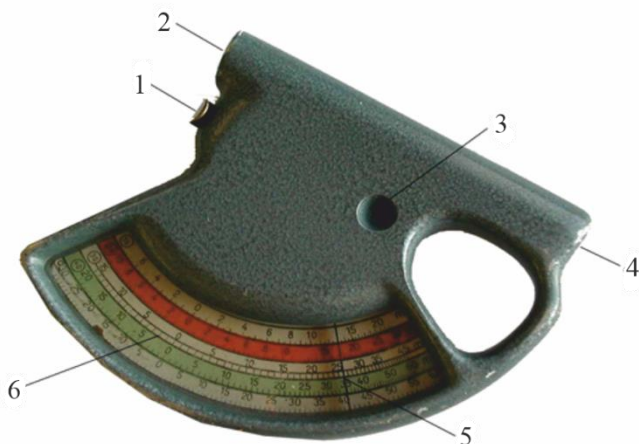


Рис. 2.21. Высотомер Блуме – Лейсса:

1 – кнопка арретира стрелки; 2 – предметный диоптр; 3 – объектив оптического измерителя; 4 – глазной диоптр (целик); 5 – стрелка маятника; 6 – шкалы

Корпус высотомера выполнен из легкого металла в виде сектора круга. В верхней грани корпуса на ее концах расположены глазной (целик) и предметный (мушка) диоптры. Внутри высотомера под стеклом расположены маятник со стрелкой и пять дугообразных шкал: четыре из них предназначены для измерения высот с расстояний 15, 20, 30 и 40 м, а пятая (нижняя) служит для определения углов наклона местности в градусах. Ниже предметного диоптра находится кнопка арретира стрелки пистолетного типа. Она служит для фиксации маятника в нужном положении.

На обратной стороне корпуса расположены окуляр оптического измерителя, кнопка освобождения маятника и таблица, служащая для внесения поправок к высоте с учетом угла наклона местности и перевода градусов углов наклона в проценты.

Оптический измеритель базиса состоит из вмонтированных в корпус призмы, преломляющей лучи света, окуляра и объектива. У окуляра для регулирования потока солнечного света имеется желтый светофильтр. Поле зрения открывается или закрывается с помощью оригинальной гайки. Базисное расстояние определяется так же, как и при работе с высотомером ВУЛ-1.

Для определения высоты высотомер берут в правую руку, большой палец пропускают через специальное отверстие в корпусе, освобождают маятник, визируют с пункта измерения на вершину дерева, после остановки маятника указательным пальцем нажимают на кноп-

ку арретира (фиксируют положение стрелки) и по соответствующей шкале берут отсчет, равный высоте дерева от уровня глаз.

При работе на ровной поверхности для получения общей высоты дерева к этому отсчету прибавляется высота до глаз наблюдателя. Высота деревьев, расположенных на наклонной поверхности, так же, как и при работе с высотомером Макарова, определяется по двум отсчетам: при визировании на вершину дерева и на его основание.

На склонах с крутизной более  $10^\circ$  в полученное значение высоты вносят поправку на наклон линий. Для этого по пятой шкале высотомера определяют угол наклона местности. Причем визирование проводится на нулевое деление базисной ленты, которое находится на уровне глаз наблюдателя. Для этого угла в таблице, приведенной на обратной стороне корпуса, находят поправку, которую умножают на высоту дерева. Полученный результат затем вычитают из ранее установленной высоты. Поправку можно вносить и в базис путем ее прибавления перед измерением высоты.

В лесотаксационной практике применяется еще одна модификация (BL-6) высотомера Блюме–Лейсса. В этом приборе установлены два маятника: один для определения высоты при визировании на вершину дерева, другой – на его основание. Для освобождения и фиксации маятников предусмотрены отдельные кнопки. Это позволяет видеть на шкале одновременно два показания и уменьшить вероятность появления ошибок при определении общей высоты дерева.

Погрешность измерения высоты высотомером Блюме–Лейсса составляет  $\pm 3\%$ .

На базе высотомера Блюме–Лейсса изготовлены дендрометр (Румыния) и высотомер Метра (Чехия).

**Высотомер-кромомер ВКН-1.** Высотомер-кромомер ВКН-1 сконструирован В. В. Никитиным. Предназначен для измерения высоты и радиуса крон растущих деревьев, базисных расстояний и углов наклона на местности. В комплект к прибору поставляется металлическая базисная лента.

Прибор смонтирован в металлическом корпусе и состоит из двух блоков, соединенных между собой, и логарифмического калькулятора (рис. 2.22). В первом блоке в герметически закрытой камере смонтирован подвешенный на оси высотомерный диск, несущий измерительные шкалы: угломерную (с градусными делениями) и высотомерную (с делениями в метрах) для базисных расстояний 10 и 20 м. Угломерная шкала предназначена для определения уклона местности, высотомерная – высоты и радиусов крон растущих деревьев. В этой же камере уста-

новлены узлы визирной системы – отражательная призма с отсчетным индексом и лупа. Для освещения шкал в крышке прибора и камере имеются окна. Проходящий свет при визировании позволяет наблюдать шкалу и объект намерения одновременно в поле зрения прибора.

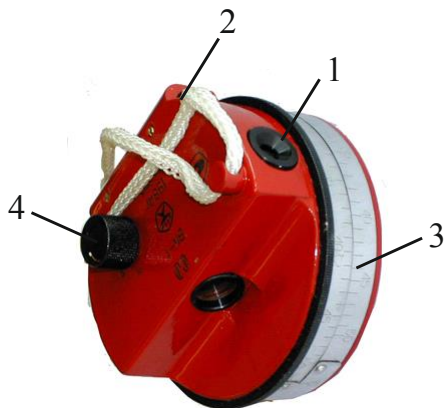


Рис. 2.22. Высотомер-кромномер ВКН-1:

- 1 – окуляр (визирная трубка); 2 – дальномер (дальномерная трубка);  
3 – логарифмический калькулятор; 4 – маховичок-переключатель

Во втором блоке высотомера-кромномера параллельно плоскости диска установлена пентапризма. Она служит для переключения прибора на вертикальное визирование при определении радиусов кроны. Переключение призмы для измерения высоты или радиусов кроны дерева проводится маховичком, который установлен на внешней поверхности корпуса: при измерении высоты специальная метка на головке маховичка должна находиться против буквы «Н», а при измерении радиусов кроны – против буквы «R».

Прибор снабжен клиновым дальномером для определения базисных расстояний. Дальномер расположен параллельно визирной системе в корпусе и состоит из бипризмы, объектива и окуляра.

Логарифмический калькулятор состоит из двух шкал (подвижной и неподвижной) и предназначен для определения высот деревьев. Неподвижная шкала закреплена на крышке корпуса, а подвижная – на втулке, вращающейся вокруг корпуса. Метражные шкалы на калькуляторе нанесены в логарифмическом масштабе. На неподвижной шкале кроме метражной шкалы нанесена градусная шкала поправок на уклон местности.

Измерение высоты деревьев проводят в следующей последовательности:

1) выбирают пункт, с которого хорошо просматриваются основание и вершина дерева; на дереве закрепляют базисную ленту с таким расчетом, чтобы ее середина находилась на уровне глаза наблюдателя;

2) определяют расстояние от выбранного пункта до дерева; для этого, визируя на базисную ленту через дальномер, проводят отсчет расстояния по величине взаимного смещения изображений базисной ленты вышеописанным способом;

3) измеряют уклон местности в направлении дерева по показанию угломерной шкалы после визирования высотомером на середину базисной ленты. Уклон до  $5-6^\circ$  не учитывают;

4) по высотомерной шкале проводят отсчеты, визируя на вершину и основание дерева. В зависимости от положения уровня глаз наблюдателя по отношению к основанию дерева отсчеты или складываются или вычитаются в соответствии с изложенным выше принципом;

5) на неподвижной шкале калькулятора фиксируют деление, соответствующее расстоянию от пункта измерения до дерева (базису), и с этим делением совмещают начало подвижной шкалы (цифра 10), а при наличии уклона – его значение;

6) на подвижной ножке калькулятора находят деление, соответствующее сумме (или разности) отсчетов по высотомерной шкале, и против этого деления на подвижной шкале снимают значение общей высоты дерева.

При работе высотомером-краномером ВКН-1 погрешность измерения составляет: высоты деревьев  $\pm 3\%$ , радиусов крон деревьев  $\pm 4\%$ , базисных расстояний  $\pm 1\%$ , уклонов местности  $\pm 30$  минут.

**Эклиметр как высотомер.** Для измерения высоты деревьев в лесотаксационной практике часто используется портативный геодезический прибор – эклиметр (рис. 2.23). Его прямое назначение – измерение углов наклона местности.

Он состоит из четырехгранной пустотелой трубки, на концах которой имеются диоптры для визирования: предметный из тонкой проволоки и глазной в виде узкой щели. Трубка соединена с цилиндрической коробкой, внутри которой помещен вращающийся диск (маятник). Обод диска снабжен шкалой с градусными делениями по  $60^\circ$  в обе стороны от нуля. Шкала видна в вырезе на цилиндрической коробке у глазного диоптра. Для лучшей видимости градусных делений на диске к главному диоптру припаяна оправа с лупой. Для торможе-

ния и полной остановки диска на крышке коробки имеется специальная кнопка.

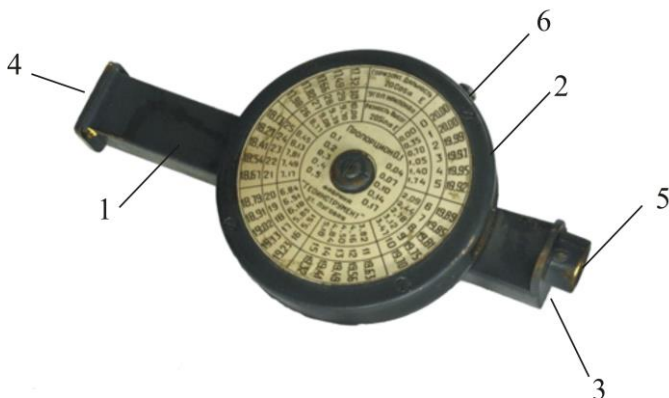


Рис. 2.23. Эклиметр:

1 – трубка; 2 – коробка; 3 – глазной диоптр; 4 – предметный диоптр;  
5 – оправка с лупой; 6 – кнопка торможения

При определении высоты дерева от него отмеряют базисное расстояние, равное 10, 15 или 20 м. Выбрав одно из этих расстояний (наиболее близкое к значению высоты), проводят визирование через диоптр на вершину дерева и отсчитывают по шкале эклиметра градусную величину угла между горизонтальной плоскостью и линией визирования. Для нахождения высоты по значениям углов и базиса используется специальная таблица. В ней с учетом базисного расстояния приведены высоты для углов до  $60^{\circ}$ . Табличные значения высоты включают и постоянную поправку (расстояние от земли до уровня глаз наблюдателя), равную 1,5 м.

Высота деревьев, расположенных на наклонной поверхности, так же, как и при работе с другими высотомерами, определяется по двум отсчетам: при визировании на вершину дерева и визировании на его основание.

На равнинной местности высоту дерева можно определить, отходя от него на расстояние, с конца которого (с пункта измерения) угол на вершину дерева составит  $45^{\circ}$ . В этом случае высота дерева будет равна расстоянию от пункта наблюдения до дерева (измеряется рулеткой), увеличенному на величину роста наблюдателя до уровня глаз.

**Высотомер Suunto PM-1520.** Финский оптико-механический высотомер предназначен для оперативного и точного измерения высоты деревьев с разных базисных расстояний и углов наклона местности (рис. 2.24).

Корпус высотомера выполнен из нержавеющей, коррозионно-стойкого легкого сплава. Внутри корпуса находится маятник в виде вращающегося диска со шкалами. Диск помещен в заполненную жидкостью герметичную коробку и свободно вращается на специальных подшипниках. Жидкость обеспечивает плавное движение и быструю стабилизацию диска. Она сохраняет демпфирующие свойства в любых условиях погоды и эффективно гасит колебания шкалы, мешающие отсчету показаний высоты.



Рис. 2.24. Высотомер Suunto PM-1520:  
1 – корпус; 2 – окуляр, 3 – маятник со шкалами

Диск снабжен двумя шкалами с делениями в метрах: первая для измерения высоты деревьев с базисного расстояния 20 м, а вторая – с 15 м. Соответствующую шкалу (с обозначениями 1/20 или 1/15) можно выбрать при крайнем верхнем положении визирования. При необходимости можно использовать расстояния 30 и 40 м. В этом случае отсчеты по шкале следует умножить на два.

При определении высоты от дерева отмеряется базисное расстояние 15 или 20 м. С пункта измерения при обоих открытых глазах проводится визирование высотомером на вершину дерева. При этом в поле зрения одновременно оказываются объект измерения, шкала и волосная линия высотомера. Высота дерева снимается по шкале в момент нахождения волосной линии на вершине дерева. Полученное показание соответствует высоте дерева от уровня глаз наблюдателя. Таким же образом берется показание по шкале при визировании высотомером на основание дерева. Общая высота дерева определяется или как сумма отсчетов или как разность (без прибавления высоты до уровня глаза наблюдателя) в соответствии с изложенным выше принципом.

При значительных уклонах местности может возникнуть ошибка в измерении базисного расстояния по горизонтали. Она приводит к погрешности в определении высоты. Поэтому в этом случае высоту дерева следует корректировать по номограмме (рис. 2.25). При этом вместо угла наклона используется показание прибора при визировании на основание дерева.

Номограмма состоит из четырех вертикально расположенных шкал. На левой стороне номограммы на одной оси слева и справа от нее расположены две шкалы («Показания для основания»). Левая из них предназначена для нахождения показаний, полученных при визировании на основание дерева с уклоном, а правая – при визировании с подъемом. С правой стороны номограммы помещена шкала для фиксирования значений измеренной высоты до корректировки («Кажущаяся высота»), а в средней части – для определения фактической высоты («Исправленная высота»).

