

О. А. ТРУЛЛЬ
кандидат с.-х. наук

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКЛИМЕТРА В КАЧЕСТВЕ ВЫСОТОМЕРА

Для измерения высот деревьев наряду с использованием многих типов высотомеров применяется эклиметр Брандиса. При этом используется вспомогательная таблица высот при определенных базисах и углах наклона (α), помещенная в различных лесотаксационных и лесоустроительных справочниках.

Упомянутая таблица имеет ряд существенных недостатков; так, например, в ней даны высоты деревьев при базисах в 10,7; 14,9; 19,2 м.

Необходимо признать, что пользование такими необоснованными по величине базисами связано с рядом неудобств.

Постоянная поправка, равная 1,4 м (высота до уровня глаз), часто снижает точность результатов, так как данная величина является переменной.

При вычислении высот деревьев, произрастающих ниже пункта наблюдателя, эта поправка приводит к грубым ошибкам.

Цифровые данные таблицы имеют ряд неточностей.

Так, например, при базисе в 19,2 м и при углах наклона в 30 и 40° высота дерева по таблице соответственно равна 12,0 и 17,0 м, в то время как расчет показывает:

$$H_1 = 19,2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 1,4 = 19,2 \cdot 0,5774 + 1,4 = 12,5 \text{ м}$$

$$H_2 = 19,2 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ + 1,4 = 19,2 \cdot 0,8391 + 1,4 = 17,5 \text{ м}$$

Сопоставляя полученные результаты с табличными и проверив всю таблицу, можно видеть, что погрешность достигает до 0,5 м, что в нашем случае составляет от 2,9 до 4,0%.

Можно полагать, что это вызвано неточным переводом русских мер в метрические.

Стремясь к уточнению имеющихся табличных данных, И. Сеперович¹ дал свою таблицу определения высот эклимет-

¹ Журнал «Лесное хозяйство» № 2, 1951 г.

ром, не включая поправки, равной 1,4 м. Однако эта таблица составлена при базе 20 м, что является недостаточным как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Вопрос измерения высоты дерева при помощи эклиметра в равнинных и горных условиях местности в последнее время изучался М. Д. Сибиряковой и О. В. Волковым¹, однако они пошли по пути усложнения этого вопроса.

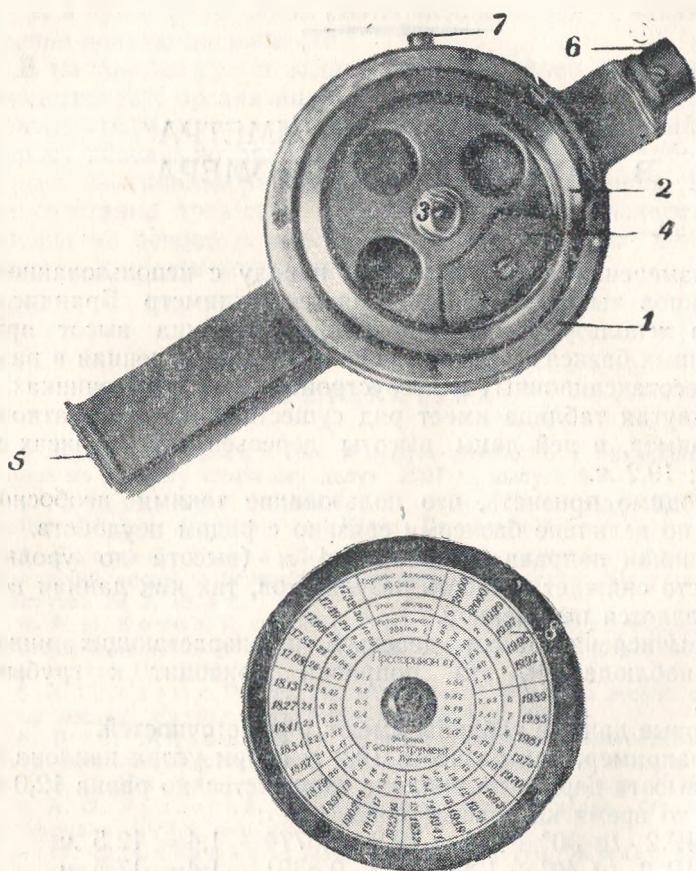


Рис. 1. Эклиметр.

1 — корпус эклиметра; 2 — диск с градусным делением; 3 — ось диска; 4 — противовес; 5 — предметный диоптр; 6 — глазной диоптр; 7 — фиксатор; 8 — крышка эклиметра.

¹ Журнал «Лесное хозяйство» № 4 1955 г. и № 6 1952 г.

Для нахождения высоты дерева по их способу необходимо иметь:

- 1) таблицу или специальную номограмму для определения переводных коэффициентов;
- 2) таблицу поправок при углах наклона и возвышениях;
- 3) специальную номограмму для определения высот деревьев.

Техника расчетов также сложна и ставит исполнителя в затруднительное положение.

Взять хотя бы определение расстояния от дерева до глаз наблюдателя, которое