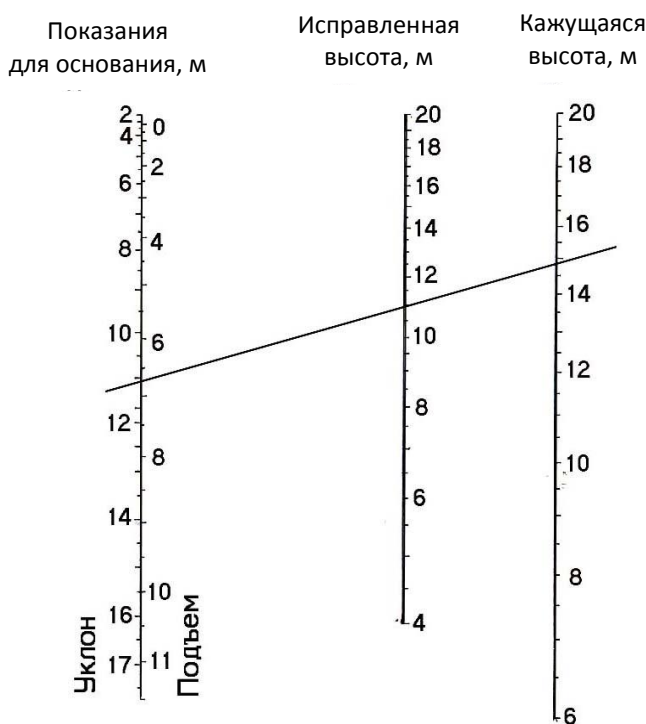


Рис. 2.25. Номограмма для определения высоты деревьев с учетом уклона местности при базисе 20 м

Корректировка высоты с помощью данной номограммы проводится следующим образом. На крайней правой шкале находят отметку, равную измеренной (кажущейся) высоте (на рисунке она равна 14,8 м). С учетом направления визирования (с уклоном или подъемом) на левой стороне номограммы выбирают одну из двух шкал и на ней находят отметку, соответствующую показанию, полученному при визировании высотомера на основание дерева (на рисунке оно равно 11,1 м). Зафиксированные на левой (11,1 м) и правой (14,8 м) шкале отметки соединяют прямой линией. Точка пересечения этой линии с осью средней шкалы («Исправленная высота») соответствует фактической высоте дерева (на рисунке она равна 11 м).

Погрешность измерения высоты высотомером Suunto PM-1520 составляет  $\pm 1-2\%$ .

Высотомеры Suunto выпускаются в различных модификациях, устройство и принципы работы которых очень близки. Так, в лесотаксационной практике широко применяются высотомеры Suunto PM-5/1520PC и Suunto PM-5/1520P. Главной отличительной особенностью первого высотомера от рассмотренного выше высотомера Suunto PM-1520 является наличие третьей шкалы в процентах для измерения наклона местности. Высотомер Suunto PM-5/1520 P имеет дальномер (преломляющую призму) для определения базиса с помощью складной пластмассовой рейки (поставляется в комплекте с прибором).

При измерительных работах в лесу хорошие результаты обеспечивает прибор Suunto Tandem (рис. 2.26). Он в одном корпусе объединяет высокоточный высотомер и буссоль. Высотомер этого прибора по конструкции аналогичен рассмотренным выше высотомерам Suunto. В приборе оси визирования высотомера и буссоли расположены под прямым углом друг к другу.



Рис. 2.26. Высотомер–буссоль Suunto Tandem



Комбинация двух приборов в одном корпусе является эффективным решением для выполнения комплексных задач, требующих измерения и высот деревьев, и горизонтальных углов на местности. В частности, прибор очень технологичен при отводе и таксации лесосек.

При определении высоты деревьев могут успешно применяться выпускаемые фирмой Suunto клинометры РМ-5 – приборы для измерения наклона линии или плоскости. Они работают по принципу эклиметра. В нашей стране при таксации лесов наиболее часто используются следующие модификации РМ-5:

1) РМ-5/SPC – в приборе левая шкала измерительного диска представлена значениями функции секанса, правая – процентами от  $-150$  до  $+150$ ;

2) РМ-5/66 РС – левая шкала измерительного диска разделена на проценты от  $-150$  до  $+150$ , а правая имеет деления в метрах и предназначена для определения высоты деревьев с базиса 20 или 40 м; при высотах до 30 м ошибка измерения составляет не более  $\pm 0,3$  м;

3) РМ-5/360 РС, РМ-5/360 РСВ – левая шкала измерительного диска приборов разделена на градусы от  $-90$  до  $+90$ , а правая - на проценты от  $-150$  до  $+150$ ; имеют таблицу поправок на уклон местности от  $0$  до  $45^\circ$ ; РМ-5/360 РСВ имеет дополнительно подсветку от батарейки для работы в темное время суток;

4) РМ-5/360 РСР – левая шкала измерительного диска разделена на градусы от  $-90$  до  $+90$ , а правая – на проценты от  $-150$  до  $+150$ ;

5) РМ-5/400 – левая шкала измерительного диска разделена на градусы ( $400 \text{ град} = 360^\circ$ ), правая – на проценты.

**Высотомер *Silva Clino Master*.** Шведский оптико-механический высотомер высокой точности предназначен для измерения высоты деревьев и вертикальных углов (рис. 2.27). Он смонтирован в анодированном алюминиевом корпусе. Внутри корпуса в специальной капсуле, заполненной демпфирующей жидкостью, находится вращающийся на специальных подшипниках диск со шкалами. Шкалы позволяют измерять высоту деревьев с четырех базисных расстояний: 10; 15; 20 и 25 м. На боковой поверхности высотомера размещена сантиметровая шкала.

Снятие показаний по шкале и определение высоты деревьев выполняются так же, как и при работе с высотомерами Suunto.

Высотомер *Silva Clino Master* выпускают в нескольких модификациях: с линзой или призмой для визирования и снятия показаний, с подсветкой от батареи или с применением специальной технологии

Active Beta Lighting, с дальномерным устройством для определения базисного расстояния (по базисной ленте) и без него.



Рис. 2.27. Высотомер Silva Clino Master:  
1 – корпус; 2– окуляр, 3– маятник со шкалами

Точность измерения высоты деревьев высотомером Silva Clino Master составляет  $\pm 2\%$ .

Для решения комплексных задач, требующих измерения и высот деревьев и горизонтальных углов на местности, выпускается прибор Silva Survey Master, объединяющий в одном корпусе высотомер Clino Master и буссоль Sight Master. Оси визирования высотомера и буссоли в приборе находятся на одной линии.

### **2.3.2. Геометрический принцип определения высоты дерева. Высотомеры, построенные по этому принципу**

*Геометрический принцип* измерения высоты основан на подобии треугольников, один из которых проектируется на местности, а другой – на приборе. Имеется много различных конструкций высотомеров, но принципиальная схема их устройства одинаковая. Сам принцип проще всего рассмотреть на примере мерной вилки, используемой в качестве высотомера.

#### ***Мерная вилка в качестве высотомера***

Для того, чтобы из мерной вилки сделать высотомер, необходимо выполнить следующие действия:

– на ее неподвижной ножке на расстоянии 5-10 см от конца закрепить нить с отвесом;

– на подвижной ножке напротив точки прикрепления отвеса обозначить нулевую отметку и по разные стороны от нее нанести сантиметровые деления (шкалу высот); для удобства отсчетов деления должны иметь соответствующий наклон, который определяется положением нити с отвесом при разных углах расположения ножек относительно горизонта (рис. 2.28, а).

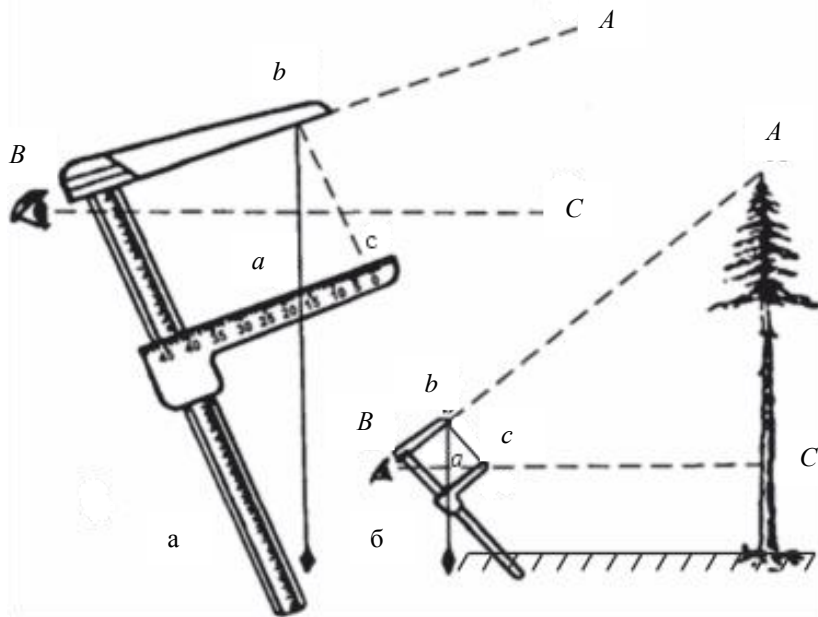


Рис. 2.28. Измерение высоты дерева мерной вилкой:  
 а – мерная вилка, подготовленная к измерению высоты;  
 б – геометрический принцип измерения высоты

Для измерения высоты дерева, стоящего на ровной местности (горизонтальной поверхности), отмеряется от него расстояние (базис), примерно равное его высоте (рис. 2.28, б). Подвижная ножка мерной вилки отодвигается от неподвижной на столько сантиметров, сколько метров составляет базис. По нижней грани неподвижной ножки производится визирование на вершину дерева. При этом нить отвеса на подвижной ножке пересечет некоторое деление в сантиметрах, соответствующее высоте дерева от уровня глаз наблюдателя ( $h_1$ ) в метрах. Это следует из подобия двух треугольников  $ABC$  и  $abc$ , которые образованы взаимно перпендикулярными сторонами.

Поэтому можно составить пропорцию

$$AC : BC = ac : bc.$$

Отсюда

$$AC = ac BC / bc.$$

Но

$$BC / bc = 100.$$

Тогда

$$AC = 100 ac.$$

Таким образом, высота дерева от уровня глаз наблюдателя равна числу сантиметров на подвижной ножке вилки, умноженному на 100.

Для получения общей высоты дерева ( $h$ ) к полученной высоте необходимо прибавить высоту до уровня глаз наблюдателя ( $h_2$ ).

При работе на наклонной поверхности высоту дерева определяют по данным двух отсчетов, полученных при визировании на вершину дерева и на его основание. Если эти отсчеты располагаются по разным сторонам от нулевого деления, то общая высота дерева определяется как сумма отсчетов, если же по одну сторону – как разность между отсчетом на вершину и на основание. Погрешность измерения высоты составляет  $\pm 5-8\%$ .

По геометрическому принципу работают многие высотомеры: зеркальный высотомер Фаустмана, безбазисный высотомер Христана, высотомер Вейзе, высотомер с равномерной шкалой Кондратьева и др.

**Безбазисный высотомер Христана.** Указанные выше высотомеры в нашей стране широкого распространения не получили. В настоящее время они морально устарели и некоторые из них можно встретить только в музеях. Тем не менее безбазисный высотомер Христана и сегодня заслуживает внимания в силу своих неоспоримых преимуществ:

- не требуется измерения базиса;
- конечная высота независимо от рельефа участка определяется при одном отсчете по высотомеру;
- значительно сокращается время измерения (чем при работе с базисными высотомерами);
- высотомер может быть изготовлен таксатором самостоятельно.

Классический вариант высотомера – это металлическая или деревянная линейка, имеющая на концах выступы, расстояние между которыми составляет 30 см (рис. 2.29). На отрезке линейки между выступами нанесена шкала высот с делениями различной величины. Для измерения высоты кроме линейки нужна рейка длиной 4 м, заменяющая собой базис. Она приставляется к стволу дерева.

Измерение высоты может проводиться с любого пункта (находящегося на произвольном расстоянии), с которого хорошо просматриваются и основание и вершина дерева. С этого пункта, держа высотомер вертикально (параллельно стволу) и приближая или удаляя его от глаза, добиваются такого положения, при котором дерево точно вписывается между выступами линейки (отрезок линейки с делениями покрывает дерево).

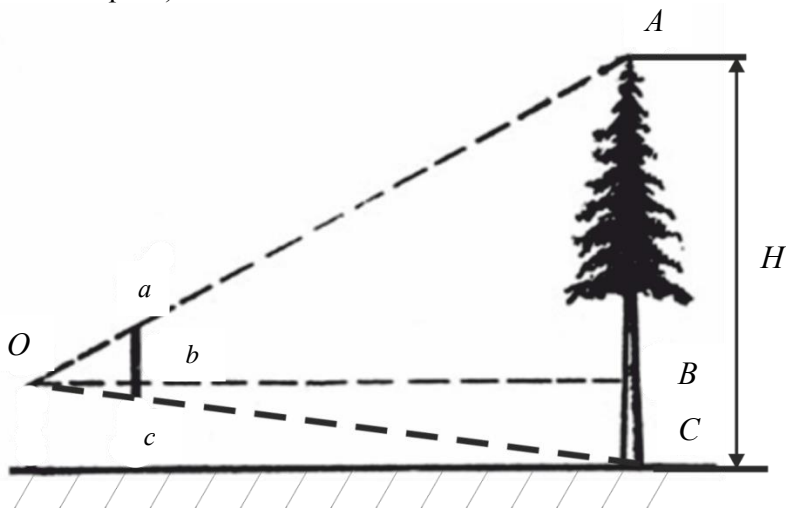


Рис. 2.29. Измерение высоты дерева высотомером Христана

В этом случае лучи зрения  $Oa$  и  $Oc$ , проходящие через крайние точки шкалы, на стволе дерева пересекут точки  $A$  и  $C$ , соответствующие вершине и основанию дерева, а луч  $Ob$ , направленный на верхний конец приставленной к дереву рейки  $BC$ , может пересечь на линейке деление  $bc$ , показывающее высоту дерева  $AC$ . Для этого на линейку снизу вверх наносятся деления, соответствующие различным высотам при определенной длине рейки (в классическом варианте при длине 4 м). Возможность такой процедуры имеет следующее теоретическое обоснование.

Треугольники  $Oac$  и  $OAC$ , а также  $Obc$  и  $OBC$  подобны. Из подобия этих пар треугольников следует, что

$$AC : ac = OC : Oc; BC : bc = OC : Oc.$$

Следовательно,

$$AC : ac = BC : bc; AC = H = BC ac : bc.$$

При этом

$$BC = 4 \text{ м, а } ac = 0,3 \text{ м.}$$

Тогда

$$H = 4,0 \times 0,3 : bc = 1,2 : bc.$$

Таким образом, для различных значений высоты  $H$  можно вычислить величины  $bc$  по формуле  $bc = 1,2 : H$  и нанести их на линейку высотомера. Причем при изменении высоты на постоянную величину (например, с шагом, равным 1 м) деления на линейке окажутся разными по ширине. Они сгущаются в направлении увеличения высоты.

Высотомер обеспечивает определение высоты деревьев с погрешностью  $\pm 3\text{--}5\%$ . Из-за различной величины делений линейки высота низких деревьев измеряется точнее, чем высоких.

### 2.3.3. Оптический принцип определения высоты дерева. Высотомер, базирующийся на этом принципе

Принцип измерения высоты основан на оптических свойствах призмы и реализован в высотомере Н. П. Анучина и зеркальном реласкопе В. Биттерлиха.

**Высотомер Н. П. Анучина.** Оптическая система этого высотомера состоит из двояковогнутой рассеивающей линзы, служащей объективом и вогнуто-выпуклой линзы, используемой в качестве окуляра. Она вмонтирована в отдельный тубус, находящийся внутри корпуса. На корпусе со стороны объектива смонтированы две измерительные шкалы для базисов 15 и 20 м (рис. 2.30). Лучи света, идущие от измеряемого дерева, проходят через рассеивающую линзу. Это позволяет получать мнимое прямое строго уменьшенное изображение дерева. Получение прямого изображения является существенным достоинством прибора.

Для измерения высоты дерева от него отходят на расстояние 15 или 20 м (в зависимости от высоты дерева). При рассматривании дерева через высотомер его изображение окажется за объективом в прямоугольной прорези стенки со шкалой. Нулевое деление шкалы нацеливают на основание дерева. В этом случае на шкале вершина дерева отсечет деление, соответствующее всей его высоте.

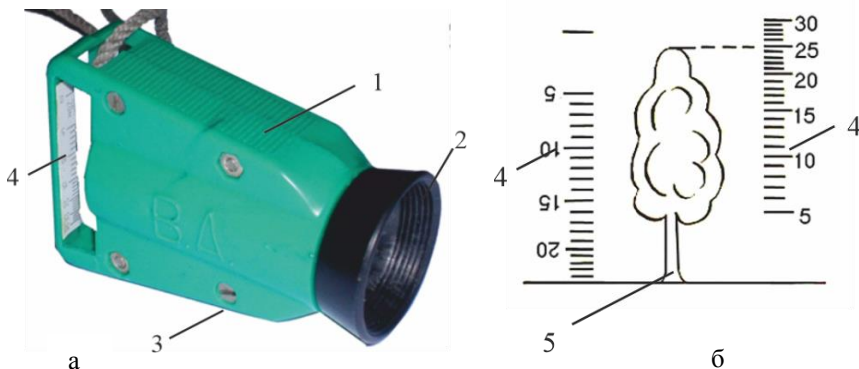


Рис. 2.30. Высокотмер Анучина (а) и измерение им высоты дерева (б):  
 1 – корпус высокотмера; 2 – окуляр; 3 – винты соединения корпуса;  
 4 – отсчетные шкалы; 5 – измеряемое дерево

Преимущества высокотмера при измерениях:

- высота дерева определяется одним отсчетом по шкале прибора;
- одновременно с высотой дерева можно определить протяженность кроны, длину отрезков ствола в нижней половине.

Погрешность определения высоты  $\pm 3-5\%$ .

Устройство *реласкона В. Биттерлиха* и принцип измерения высоты деревьев этим прибором рассматриваются ниже, в разделе, посвященном определению сумм площадей поперечных сечений дерева.

### 2.3.4. Электронные и лазерные высокотмеры

В настоящее время лесное хозяйство и лесоустройство переходят на новое поколение высокотмеров – электронные и лазерные. В основном они импортного производства, выпускаются в Финляндии, Швеции, Германии, Японии и в некоторых других странах. В высокотмерах

реализован тригонометрический принцип определения высоты деревьев и превышений точек на местности (по измеренным расстояниям и углам).

**Высотомер Forestor Vertex (Швеция).** Высотомер предназначен для измерения высот деревьев, углов наклона местности и расстояний (до 45–50 м). В комплект прибора входят собственно высотомер (измеритель) и дальномер (рис. 2.31).

Высотомер имеет форму четырехгранной удлиненной коробки. На верхней стороне корпуса расположены клавиши ON/OFF (включение/выключение), STEP (шаг или переключение), UNDO (сброс данных) и красная кнопка. На одной из торцевых сторон корпуса размещены окуляр с объективом и гнездо для элементов питания, а на левой боковой стороне – дисплей. Дальномер имеет окно для приема импульсного сигнала, сигнальную лампочку и булавку, с помощью которой он крепится на стволе дерева. При повороте булавки на  $90^0$  (для закрепления на дереве) сигнальная лампочка начинает мигать, указывая на включение приемного устройства импульсного сигнала. В дальномере также имеется гнездо для элементов питания.

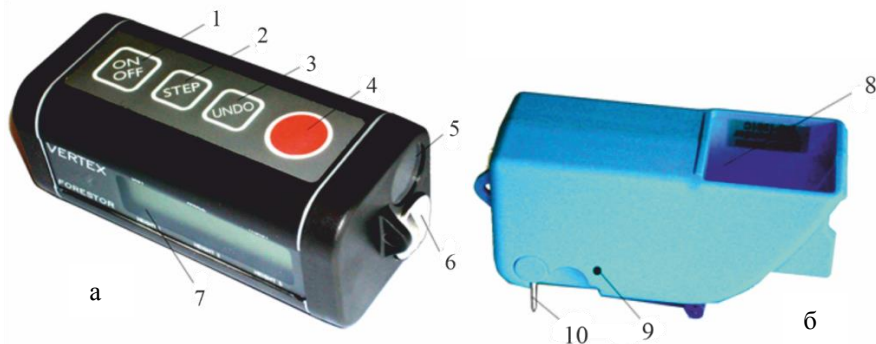


Рис. 2.31. Высотомер Forestor Vertex (а) с дальномером (б):

- 1 – клавиша ON/OFF (включение/выключение); 2 – клавиша STEP (шаг или переключение); 3 – клавиша UNDO (сброс данных); 4 – красная кнопка;
- 5 – окуляр; 6 – гнездо для элементов питания; 7 – дисплей;
- 8 – окно приема импульсного сигнала; 9 – сигнальная лампочка; 10 – булавка

Высота деревьев определяется по двум углам и базису. Базис может быть определен с помощью дальномера автоматически или вручную с использованием рулетки.

Для измерения высоты выполняют следующие действия.

1. Поворачивают булавку на дальномере в «активное» положение



(замигает сигнальная лампочка) и закрепляют дальномер на дереве на высоте около 1,3 м.

2. Отходят от дерева на расстояние, примерно равное его высоте.

3. Включают высотомер, нажав клавишу ON/OFF; затем нажимают две клавиши одновременно: UNDO и ON/OFF. На дисплее прибора высветятся сообщения: в 1-м ряду Pivot offset, во 2-м – TRP height.

Pivot offset 0.0
TRP height 0.0

4. Вводят числа у Pivot offset – 0,3, а у TRP height – 1,3. Цифры вставляются клавишами STEP (увеличение чисел) и UNDO (уменьшение), а мигающее окно перемещается нажатием красной кнопки.

5. Смотрят в окуляр высотомера и убеждаются, что в зрительной трубе появилась инфракрасная точка (интенсивность ее свечения регулируют клавишей STEP); нацеливают эту точку на дальномер, нажимают красную кнопку и держат в нажатом положении (1–5 с), пока точка не погаснет. На экране дисплея высветятся три числа: расстояние до дерева, или базис (Dist), угол в градусах (Angle) и горизонтальное положение (H.dist).

17,1	28	16,8
Dist	Angle	H.dist

6. Инфракрасную точку нацеливают на верхнюю точку дерева (точка мигает) и нажимают (1–2 с) на красную кнопку до исчезновения точки. На нижней левой части дисплея (Height 1) высветится значение высоты дерева. Если высота 1,3 м не была введена в память высотомера, то ее прибавляют к полученному значению. *Высотомер при измерении необходимо держать так, чтобы сторона с дисплеем была строго в вертикальной плоскости.* Прибор позволяет у дерева замерить еще две высоты. После третьего измерения инфракрасная точка исчезнет.

7. Клавишей UNDO проводят сброс данных. Нажав 3 раза клавишу UNDO, можно повторить измерения или измерить высоты трех соседних деревьев, удаленных на такое же расстояние от исполнителя. Отключается прибор нажатием клавиши ON/OFF или автоматически через 60 с.

Высотомер позволяет измерить высоту дерева без использования дальномера. В этом случае базис отмеряется рулеткой и вводится в

память высотомера. Причем он остается в памяти прибора, пока не будет введен новый.

Данные высоты, расстояния и углов наклона можно дистанционно передавать («сбрасывать») через инфракрасный излучатель промежуточному оператору или через радиостанцию (РС) на приемники 1R-6 или 1R-7. Приемник 1R-6 имеет микропроцессор, который выполняет проверку и увязку поступивших данных.

При работе высотомером Forestor Vertex погрешности в измерениях составляют: высоты деревьев  $\pm 0,1$  м, базисных расстояний до 20 м  $\pm 0,01$  м, уклонов местности  $\pm 10$  минут.

**Высотомер–угломер Haglof Electronic Clinometer (Швеция).** Это компактный прибор известной фирмы Haglof, позволяющий измерять высоты и вертикальные углы, не придерживаясь фиксированного расстояния до объекта (рис. 2.32).

По форме и размерам (20×63×44 мм) корпус высотомера напоминает спичечную коробку с одной скошенной стороной. На одной из широких сторон корпуса размещена кнопка управления. Рядом с кнопкой на боковой стороне расположен окуляр, а на скошенной стороне корпуса – окно. Высотомер имеет три режима работы: DIST – выбор расстояний, HGT – измерение высоты, DEG – измерение углов.



Рис. 2.32. Электронный высотомер-угломер Haglof Electronic Clinometer (HEC):  
1 – окуляр; 2 – кнопка управления; 3 – окно

Измерение высоты деревьев проводят в следующей последовательности:

1) включают прибор нажатием кнопки управления и смотрят в окуляр, держа оба глаза открытыми. На экране появятся сообщения: в

левом верхнем углу экрана – DIST (расстояние) и в нижнем правом углу – последний использованный базис;

2) измеряют базисное расстояние в метрах от наблюдателя до дерева мерной лентой или электронным дальномером (с округлением до метра); держа кнопку нажатой, тянут горизонтальные линии на экране вверх (для увеличения расстояния) или вниз (для уменьшения) до появления на экране необходимого значения базиса;

3) для фиксирования измеренного базиса и перехода к измерению вертикальных углов, глядя в окуляр, один раз нажимают на кнопку управления. На экране появится надпись DEG (угол), которая сообщает о необходимости измерения угла;

4) для измерения угла визирования на основание дерева высотомер направляют на шейку корня дерева, ориентируясь по горизонтальным линиям на экране; нажимают на кнопку управления до появления значений угла на экране дисплея;

5) для измерения высоты один раз нажимают на кнопку управления и высотомер направляют на вершину дерева (горизонтальные линии наводят на вершинку). На экране появится значение высоты дерева (HGT) в метрах. С данного пункта у измеряемого дерева можно определить и другие высоты (высоту до начала кроны, высоту до наибольшей ширины кроны).

Точность измерений высоты составляет 0,1 м, вертикальных углов  $0,1^{\circ}$ .

**Высотомер Vertex IV (Швеция).** Это современное высокотехнологичное устройство для измерения высоты деревьев, расстояний, вертикальных углов, а также температуры воздуха. В нём реализована ультразвуковая технология, позволяющая проводить измерения в условиях высокой сомкнутости полога древостоя и при наличии густого подроста и подлеска, закрывающих измеряемый объект. Можно проводить обработку до шести значений высот объекта. Высота деревьев и превышения точек на местности определяются тригонометрическим путём через измеренные расстояния и углы.

Высотомер имеет компактные размеры (80×50×30 мм), изготовлен в корпусе из анодированного алюминия и имеет незначительный вес (160 г). Представление о форме и основных узлах высотомера можно получить из данных рис. 2.33.

При нажатии левой кнопки управления (DME) включается режим дальномера. При одновременном нажатии обеих кнопок управления прибор выключается. Красная кнопка служит для включения устройства, подтверждения измеренных значений, а также используется в качестве переключателя при измерении углов и высот.



Рис.2.33. Высотомер Vertex IV:

- 1 – ультразвуковой датчик; 2 – датчик температуры; 3 – линза;
- 4 – две кнопки управления; 5 – кнопка включения; 6 – дисплей; 7 – глазок;
- 8 – отсек для элементов питания; 9 – инфракрасный датчик

Определение высоты дерева может проводиться с любого базисного расстояния. Для определения этого расстояния используются встроенный дальномер и специальный транспондер, который устанавливается на измеряемом дереве (рис. 2.34). Высота установки транспондера предварительно записывается в электронной памяти высотомера. Транспондер является ультразвуковым передатчиком и приёмником, поддерживающим связь с приборами Vertex.



Рис. 2.34. Транспондер (1) и конусный отражатель (2), используемый с высотомером Vertex IV

При измерении высоты придерживаются следующего порядка:

- 1) включают транспондер и устанавливают его на измеряемое дерево;

2) отходят от дерева на расстояние, примерно равное высоте дерева, нажатием на соответствующую кнопку включают прибор, нацеливают его на транспондер и при нажатой кнопке ожидают появления на экране скрещенных нитей; после этого освобождают кнопку;

3) направляют прибор на вершину дерева (скрещенные нити при этом мигают), нажимают на кнопку включения и ожидают исчезновения скрещенных нитей; высотомер рассчитывает высоту дерева с учетом высоты визирования и уклона местности, выводит ее на экран и сохраняет в электронной памяти прибора.

Прибор имеет режимы измерения высот без транспондера, вертикальных углов, расстояний и горизонтальных проекций. Высотомер оборудован инфракрасным передатчиком. Полученные данные могут быть переданы через инфракрасный канал в компьютер или электронную мерную вилку Haglof Digitech Professional или Mantax Digitech. Такая функция высотомера позволяет сохранять результаты измерений в электронной форме, тем самым значительно упрощает последующую обработку экспериментальных данных на компьютере.

По своим техническим характеристикам и потребительским качествам прибор отвечает самым высоким требованиям. Точность измерений составляет: высоты  $\pm 0,1$  м, вертикальных углов  $\pm 0,1^0$ , расстояний  $\pm 1$  %.

**Высотомер Vertex Laser VL5 (Швеция).** Это современный высокотехнологичный прибор, позволяющий измерять высоты, вертикальные углы и расстояния, сочетает в себе две технологии измерения: лазерную и ультразвуковую. Это значительно повышает возможности использования прибора. Измерения на открытой местности проводятся на основе лазерного излучателя (дистанция от 0,45 до 700 м), а в лесу в условиях высокой сомкнутости полога и густого подроста и подлеска – ультразвукового излучателя (до 30 м).

Прибор по устройству и размерам (93×63×72 мм) имеет большое сходство с высотомером Vertex IV. Он также оборудован инфракрасным портом для передачи результатов измерений в компьютер или электронные мерные вилки Haglof MD II и Haglof DP II (рис. 2.35).

Измерение высоты деревьев, базисных расстояний и вертикальных углов проводится по методике, схожей с изложенной выше для высотомера Vertex IV.

Точность измерений высотомером Vertex Laser VL5 составляет: высоты  $\pm 0,1$  м, вертикальных углов  $\pm 0,1^0$ , расстояний  $\pm 0,1$  м.

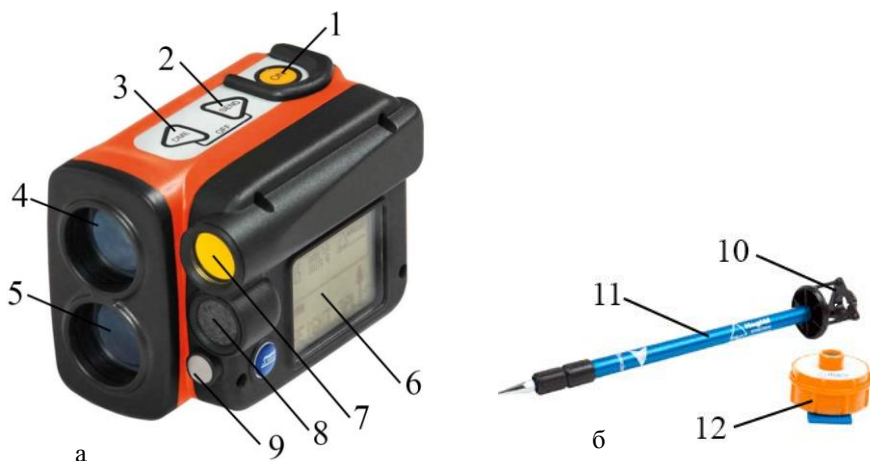


Рис. 2.35. Высотомер Vertex Laser VL5:

- а – дальномер-высотомер, б – дополнительное оборудование;  
 1 – кнопка включения (ON); 2 – кнопка SEND; 3 – кнопка SEND+DME;  
 4 – объектив лазерного излучателя; 5 – объектив лазерного приемника;  
 6 – дисплей; 7 – температурный датчик; 8 – № модели (L5);  
 9 – объектив видимости; 10 – адаптер; 11 – штатив; 12 – транспондер

**Лазерный дальномер Nikon Forestry 550 Pro (Япония).** Это многофункциональный прибор, предназначенный для измерения расстояний, высот, горизонтальных проложений, вертикальных углов и длины отрезков между двумя вертикально расположенными точками (рис. 2.36). Снабжен оптической системой, в которой используется монокулярная конструкция для наведения на объект измерения с 6-кратным оптическим увеличением. Измерительный блок прибора оборудован импульсным лазерным излучателем. Дальномер имеет два жидкокристаллических экрана (дисплея): внешний и внутренний. Исполнитель может наблюдать результат измерения как в окуляре зрительной трубы, так и на дисплее, располагающемся в боковой части устройства. На внутреннем экране отображается текущее измерение, на внешнем – вся остальная необходимая информация (длина нескольких линий, угол между ними и др.).

Специальная опция «приоритет дальней цели» обеспечивает измерение расстояния до нужного объекта. Система переключения приоритета цели поддерживает два режима измерения: режим приоритета дальней цели (отображается расстояние до самой дальней из нескольких целей, найденных в ходе однократного измерения), режим приори-

ритета первой цели (отображается расстояние до самой близкой из нескольких целей).

Прибор имеет функцию непрерывных измерений, обеспечивающую последовательное измерение расстояний до разных целей. При этом в реальном времени изменяющееся расстояние можно наблюдать на экране.



Рис. 2.36. Лазерный дальномер-высотомер Nikon Forestry 550 Pro:  
 1 – *Power* (питание); 2 – *Mode* (режим); 3 – линза монокулярного объектива/  
 отверстие лазерного излучателя; 4 – отверстие приемника излучения;  
 5 – наглазник/кольцо регулировки диоптрии; 6 – монокулярный окуляр  
 (6-кратного увеличения); 7 – внешний ЖК-дисплей

Управление дальномером осуществляется всего двумя кнопками: *Power* (питание) и *Mode* (режим). Режимы дальномера-высотомера приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

### Режимы измерения дальномера-высотомера

Режим измерения	Обозначение на экране
Фактическое расстояние	<i>Act</i>
Горизонтальное расстояние	<i>Hor</i>
Высота по одной точке (от уровня горизонтали)	<i>Hgt</i>
Угол (от уровня горизонтали)	<i>Ang</i>
Измерение высоты по двум точкам	<i>Hgt</i> (мигает)
Измерение высоты по трем точкам	<i>Hgt</i> (мигает)

Выбор и установка режимов осуществляются путем нажатия кнопки *Mode*.

При измерении расстояний последовательно выполняют следующие действия: включают прибор и выставляют единицы измерения и режим фактического расстояния *Act*, наводят лазерный дальномер на цель, нажимают на кнопку *Power*, считывают на экране расстояние до объекта.

Измерение при нажатой кнопке *Power* можно проводить в течение 20 секунд. После истечения этого времени или освобождения кнопки последний замер фиксируется и выносится на внешний экран. Для облегчения визирования на цель в поле видоискателя выводится прицел. Измерение высоты может проводиться в двух режимах: «по двум точкам» и «по трем точкам».

При измерении высоты деревьев по двум точкам поступают следующим образом:

1) включают прибор и выбирают единицы и режим измерения высоты *Hgt* (изображение *Hgt* будет мигать);

2) прицел дальномера наводят на основание дерева (первая точка), нажимают кнопку *Power*. На внутреннем экране появляются значение первой высоты и мигающий режим *Hgt + Hgt2*;

3) прицел дальномера наводят на вершину (вторая точка) дерева, после чего нажимают и отпускают кнопку *Power*; на внутреннем и внешнем экранах дальномера выведется высота дерева.

Для измерения высоты деревьев по трем точкам выполняют следующие действия:

1) включают прибор и выбирают единицы и режим измерения высоты по трем точкам (на экране видоискателя будет мигать изображение *Hor*);

2) прицел дальномера наводят на измеряемое дерево, нажимают и удерживают кнопку *Power*; на внутренний экран выведется значение горизонтального расстояния до дерева, а на внешнем экране будет мигать изображение *Hgt*;

3) наводят видоискатель на основание дерева и нажимают кнопку *Power* (2–3 секунды) и отпускают; на экране выведется зафиксированная высота от уровня глаз исполнителя до основания дерева, а на экране замигает изображение *Hgt2*;

4) для определения высоты дерева прицел видоискателя наводят на его вершину и нажимают кнопку *Power*; после освобождения кнопки на экране появится значение общей высоты дерева.



Точность измерений прибором составляет: высоты  $\pm 0,2$  м, расстояний до 100 м  $\pm 0,5$  м, вертикальных углов  $\pm 0,1^{\circ}$ .

**Дальномер TruPulse 360 В.** Безотражательный лазерный дальномер TruPulse 360 В – это универсальный прибор, совмещающий в себе функции дальномера, высотомера и угломера (рис. 2.37). Он оснащен инклинометром, позволяющим измерять как фактическое (наклонное) расстояние, так и горизонтальное проложение. Имеет встроенный электронный компас, показывающий величину вертикальных углов (азимут). Прибор может использоваться автономно или совместно с компьютером и дендрометром Criterion RD 1000 в качестве автоматической системы сбора данных.

При работе с прибором необходимо выбрать единицы измерения. Эта процедура выполняется следующим образом:

- нажимают кнопку  $\blacktriangledown$  и удерживают до 4 с (на экране появится сообщение *Units*);
- для выбора опции (расстояния или углы) нажимают на кнопку *Fire*, а для отражения опций – на кнопки  $\blacktriangledown$  или  $\blacktriangle$ ;
- нажатием кнопки *Fire* устанавливают нужные единицы измерения.

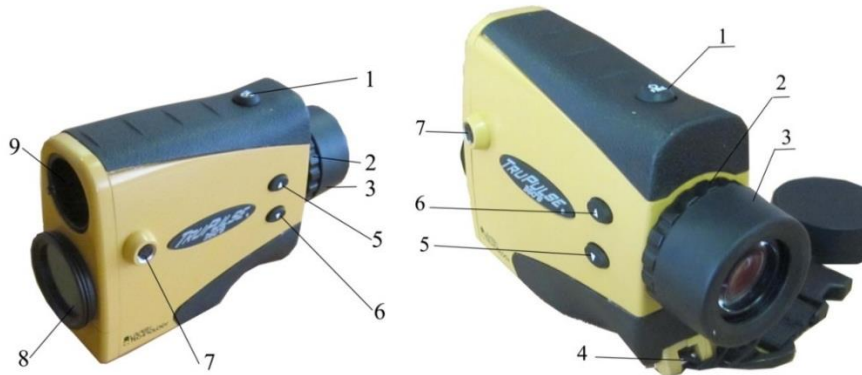


Рис. 2.37. Дальномер TruPulse 360 В:

- 1 – кнопка *Fire* (включения питания); 2 – кольцо фокусировки резкости;
- 3 – подвижной окуляр; 4 – место крепления ремешков; 5 – кнопка *Вверх*;
- 6 – кнопка *Вниз*; 7 – порт передачи данных RS232; 8 – принимающие линзы;
- 9 – передающие линзы / просмотр цели

Для измерения расстояния (базиса) проводится нацеливание через визирную рамку на цель. Затем нажимают и удерживают в нажатом

положении кнопку *Fire*. При этом, если лазерное излучение активно, появится индикатор *Laser*. После появления результата измерения кнопку *Fire* отпускают. Точность измерения расстояния до объектов, расположенных не далее 2000 м, составляет  $\pm 0,3$  м.

Прибор позволяет с высокой точностью определить высоту деревьев. В нем заложен принцип измерения высоты по вертикальным углам, определяемым с определенного расстояния.

При определении высоты деревьев (в режиме «по двум точкам») поступают следующим образом. Вначале определяют базис так, как описано выше. После его определения на экране появится сообщение *Ang\_1*, которое указывает на необходимость измерения первого угла. Для этого наводят прибор на основание дерева (INC – нижний угол наклона) и нажимают на кнопку *Fire*. На экране появится величина первого угла и сообщение *Ang\_2*, указывающее на возможность измерения второго угла. Он измеряется визированием на вершину дерева. После измерения двух углов на экране появится итоговая цифра – высота дерева. Нажатием на кнопку *Fire* данные можно обнулить и начать измерение высоты очередного дерева. Измерение высоты можно проводить и в режиме «по трем точкам». Точность измерений высоты составляет  $\pm 0,1$  м. Включение дальномера в режим Bluetooth позволяет автоматически передавать данные на компьютер.

Как было отмечено выше, в настоящее время ассортимент электронных высотомеров, выпускающихся в различных странах мира, очень широкий. Описывать все их разнообразие нет смысла. Зная приведенные выше приборы и общие принципы их работы, несложно освоить любой новый высотомер.

*На точность измерения высоты деревьев любым высотомером оказывает влияние множество факторов, связанных с конструктивными особенностями приборов, условиями измерения, индивидуальными особенностями исполнителя и т.д. Для получения более точных результатов необходимо проводить 2–3 измерения высоты и вычислить среднеарифметическое значение этого показателя.*

Важной и трудоемкой производственной задачей в лесу, выполнение которой связано с применением дальномеров, мерных вилок и высотомеров, является отвод и таксация лесосечного фонда. Эффективность проведения этого мероприятия во многом определяется инструментальной и приборной базой лесных предприятий. Учитывая высокую стоимость электронных приборов, при их приобретении необходимо ориентироваться на их совместимость. В частности, оптимальным решением может быть использование в комплексе дальномеров,

мерных вилок и высотомеров шведской компании Haglof, имеющих совместимые устройства. В этом случае сбор, хранение и обработку данных можно проводить полностью в цифровом виде. Это обеспечит повышение точности и оперативности работ.

## 2.4. Инструменты и приборы для определения возраста деревьев и их прироста по диаметру

Возраст дерева устанавливают по количеству годовичных колец у корневой шейки, а прирост по диаметру – по их ширине на высоте 1,3 м. Эти показатели у растущих деревьев определяются по кернам (образцам древесины), извлекаемым из ствола. Для этих целей применяются возрастные и приростные буравы и приростной молоток. Возрастной и приростной буравы различаются только длиной. Возрастной бурав значительно длиннее и позволяет определять возраст деревьев, тогда как приростной ввинчивают в ствол как правило всего на несколько сантиметров.

**Возрастной (приростной) бурав.** Бурав изготавливается из высоколегированных марок стали. В его комплект входят трубчатый футляр, полый бур (пустотелый цилиндр) и экстрактор (рис. 2.38). Футляр одновременно является и рукояткой бурава. На его середине проделано четырехгранное отверстие, в которое вставляется бур четырехгранным концом. Сбоку отверстия имеется пластинчатая защелка для фиксации бура к футляру-рукоятке.

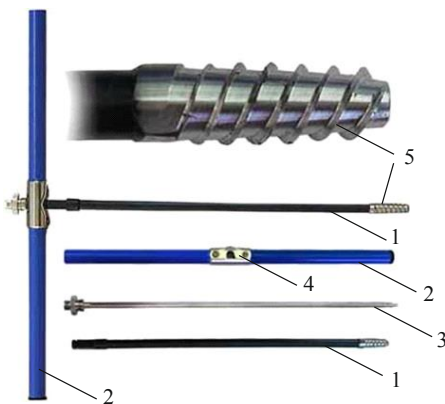


Рис. 2.38. Возрастной бурав:  
1 – полый бур; 2 – футляр-рукоятка; 3 – экстрактор;  
4 – защелка; 5 – режущая головка

Один (рабочий) конец бура заканчивается внешней винтовой нарезкой (режущей головкой), а другой выполнен в виде четырехгранника. Внутренняя полость бура расширяется в направлении к четырехгранному концу (рукоятке), а наружная остается цилиндрической. Коническое сечение полости бура, расширяемое к рукоятке, обеспечивает цельность вырезаемого керна и более легкое его извлечение.

Экстрактор представляет собой желобковую лопаточку с зазубринками на одном конце и пробкой с резьбой на другом. Он используется для извлечения керна древесины из полости бура.

При хранении и транспортировке бур и экстрактор укладываются в футляр, а пробка экстрактора навинчивается на футляр.

Основными изготовителями возрастных и приростных буравов являются шведская фирма Haglof и финская Suunto.

Фирма Haglof выпускает более 50 модификаций и типоразмеров буравов. По виду нарезки они делятся на двух- или трехрезьбовые. Двухрезьбовые буравы применяют при работе с сухой и твердой (мерзлой) древесиной. Они медленнее вворачиваются в дерево (8 мм за оборот) и тем самым не разрушают керн. Для мягкой древесины больше подходят трехрезьбовые буры, которые быстрее и легче проникают в дерево (12 мм за оборот).

Стандартными внутренними диаметрами бура (керна) являются 4,3 и 5,15 мм. Стандартные длины буров с диаметром 4,3 мм изменяются от 100 до 500 мм (с градацией 50 мм), а буров диаметром 5,15 мм – от 100 до 800 мм. Выпускаются также буравы с диаметрами керна 10 и 12 мм. Они в основном используются при решении задач, связанных с определением длины волокон древесины.

Фирма Haglof поставляет к возрастным буравам колвороты, существенно облегчающие взятие образцов у крупномерных стволов и деревьев с твердой древесиной.

Стандартным внутренним диаметром буравов фирмы Suunto является 5,0 мм. При таком диаметре их длина может составлять от 150 до 400 мм.

При определении возраста (и прироста) дерева бурав приводят в рабочее положение: бур четырехгранным концом вставляют в рукоятку и фиксируют защелкой. Затем бурав на соответствующей высоте ввинчивают в ствол дерева на требуемую глубину. Для определения возраста бурав вкручивают в дерево на уровне корневой шейки до его сердцевины, а для определения прироста по диаметру – на уровне

груди на глубину, зависящую от продолжительности периода, за который определяется прирост.

При ввинчивании бура в его полость входит высверленный столбик древесины (кern). Для его извлечения в полость бура вставляют экстрактор, утопляют его до упора и делают полный оборот бура в обратную сторону (отрывают kern от ствола). Затем kern древесины извлекается из полости бура вместе с экстрактором. Для определения возраста на нем подсчитывают количество годовичных колец и к этому результату прибавляют число лет, необходимое дереву для достижения высоты взятия образца. Прирост по диаметру устанавливается путем измерения на керне ширины соответствующих годовичных колец.

При определении возраста в случае неудачи с попаданием бура в сердцевину дерева работу следует повторить вновь, изменяя направление бура с учетом структуры годовичных колец предыдущего керна. Угол ввода возрастного бура более точно можно скорректировать с помощью специального прозрачного угломера, представляющего собой пластину, на одном конце которой нанесены полуокружности (рис. 2.39).

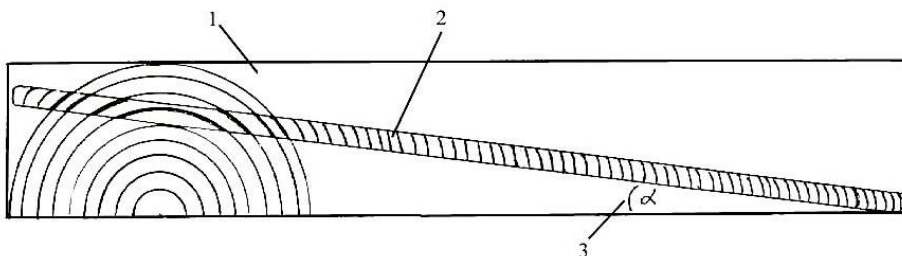


Рис. 2.39. Определение угла для корректирования ввода возрастного бура с помощью угломера:

1 – прозрачная пластинка; 2 – kern древесины; 3 – угол корректирования

Для определения угла корректирования kern кладут под пластинку так, чтобы его годовичные кольца совпали с полукольцами на пластинке. Другой конец керна совмещается с краем пластинки.

**Приростной молоток.** Он предназначен для извлечения из периферийной части ствола кернов древесины с целью определения величины радиального прироста (ширины годовичных колец) за последние годы (рис. 2.40).



Рис. 2.40. Приростной молоток:  
1 – ручка; 2 – наконечник; 3 – экстрактор

Молоток состоит из рукоятки, съемного наконечника и движущегося в нем экстрактора. При взятии керна наконечник молотка в радиальном направлении ударом вбивается в ствол. При этом в полость наконечника врезается столбик древесины (кern), который затем извлекается с помощью экстрактора. Полученный таким образом kern имеет диаметр 4–6 мм и длину около 25 мм. Он служит образцом для определения радиального прироста.

Производительность работ по отбору керна для определения радиального прироста с использованием приростного молотка значительно выше, чем с применением приростного бурава.

Для подсчета годичных колец и определения их ширины могут применяться обычные измерительные лупы и микроскопы, а также специально сконструированные для этих целей приборы: полуавтоматический прибор Эклунда, микродендрометр Карлберга, ауксометр-компаратор Попеску–Зелетине, устройство оптическое таксационное (УОТ), определитель колец Tree Core Reader, измерительный комплекс Lintab-6 и др.

**Прибор Эклунда** состоит из двух совместно работающих аппаратов: микроскопа и электрической печатающей счетной машинки. Он позволяет автоматически записывать толщину годичного кольца после ее визуальной фиксации под микроскопом. При измерении предметный столик микроскопа можно передвигать в продольном направлении и рассматривать последовательно годичные кольца на керне. Принцип работы полуавтоматического прибора Эклунда используется в современных измерительных комплексах Lintab, один из которых рассматривается ниже.

**Дендрометр Карлберга** и **ауксометр Попеску–Зелетине** позволяют определять динамику прироста по диаметру в пределах вегетационного периода и в основном применяются при эколого-

физиологических исследованиях. Большой необходимости их рассмотрения в данном издании нет.

Рассмотрим приборы, которые в настоящее время наиболее часто применяются при определении количества и ширины годовичных колец, а также других их количественных и качественных характеристик.

**Устройство оптическое таксационное УОТ.** Устройство УОТ (рис. 2.41) предназначено для подсчета годовичных колец при определении возраста дерева и измерения радиального прироста.



Рис. 2.41. Устройство оптическое таксационное:  
1 – окуляр; 2 – линза; 3 – втулка, 4 – корпус, 5 – гайка;  
6 – сквозное отверстие для керна

Основными узлами УОТ являются окуляр, линза с четырехкратным увеличением, втулка, смонтированные в алюминиевом корпусе. Внутри корпуса установлены светоотражающая пластина и шкала. Через корпус в поперечном направлении проходит сквозное отверстие диаметром 6 мм для помещения керна и его перемещения.

Для подсчета и измерения ширины годовичных колец керна вставляют в сквозное отверстие (причем он может находиться на экстракторе). Вращая втулку, добиваются четкого изображения годовичных колец керна и делений измерительной шкалы. Продвигая керна древесины в сквозное отверстие, проводят подсчет годовичных колец или измерение ширины одного или нескольких (чаще 5 или 10) колец. При хорошо видимых и широких годовичных кольцах на керне измерение их ширины можно проводить с помощью шкалы с ценой деления 2 мм, находящейся на поверхности корпуса.

Длина просматриваемой через УОТ части керна составляет 35 мм, точность измерения ширины годовичного кольца – 0,5 мм.

**Прибор для исследования годичных колец Tree Core Reader.**

Шведский полевой прибор предназначен для подсчета годичных колец и определения их ширины на кернях, извлеченных из дерева с помощью бурава фирмы Haglof (рис. 2.42). Прибор снабжен лупой с шестикратным увеличением, которая плавно перемещается по корпусу в продольном направлении, и линейкой для измерения ширины годичных колец. Внутри корпуса имеется отверстие для помещения керна стандартного диаметра (до 5,15 мм).

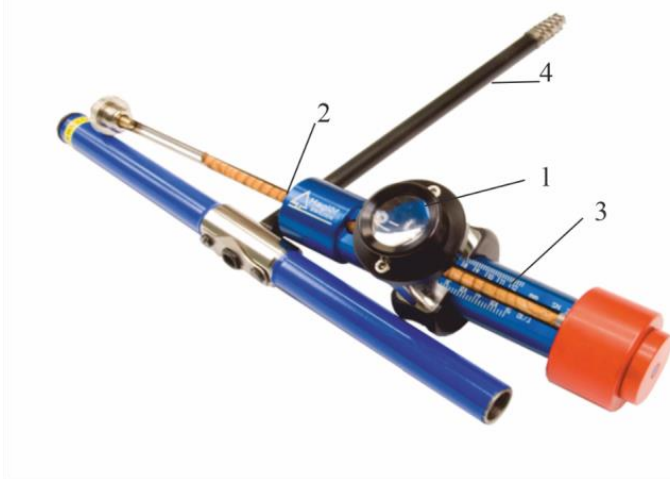


Рис. 2.42. Определитель годичных колец Tree Core Reader:  
1 – лупа; 2 – отверстие для экстрактора с керном; 3 – линейка; 4 – бурав

При определении ширины годичных колец керн помещают в прибор вместе с экстрактором (для предотвращения его разламывания). Причем начало периферийного годичного кольца должно находиться против нулевой отметки линейки. Плавно перемещая лупу в продольном направлении, проводят подсчет годичных колец и измерение их ширины.

Длина просматриваемой через прибор части керна составляет 120 мм, точность измерения ширины годичного кольца – 0,5 мм.

**Измерительный комплекс Lintab-6.** Измерительный комплекс (рис. 2.43) производится в Германии. Он предназначен для измерения ширины годичных колец на поперечных спилах ствола и буровых кернях, позволяет также определить ширину зон ранней и поздней древесины, размеры клеток и их стенок.

Основными узлами комплекса являются линейная направляющая (стол) длиной 560 мм, электронный стереомикроскоп (кратность



увеличения 40 и 80), рукоятка для фокусировки прибора (перемещения образцов по горизонтали), светодиодная подсветка образцов, универсальный штатив для микроскопа с 4 степенями свободы, преобразователь электронного сигнала в цифровой, компьютер с специальным программным обеспечением TSAP-Win.

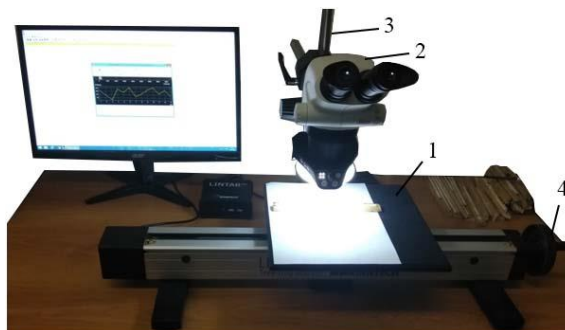


Рис. 2.43. Измерительный комплекс Lintab-6:

1 – стол; 2 – бинокляр; 3 – кронштейн; 4 – рукоятка для передвижения стола

При работе с образцом древесины его помещают на стол под микроскоп. Шкала, нанесенная на один из окуляров микроскопа, позволяет вести необходимые измерения. Путем вращения рукоятки рабочий стол и расположенный на нем образец смещают относительно глаз. При пересечении визирной линии окуляра границы годичного кольца последовательно нажимают клавишу мыши и фиксируют ширину годичного кольца. График изменчивости годичных колец по мере измерений отражается на мониторе компьютера.

Программное обеспечение TSAP-Win Professional (или TSAP-Win Scientific), установленное на компьютере, позволяет принимать результаты измерений, анализировать полученные данные, представлять их в табличной и графической формах.

Разрешение прибора до 1/200 мм, продвижение стола 5 мм за один оборот рукоятки.

## 2.5. Инструменты и приборы для определения суммы площадей поперечных сечений деревьев

Сумма площадей поперечных сечений деревьев ( $\Sigma G$ ) на единице площади является важнейшей характеристикой древостоя. Ее называют абсолютной полнотой и используют при определении других так-

сационных показателей, в частности запаса и относительной полноты насаждений. Для определения  $\sum G$  необходимо на таксируемом участке измерить диаметры всех деревьев и провести соответствующие расчеты с использованием формул или специальных таблиц. Это достаточно трудоемкая процедура.

### 2.5.1. Теория круговых пробных площадей В. Биттерлиха

В 1947 г. австрийским ученым В. Биттерлихом была предложена оригинальная теория круговых (угловых) проб, автоматизирующая процесс определения  $\sum G$ . Принципиальной основой этой теории является построение на местности постоянного (критического) угла. Величина этого угла определяется из условия, что вписанные в этот угол круги имеют площадь сечения, равную  $1/10000$  от площади большого круга (круговой пробы), описанного радиусом, равным расстоянию от вершины критического угла до центра вписанного в этот угол круга (рис. 2.44, а).

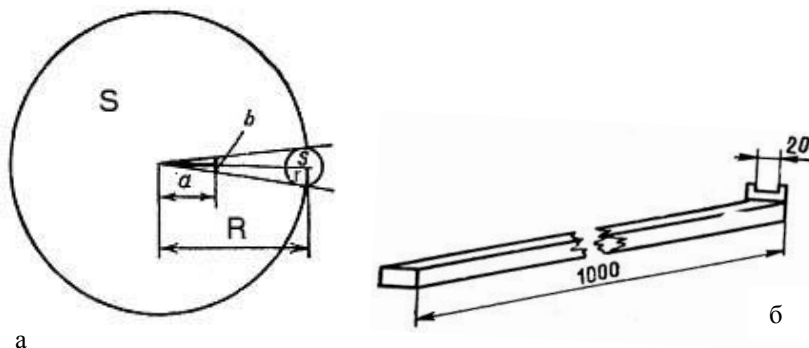


Рис. 2.44. Схема теоретического обоснования работы полнотомера (а) и его внешний вид (б):

$a$  – длина бруска, равная 1 м;  $b$  – ширина предметного диоптра, равная 2 см;  
 $r$  – радиус поперечного сечения ствола, строго вписанного в критический угол, м;  
 $R$  – радиус круговой пробы, равный расстоянию от вершины критического угла до центра вписанного в этот угол дерева;  
 $s$  – площадь сечения дерева, вписанного в критический угол, м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь круговой пробы, м<sup>2</sup>

Угол, обладающий таким свойством, равен  $137^\circ$ . В. Биттерлихом предложен простейший инструмент для построения критического угла на местности, названный полнотомером (угловым шаблоном). Классический вариант полнотомера представляет собой деревянный брусок длиной 1 м (базис инструмента), на одном конце которого

установлена прицельная рамка с вырезом 2 см (предметный диоптр). Отношение ширины диоптра к длине бруска составляет  $2/100 = 1/50$  (рис. 2.44, а). Оно обеспечивает построение критического угла.

Реласкопический (переводной) коэффициент такого полнотомера равен  $1 \text{ м}^2$  ( $R = 1$ ).

Так как в полнотомере

$$(b/2) / a = 1/100,$$

$$\text{то и } r/R = 1/100.$$

Основанием для составления этой пропорции является подобие треугольников, имеющих общий угол и взаимно перпендикулярные стороны (см. рис. 2.44, а). При любой толщине ствола и при любом расстоянии до него данное соотношение постоянно, если ствол строго вписан в угол визирования. В свою очередь оно обуславливает следующее соотношение кругов:

$$s/S = (\pi r^2) / (nR^2) = (\pi r^2) / (\pi 10000r^2) = 1/10000.$$

В таком же соотношении (1/10000) с площадью круговой пробы окажутся площади сечений всех деревьев, стоящих внутри пробы и имеющих радиус, равный  $r$ . Однако толщина их из-за близкого расстояния до таксатора (вершины угла) окажется шире угла визирования.

Эти деревья при определении  $\sum G$  относятся к числу учитываемых. Из приведенной схемы (см. рис. 2.44, а) следует, что

$$R = 50 \times 2r, \text{ или } R = 50 d,$$

где  $d$  – диаметр дерева.

Это следует из соотношения

$$b / 2r = a / R.$$

Отсюда

$$R = a 2r / b = 100 \times 2r / 2 = 50 \times 2r = 50d.$$

Таким образом, отграниченная критическим углом круговая пробная площадь имеет диаметр, выраженный в метрах, равный диаметру дерева в сантиметрах, вписанному в угол.

В соотношении (1/10000) находится площадь, равная  $1 \text{ м}^2$  с числом квадратных метров, содержащихся на 1 га. Следовательно, если площадь круговой пробы радиусом  $R$  ( $50d$ ) условно принять за 1 га ( $10000 \text{ м}^2$ ), то площадь сечения каждого дерева, находящегося внутри пробы, обязательно будет равна  $1 \text{ м}^2$ .

Из соотношения

$$s/S = 1/10000 \text{ при } S = 10000, s = S/10000 = 10000/10000 = 1 \text{ м}^2.$$

Закладка круговых пробных площадей в насаждении сводится к построению на местности полнотомером определенного числа критических углов путем визирования вокруг себя на окружающие деревья.

Любой древостой представлен деревьями разной толщины. Поэтому меняются радиусы круговых проб, проектируемых на местности.

Круговые пробные площади для деревьев разного диаметра, находящихся на одной и той же площади, представляют систему концентрических кругов (рис. 2.45). Так, для деревьев толщиной 8 см круговая проба имеет радиус 4 м, а для 12-сантиметровых деревьев – 6 м и т. д.

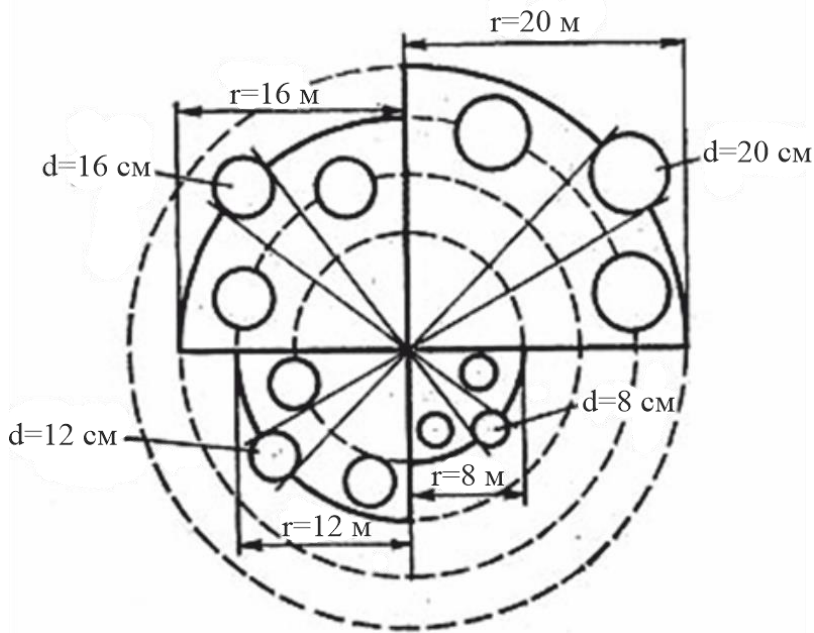


Рис. 2.45. Размеры круговых площадей для деревьев разной толщины

Сумма площадей сечений деревьев каждой ступени толщины (диаметра) определяется в долях площади пробы. Эти доли имеют общий знаменатель, равный 10000. Известно, что при наличии общего знаменателя сумма дробных величин находится простым сложением числителей. Полученный результат (в десятитысячных долях) соответствует сумме площадей поперечных сечений всех ступеней толщины (диаметров), находящихся на круговых пробах. Учитывая вышеизложенное, числитель дроби можно рассматривать как сумму площадей сечений деревьев, выраженных в квадратных метрах, знаменатель – как число квадратных метров на 1 га.

Таким образом, каждое дерево, учтенное на круговой пробной площади, соответствует  $1 \text{ м}^2$  площади поперечных сечений деревьев, имеющих на площади  $10000 \text{ м}^2$ . Общее число их и есть искомый показатель –  $\sum G$  на 1 га.

Процесс измерения  $\sum G$  в древостое включает следующие действия. На таксируемом участке леса выбирают типичное место и становятся в его центре. Приложив свободный конец полнотомера к щеке около глаза, визируют через предметный диоптр по очереди на все окружающие деревья (на высоте 1,3 м), поворачиваясь на  $360^0$ . При этом проводят подсчет тех деревьев, стволы которых своей толщиной закрывают прорезь предметного диоптра. Если у деревьев толщина ствола оказывается меньше прорези диоптра, то их не учитывают. Деревья, стволы которых как бы точно вписываются в прорезь диоптра, считают два за одно или за 0,5 (рис. 2.46).

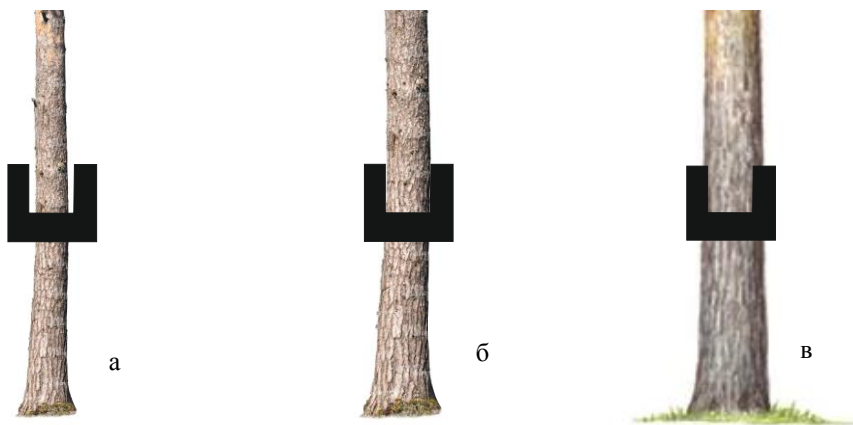


Рис. 2. 46. Принцип работы с полнотомером:  
 а – неучитываемое дерево; б – дерево, вписывающееся в прорезь диоптра;  
 в – учитываемое дерево

Последний вариант учета связан с затруднениями (возникновением сомнений) в отнесении таких деревьев к учитываемым или неучитываемым вследствие недостаточной разрешающей способности глаза. В последнее время в таких случаях рекомендуют проводить контрольную проверку. Измеряются диаметр дерева на высоте 1,3 м и расстояние до него (оба показателя в метрах). Затем вычисляется отношение второго показателя к первому. При величине отношения 50 и менее дерево учитывают (Наставление по отводу ... лесосек, 1993).

Сделав оборот на  $360^{\circ}$  и заложив таким образом круговую пробную площадь, определяют общее количество учтенных деревьев, которое равнозначно  $\sum G$  на 1 га. В смешанных древостоях рекомендуется осуществлять несколько оборотов: при первом обороте проводят подсчет деревьев преобладающей породы, при втором – деревьев следующей породы и т.д.

Установлено, что при неправильном измерении  $\sum G$  на 1 га на  $1 \text{ м}^2$  ошибка в определении запаса составляет 3–5 %. Поэтому при работе необходимо быть предельно внимательным и не допускать пропуска деревьев, особенно закрытых от мерщика ближе стоящими стволами. Рекомендуется одной ногой стоять на точке измерения, а другой отступать на шаг в разные стороны, чтобы учесть закрытые деревья. Подсчет следует начинать с наиболее заметного дерева, например, с самого толстого, расположенного ближе всех к мерщику. Это необходимо сделать для того, чтобы безошибочно установить его при окончании подсчета.

Полнотомер может иметь и другие размеры при сохранении отношения ширины диоптра к длине бруска, как 1 к 50. В частности, для большей портативности его изготавливают в виде пластинки из органического стекла на гибкой цепочке с шириной диоптра 1 см и длиной базисной части цепочки 0,5 м.

Критический (ограничивающий площадь круговой пробы) угол можно регулировать. Необходимость в этом определяется большим разнообразием таксируемых древостоев (по густоте, возрасту, среднему диаметру, развитию подроста и подлеска и т.д.). Большой ограничивающий угол позволяет заложить круговую пробу меньших размеров (имеет малую дальность действия), чем малый. Оптимальной считается круговая пробная площадь, на которой учитывается 20–30 деревьев. Исходя из этого условия в древостоях с средними показателями следует применять полнотомеры, у которых отношения ширины диоптра к длине бруска составляет 1 к 50 ( $R = 1 \text{ м}^2$ ). В насаждениях с повышенной густотой, а также с наличием густого подроста и подлес-

ка (в сложных условиях визирования) предпочтительны круговые пробные площади меньшего размера, закладка которых обеспечивается полнотомерами с более высокими реласкопическими коэффициентами (2, 3 и 4). В низкополнотных древостоях, наоборот, их размеры должны быть больше, а реласкопический коэффициент полнотомеров меньше  $1 \text{ м}^2$ .

Выбрав реласкопический коэффициент, в полнотомере можно изменять соотношение  $b/a$ . Для этого рекомендуется применять формулу  $R = 2500b^2/a^2$ . Выбранные значения  $R$  и одного из параметров полнотомера ( $b$  или  $a$ ) позволяют определить величину другого. Например, при реласкопическом коэффициенте  $R = 2$  и длине бруска  $a = 50$  см, ширина диоптра  $b$  будет равна 1,41 см.

С учетом вышеизложенного возникла необходимость и возможность изготовления более универсальных в применении полнотомеров с несколькими реласкопическими коэффициентами. Ниже рассматриваются некоторые из них.

## 2.5.2. Инструменты и приборы для определения абсолютной полноты древостоев

***Полнотомер лесохозяйственный ПЛ-0,5.*** Полнотомер ПЛ-0,5 изготовлен Центральным опытно-конструкторским бюро лесохозяйственного машиностроения (ЦОКБ «Лесхозмаш») в 1979 году и предназначен для определения  $\sum G$  в древостоях с различными таксационными характеристиками. Он состоит из пластмассового корпуса, крышки и шнура (рис. 2.47). Корпус сделан в виде пустотелого цилиндра и имеет в боковой части отверстия для крепления шнура. На одном торце корпуса установлены диоптры. Второй торец представляет собой крышку, закрывающую полнотомер в сборе со шнуром при транспортировке. Крышка имеет отверстие для регулировки длины шнура. Шнур предназначен для соблюдения базисного расстояния от глаз наблюдателя до диоптров. На шнуре краской нанесены базисные отметки.

Базис полнотомера составляет 0,5 м. Он имеет 4 диоптра, ширина которых составляет 14,1, 10, 7 и 5,7 мм. От ширины диоптров зависит площадь, на которой определяется сумма площадей сечений деревьев: для ширины 14,1 мм она составляет 0,5 га, для 10 мм – 1,0 га, 7 мм – 2,0 га и 5,7 мм – 3,0 га. При таксации выбор диоптра проводится с учетом характеристики насаждений. Для обеспечения необходимой точности определения  $\sum G$  рекомендуется:

– диоптр шириной 10 мм использовать в насаждениях с относительной полнотой 07–09 (число подсчитанных деревьев соответствует сумме площадей сечений на 1 га);

– диоптр с шириной 14,1 мм – в высокополнотных, загущенных насаждениях (результаты подсчета деревьев для перевода на 1 га необходимо умножить на 2);

– диоптр с шириной 7 мм – в насаждениях с полнотой 0,5–0,6 (результаты для перевода на 1 га необходимо разделить на 2);

– диоптр с шириной 5,7 мм – в низкополнотных насаждениях с полнотой 0,3–0,4 (результаты для перевода на 1 га необходимо разделить на 3).

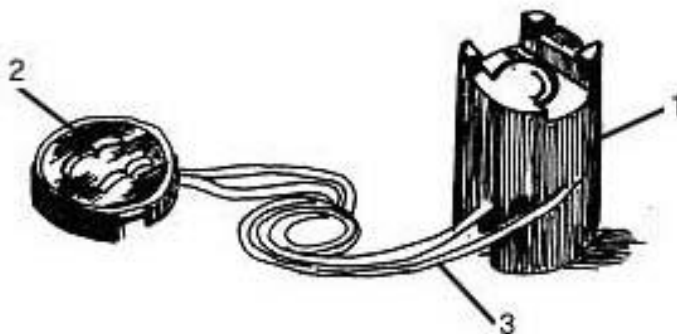


Рис. 2.47. Полнотомер ПЛ-0,5:  
1 – корпус, 2 – крышка, 3 – шнур

Для проведения подсчета деревьев корпус полнотомера надевается на большой палец, а базисная отметка на шнуре при вытянутой руке должна находиться на уровне глаз. Таким образом обеспечивается соответствие расстояния от глаз мерщика до диоптра базису прибора. Подсчет деревьев ведется так же, как и при работе с полнотомером В. Биттерлиха. Точность прибора 5–8 %.

**Полнотомер телескопический ПТ.** Полнотомер ПТ предложен ЦОКБ «Лесхозмаш» в 1981 году для использования в древостоях с различными средними диаметрами при различной площади лесотаксационного участка. Он представляет собой телескопическую антенну длиной 0,75 м, на конце которой установлена прицельная рамка с четырьмя предметными диоптрами (рис.2.48).





Рис.2.48. Полнотомер телескопический ПТ:

1 – прицельная рамка, 2 – телескопическая антенна, 3 – наконечник

Ширина диоптров, предпочтительность использования того или иного диоптра в зависимости от среднего диаметра древостоев, а также ограничиваемая ими площадь круговой пробы представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Основные технические данные и характеристики полнотомера ПТ

Ширина диоптра, мм	Площадь, на которой определяется сумма площадей сечений, га	Рекомендуемый средний диаметр древостоя, см
8,54	3,0	4,1–8,0
10,65	2,0	8,1–16,0
15,0	1,0	16,1–32,0
21,15	0,5	32,1 и более

Для проведения подсчета деревьев антенна раздвигается до упора. В этом случае расстояние от глаз мерщика до диоптра прибора будет составлять 0,75 м. При транспортировке антенна обратно собирается в компактную форму. Точность и техника определения  $\sum G$  аналогичны, как и при работе с полнотомером ПЛ-05.

**Полнотомеры цепного типа.** В последние годы на рынок лесотаксационных приборов поступают различные малогабаритные портативные полнотомеры цепного типа. Они как правило изготовлены из пластика на гибкой цепочке (рис. 2.49). Наибольшее распространение имеют следующие полнотомеры, отличающиеся своими конструктивными особенностями:

1) финский полнотомер с двумя совмещенными диоптрами с шириной 13 и 20 мм и длиной базисной части цепочки 65 и 100 см; диоптр с шириной 13 мм используется с базисом 65 см, а с шириной 20 мм – с штативом длиной 100 см;

2) полнотомер российского производства с двумя отдельными диоптрами с шириной 13 и 20 мм и длиной базисной части цепочки 65 и 100 см;

3) полнотомер Naglof Factor Gauge с четырьмя диоптрами по два с каждой стороны пластины и длиной цепочки 60 см; реласкопические коэффициенты полнотомера в зависимости от ширины диоптров составляют 0,5; 1; 2 и 4 м<sup>2</sup>;

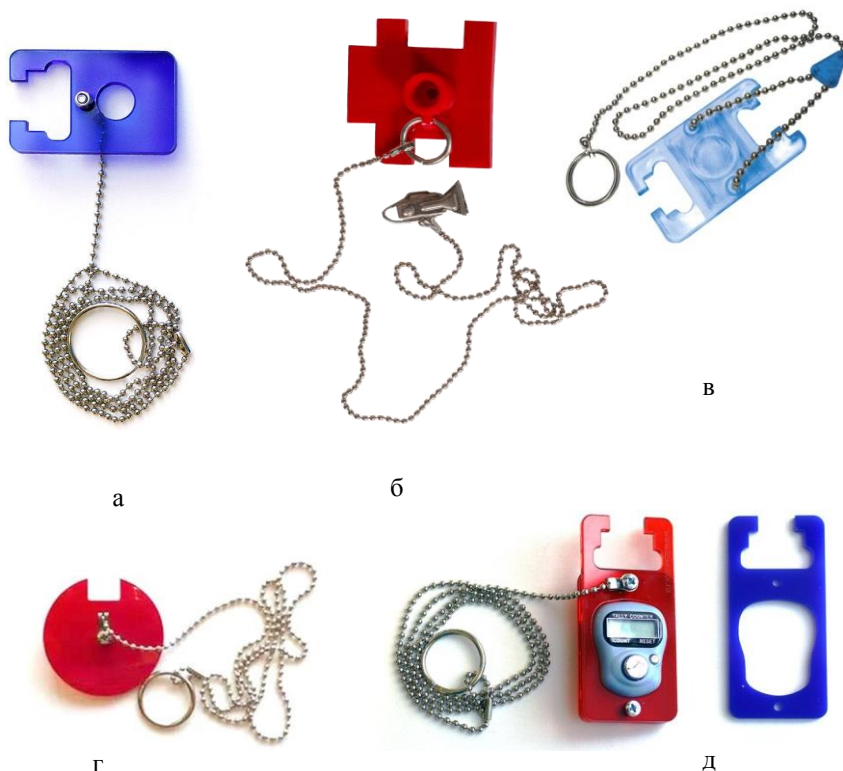


Рис. 2.49. Полнотомеры цепного типа:  
 а – финский с двумя совмещенными диоптрами;  
 б – с двумя отдельными диоптрами;  
 в – с четырьмя диоптрами; г – круглый с одним диоптром;  
 д – с электронным счетчиком

4) полнотомер круглый с диоптром шириной 13 мм и длиной базисной части цепочки 65 см;

5) полнотомер с электронным счетчиком, с двумя совмещенными диоптрами (13 и 20 мм) и длиной базисной части цепочки 65 см. Полнотомер с электронным счетчиком позволяет автоматизировать подсчет деревьев. При работе с ним фиксация учитываемых деревьев счетчиком проводится нажатием специальной кнопки. Обнуление

счетчика (например, при окончании подсчета деревьев первой породы) выполняется нажатием на вторую кнопку.

**Призма Н. П. Анучина.** Призма Н. П. Анучина представляет собой оптический вариант полнотомера В. Биттерлиха. В этом приборе критический угол строится путем преломления на соответствующий угол лучей света, проходящих через клиновидную призму. Угол преломления у призмы подбирается с таким расчетом, чтобы угол отклонения проходящих через нее лучей соответствовал критическому углу с описанным выше свойством. При этом благодаря преломлению лучей часть ствола, просматриваемая через призму, сдвигается в сторону.

Призма изготавливается из минерального стекла. Ее боковые плоскости находятся под углом  $137'$  друг к другу. Для удобства работы она снабжена ручкой, которая одновременно является ее футляром (рис. 2.50). Подсчет деревьев с помощью призмы производится путем прицеливания на них. Поэтому призму Н.П. Анучина еще называют **таксационным прицелом**.

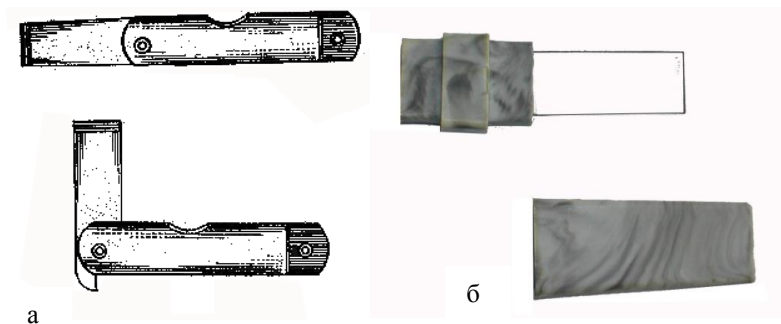


Рис. 2.50. Таксационный прицел-призма Анучина:  
а – в складном виде, б – в футляре

В насаждении при работе с призмой исполнитель располагается таким образом, чтобы она находилась над центром круговой площадки. Он, удерживая призму перпендикулярно линии визирования (плоскость стеклянной пластинки должна быть параллельна стоящим деревьям), просматривает через нее все окружающие деревья на уровне 1,3 м от шейки корня, поворачиваясь при этом на  $360^0$ .

Призму можно держать на любом, удобном для визирования расстоянии от глаз, но постоянном при конкретном измерении. Визирование (прицеливание) на дерево проводится одновременно через призму и поверх нее. При этом рассматриваемая через призму часть

ствола будет сдвигаться в сторону. По величине сдвига в горизонтальном направлении деревья относятся к учитываемым и неучитываемым. При частичном сдвиге, когда сдвинутая призмой часть ствола дерева не выходит за пределы его толщины (не отделяется от ствола), дерево учитывается (его поперечное сечение принимается за  $1 \text{ м}^2$ ). Если у дерева сдвинутый отрезок ствола выходит за его пределы (окажется как бы оторванным от ствола), то оно не учитывается. В случаях, когда сдвинутая часть ствола дерева имеет трудно уловимое глазом касание с несдвинутой его частью и имеются затруднения в отнесении его к той или иной категории, правильнее два таких дерева считать за одно (рис. 2.51). В последнее время в таких случаях рекомендуют проводить контрольную проверку. Измеряются диаметр дерева на высоте 1,3 м и расстояние до него (оба показателя в метрах). Затем вычисляется отношение второго показателя к первому. При величине отношения 50 и менее дерево учитывают (Наставление по отводу ... лесосек, 1993).

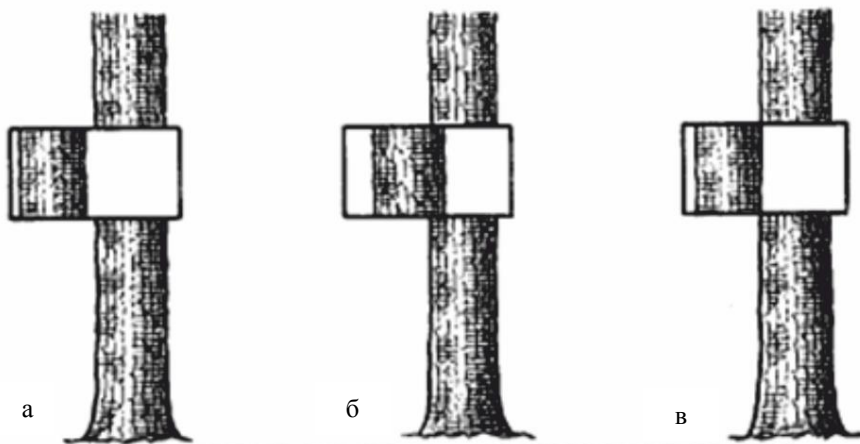


Рис. 2.51. Принцип работы с призмой Н.П. Анучина:  
 а – неучитываемое дерево; б – учитываемое дерево;  
 в – сомнительный случай при учете

Последовательное визирование на окружающие деревья рекомендуется проводить в следующем режиме: для оценки каждого очередного дерева поднять призму на соответствующий уровень, произвести визирование и опустить. При таком режиме работы не притупляется острота зрения и устраняется возможная путаница учтенных и неучтенных деревьев.

До начала работ рекомендуется проверить исправность полнотомера и призмы. Проверку можно осуществить следующим образом. На отвесной стене прикрепляют лист белой бумаги размером 40×40 см. Отходят от стены на расстояние 20 м. Через полнотомер (с классическими размерами: длина бруска 1 м и ширина прорези предметного диоптра 2,0 см) визируют на лист бумаги и оценивают точность вписывания листа в прорезь диоптра с раствором 2 см. При исправном полнотомере лист точно впишется в прорезь. При проверке полнотомера с шириной прорези предметного диоптра 1,41 см и длиной бруска 1 м используют лист бумаги размером 28,2×28,2 см. Исправность призмы проверяется по величине сдвига листа в горизонтальном направлении. При исправной призме лист сдвинется ровно на свою величину.

Призма Н. П. Анучина при определении  $\Sigma G$  обеспечивает примерно такую же точность, как и полнотомер В. Биттерлиха. Однако она более портативна и удобна в применении.

Следует отметить, что рассмотренный метод круговых проб также позволяет определять диаметры стволов на расстоянии и расстояния от таксатора до дерева. В частности, расстояние, равное 20 м, можно определить следующим образом: прикрепить на дереве вертикально рейку или ленту длиной 40 см на уровне глаз (1,3 м); удерживая полнотомер таким образом, чтобы его предметный диоптр был в вертикальном положении, визируют на рейку (ленту); отходя от дерева или приближаясь к нему, точно вписать рейку в прорезь диоптра; в этом случае расстояние от таксатора до дерева будет равно 20 м.

Развивая идею определения суммы площадей поперечных сечений деревьев на 1 га путем закладки круговых проб, В. Биттерлих создал оригинальный оптический прибор – зеркальный реласкоп.

**Зеркальный реласкоп В. Биттерлиха** является универсальным прибором, позволяющим измерять не только сумму площадей поперечных сечений деревьев на 1 га, но и ряд других показателей дерева и древостоя: диаметр ствола на любой высоте, высоту дерева, длину горизонтальных линий, угол наклона местности и др. (рис. 2.52).

Реласкоп, как и эклиметр, работает по принципу сохранения маятником вертикального положения в свободном состоянии. Маятник расположен внутри корпуса в нижней его части на оси. Он выполнен в виде колеса с широким ободом. На ободе маятника размещены измерительные шкалы, опоясывая его кольцом.

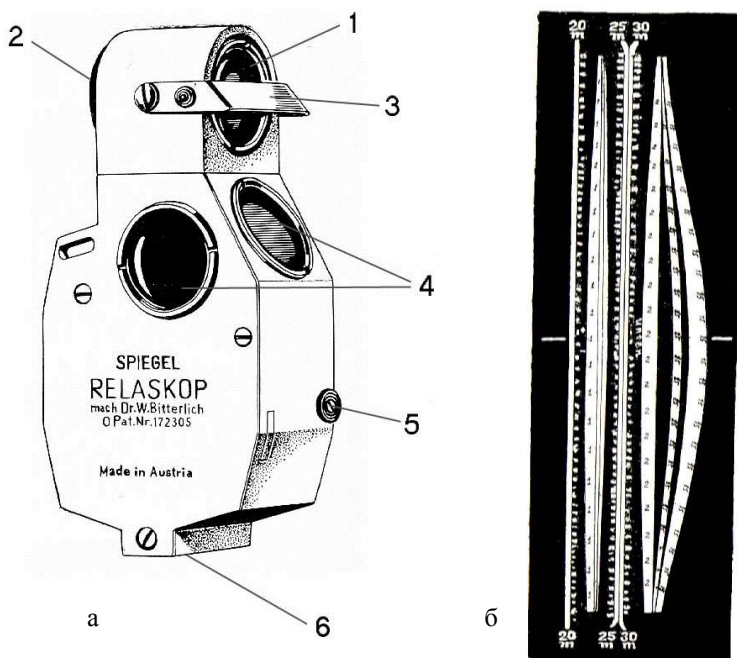


Рис. 2.52. Реласкоп Биттерлиха (а) и его метрические шкалы (б):  
 1 – объектив; 2 – окуляр; 3 – световая бленда; 4 – матовые стекла;  
 5 – кнопка арретира; 6 – нарезное гнездо

Зеркальное устройство, размещенное внутри прибора, позволяет соединить в поле зрения шкалы и объект измерения. В смотровых окнах шкалы получают изображение в виде вертикальных полос разной ширины с делениями, находящимися на одной плоскости. В верхней части прибора имеются окуляр (смотровое окно), представляющий собой оптическую линзу с 1,5-кратным увеличением в оправе, и объектив (оптическое стекло без увеличения). Возле объектива расположена световая бленда, с помощью которой можно регулировать световые лучи. Для освещения внутренней части реласкопа служат два круглых боковых окошечка из матового стекла. Кнопка арретира соединена с тормозом, удерживающим маятник в неподвижном состоянии. При нажатии кнопки маятник освобождается и сразу же занимает отвесное положение. Внизу прибора имеется нарезное гнездо с выступом, позволяющее закреплять реласкоп на штативе для обеспечения более высокой точности измерений.

При визировании на дерево в приборе будет видно круглое поле, разделенное горизонтальной линией на две равные половины. В верхнем полукруге можно увидеть наблюдаемый объект, а в нижнем – измерительные шкалы (полосы), отраженные с маятника зеркальным устройством (рис. 2.53).

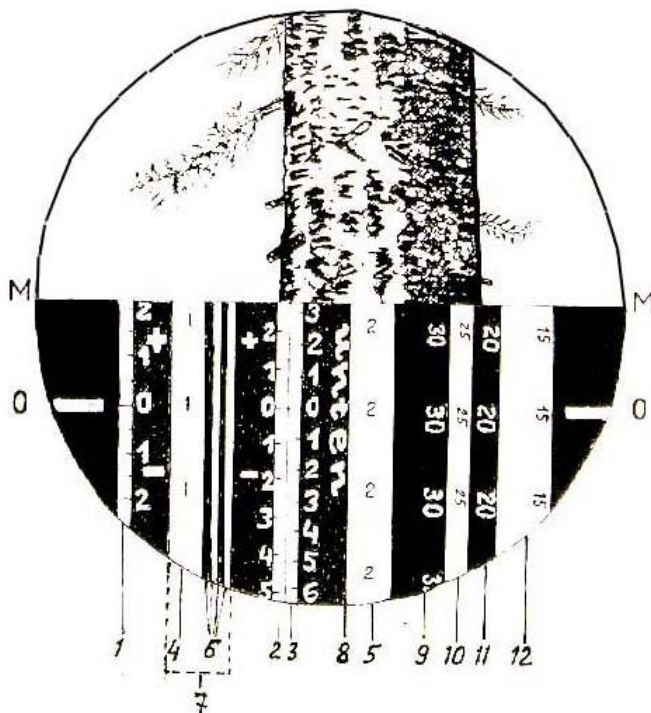


Рис. 2.53. Метрические шкалы в реласкопе В. Биттерлиха:

- 1, 2, 3 – шкалы высот при базисах соответственно 20, 25 и 30 м; 4 – отсчетная полоса единиц; 5 – полоса двоек; 6 – поле четвертей (две черные и две белые полосы); 7 – поле четверок (полоса единиц и поле четвертей вместе); 8 – линия совмещения нижней марки базисной ленты при измерении дистанций 15, 20, 25 или 30 м (левая граница полосы двоек), 9, 10, 11 и 12 – дистанционные полосы соответственно 30, 25, 20 и 15 м для определения соответствующих базисов

Линия раздела ММ представляет одновременно измерительный край шкал, 00 – нулевая горизонтальная линия визирования. Шкалы состоят из полос множителей, используемых для определения диаметра деревьев и суммы площадей поперечных сечений их на 1 га: полосы единиц (4), полосы двоек (5), четырех узких полос – четвертей (6) и поля четверок (7), включающего полосу единиц и полосы четвертей.

Помимо их три узкие полосы (1, 2 и 3) предназначены для измерения высот деревьев с базисных расстояний 20, 25 и 30 м соответственно. Для измерения базисных расстояний 30, 25, 20 и 15 м применяются полосы 9, 10, 11 и 12. Шкалы для лучшего считывания выполнены на контрасте – белым и черным цветом.

### Определение таксационных показателей деревьев и древостоев

**Определение сумм площадей сечений деревьев.** Определение сумм площадей сечений деревьев реласкопом базируется на том же принципе, что и определение полнотомером, – проводится по заданному углу визирования из центра круговой пробной площади путем подсчета числа деревьев, диаметр которых на высоте груди закрывает угол визирования.

Подсчет деревьев проводится при нажатой кнопке арретира по одной из полос 4–7 (см. рис. 2.53): учитываются деревья, диаметры которых выходят за ширину принятой полосы множителей. Если диаметр дерева равен ширине полосы, то следует считать два таких дерева за одно.

Для определения сумм площадей сечений на 1 га (в метрах квадратных) при использовании различных полос применяются коэффициенты, приведенные в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Коэффициенты полос множителей  
в реласкопе В. Биттерлиха

Показатели	Полосы множителей					
	единиц	двоек	четверок	одной четверти	двух четвертей	трех четвертей
Реласкопические единицы	1	1,41	2	1/4	2/4	3/4
Коэффициенты (множители)	1	2	4	1/16	½	9/16

Если угол визирования обеспечивает соотношение

$$d/R = 1/50,$$

где  $d$  – диаметр дерева, а  $R$  – расстояние до дерева, то множитель равен 1, а учитываемое дерево принимается за 1 м<sup>2</sup>.



Такой угол обеспечивается при визировании на деревья по краям полосы единиц – все деревья, не вписывающиеся по толщине в эту полосу, учитываются за 1. Их общее число на круговой площадке будет равно сумме площадей сечений на 1 га. При использовании полосы двоек для получения суммы площадей сечений на 1 га количество учтенных деревьев следует умножить на 2, а при использовании полосы четверок – на 4. Для полос четвертей множители будут равны: одной четверти (при использовании одной из четырех полос) – 1/16; двум четвертям – 1/2; трем четвертям – 9/16.

Таким образом, если на круговой площадке сумма площадей сечений деревьев на 1 га составляет, например, 32 м<sup>2</sup>, то при подсчете с использованием полосы единиц окажется 32 дерева (32×1), полосы двоек – 16 (16×2), полосы четверок – 8 (8×4), полос четвертей: одной – 512 (512×1/16), двух – 64 (64×1/2), трех – 56 (56×9/16).

**Измерение расстояний.** Для определения базисных расстояний (горизонтальных проложений) используются дистанционные полосы 9–12 реласкопа (см. рис. 2.53) и базисная лента. Принцип измерения показан на рис. 2.54.

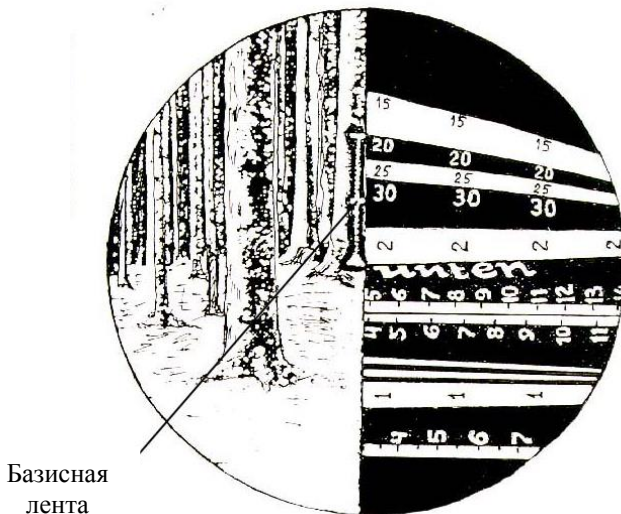


Рис. 2.54. Определение расстояний реласкопом В. Биттерлиха

Измерение проводят в следующей последовательности:

1) на дерево закрепляют базисную ленту, а при ее отсутствии к нему приставляют 2-метровую рейку;

2) отходят от дерева на расстояние, примерно равное его высоте (примерно на 15, 20, 25 или 30 м);

3) прибор разворачивают на  $90^0$  и наводят на базисную ленту так, чтобы линия 8 (левая граница полосы двоек) с надписью *unten* совпала с нижним концом ленты;

4) приближаясь к дереву или отходя от него, добиваются, чтобы правая граница соответствующей дистанционной полосы совпала с верхнем концом базисной ленты.

На рис. 2.54 верхний конец базисной ленты точно совмещен с правой границей дистанционной полосы 20 м. Следовательно, от измеряемого дерева отошли на 20 м.

**Измерение диаметра стволов.** Реласкоп позволяет определять диаметры стволов с расстояний 15, 20, 25 или 30 м. При этом используются полоса единиц 4 и примыкающие к ней полосы поля четвертей 6 (см. рис. 2.53). Указанные полосы соответствуют различным углам визирования: 1/2 полосы единиц (одна черная и одна белая полосы поля четвертей) перекрывается деревом, диаметр которого на высоте груди в сантиметрах соответствует базисному расстоянию в метрах.

Диаметры деревьев, вписывающиеся в углы визирования (закрывающие измерительные полосы) при визировании с различных дистанций, приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Диаметры, вписывающиеся в полосы множителей при визировании с различных базисных расстояний

Диаметр, см	Базис, м		
	20	25	30
Диаметр, вписывающийся в полосу единиц	40	50	60
Диаметр, вписывающийся в полосу четвертей	10	12,5	15

Данные табл. 2.4 свидетельствуют, что при визировании на дерево с расстояния 20 м ширина полосы единиц соответствует диаметру 40 см, одна полоса поля четвертей – 10 см, две полосы (двух четвертей) – 20 см. С увеличением базисного расстояния значения диаметров, соответствующих ширине измерительных полос множителей, закономерно возрастают. Определение диаметра ствола с дистанции 15 м производится по шкале базиса 30 м с уменьшением результата в 2 раза.

Для измерения диаметра на высоте 1,3 м необходимо:

1) отмерить рулеткой или с помощью базисной ленты 15, 20, 25 или 30 м;

2) с пункта измерения при нажатой кнопке арретира визировать на дерево с таким расчетом, чтобы измерительный (левый) край полосы единиц (четвертей) совпал с левым краем ствола;

3) по правому краю дерева снять отсчет части полосы с точностью до 0,1 см.

На рис. 2.55 показан пример измерения диаметра ствола с базисного расстояния 20 м. Диаметр дерева на шкале занимает полосу единиц (40 см) и 2,5 полосы четвертей (25 см) – одну черную, одну белую и половину второй черной. Таким образом, диаметр ствола составляет 65 см.

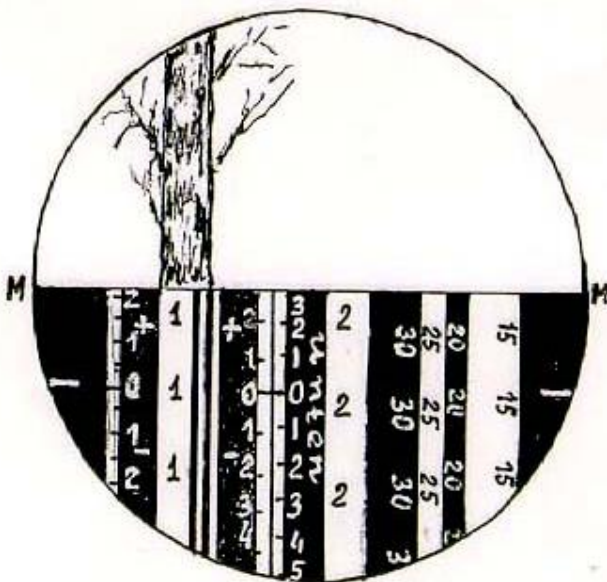


Рис. 2.55. Определение диаметра ствола реласкопом В. Биттерлиха

По такому же принципу проводится определение диаметров ствола на разных высотных отметках дерева. Однако в этом случае требуется предварительное определение высоты измерения диаметра. Эта процедура выполняется с помощью высотных шкал тангенсов.

**Измерение высоты стволов.** Для измерения высоты в реласкопе предусмотрены три шкалы для базисов 20, 25 и 30 м. Базисное расстояние выбирается в зависимости от высоты дерева: чем выше дерево, тем дальше следует отходить от него.

При измерении высоты с установленного базисного расстояния (по горизонтальному проложению) проводят визирование прибором на основание и вершину дерева и по соответствующей шкале снимают два отсчета (см. рис. 2.53). Отсчеты по шкале 1 снимают при базисе 20 м, по шкале 2 – при базисе 25 м, по шкале 3 – при базисах 30 или 15 м. Если отсчеты окажутся по разные стороны от горизонтальной линии, то их величины складываются, а если по одну, – из большего отсчета вычитается меньший. При 15-метровом базисе полученный результат измерения высоты прибором уменьшают в 2 раза.

Точность определения высоты реласкопом составляет  $\pm 0,1$  м.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таксация леса – одна из основных дисциплин при подготовке специалистов по направлению обучения «Лесное дело». Знания, умения и навыки, полученные при изучении этой дисциплины будущими работниками лесных предприятий, чрезвычайно важны при выполнении ими в последующем своих служебных обязанностей. Все лесохозяйственные мероприятия в лесу планируются и осуществляются на основе знаний по таксации леса.

Методы таксации леса постоянно совершенствуются, меняются технологии инвентаризации лесов. Нет сомнения, что приоритетным направлением в развитии таксации леса будет внедрение дистанционных методов и компьютерных технологий. В недалеком будущем возможен кардинальный переход на новые технологии лесоучетных работ, связанных с пересылкой результатов измерений показателей деревьев и древостоев непосредственно из леса на вычислительный центр специализированных предприятий с использованием современных средств связи. В этом направлении развивается и приборная база лесоучетных работ.

Электронные и лазерные приборы, применяемые сегодня в лесотаксационной практике, в основном импортного производства, выпускаются в Финляндии, Швеции, Германии, Японии и в некоторых других странах. Зарубежным приборам и инструментам, к сожалению, часто нет отечественных аналогов. В пособии рассмотрены устройство и принципы работы нескольких электронных мерных вилок и высотомеров. Приведенная информация дает представление об особенностях определения диаметра и высоты стволов электронными приборами и упростит освоение обучающимися других аналогичных приборов, продолжающих поступать на отечественный рынок, несмотря на высокую цену импорта.

Большое внимание в издании уделено традиционным методам измерений таксационных показателей отдельных деревьев и древостоев и классическим отечественным лесотаксационным приборам и инструментам. Последние как правило просты по конструкции, более дешевые по стоимости, чем импортные электронные приборы, но обеспечивают необходимую точность при измерениях. Они представляют интерес не только в настоящее время, но и не потеряют своего значения в будущем, так как являются базой для разработки новых конструкций приборов.

На точность измерения таксационных показателей деревьев и древостоев оказывает влияние множество факторов, связанных с конструктивными особенностями приборов, условиями измерения, индивидуальными особенностями исполнителя. Для получения более точных результатов рекомендуется как правило проводить 2–3 измерения показателя и вычислять среднеарифметическое значение из этих измерений.

Авторы будут благодарны читателям за замечания, которые пригодятся в дальнейшем при совершенствовании пособия.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Анучин, Н. П. Лесная таксация : учебник для лесотехн. и лесохоз. специальностей вузов / Н. П. Анучин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Лесная пром-сть, 1971. – 512 с.

Вагин, А. В. Лесная таксация и лесоустройство / А. В. Вагин, Е. С. Мурахтанов А. И. Ушаков, О. А. Харин. – Москва : Лесн. пром-сть, 1978. – 367 с.

Верхунов, П. М. Таксация леса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Лесное хоз-во» направления «Лесное хоз-во и ландшафт. стр-во» / П. М. Верхунов, В. Л. Черных. – Изд. 2-е, стер. – Йошкар-Ола : Марийский гос. технический ун-т, 2009. – 396 с.

Захаров, В. К. Лесная таксация : учебник для специальности «Лесное хоз-во» / В. К. Захаров. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Лесная пром-сть, 1967. – 406 с.

Нагимов, З. Я. Таксация леса : учебное пособие / З. Я. Нагимов, И. Ф. Коростелев, И. В. Шевелина ; Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Изд. 2-е. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2013. – 300 с.

Нагимов, З. Я. Приборы, инструменты и устройства для таксации леса : учебное пособие / З. Я. Нагимов, И. В. Шевелина, И. Ф. Коростелев. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. – 214 с.

Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации. 1993. Утверждено приказом Федеральной службы лесного хозяйства РФ от 15 июня 1993 года № 155.

Никифорчин, И. Ф. Таксация леса: учеб. пособие / И. Ф. Никифорчин, Л. С. Ветров, С. В. Вавилов. – СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 240 с.

Семенюта, Ф. И. Лабораторно-практические занятия по лесной таксации и лесоустройству : учеб. пособие для лесных техникумов. – Москва : Сельхозгиз, 1960. – 304 с.

Теслюк Н. К. Методы измерительной таксации. – Москва : Лесная пром-сть, 1978. – 136 с.

Шевелев, С. Л. Таксация леса: учебное пособие / С. Л. Шевелев, В. В. Кузьмичев. – Красноярск : СибГТУ, 2003. – 248 с.

Учебное издание

*Нагимов Зуфар Ягфарович,  
Шевелина Ирина Владимировна,  
Нагимов Валерий Зуфарович,  
Артемьева Ирина Николаевна*

## ЛЕСОТАКСАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

978-5-94984-802-9



Редактор А. Л. Ленская  
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано в печать 15.11.2021

Формат 60x84/16  
Уч.-изд. л. 4,48 Печ. л. 5,58  
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.)  
Заказ № 7247

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Редакционно-издательский отдел. Тел. 8(343) 221-21-44

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062. РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.  
Тел. 8(343)362-91-16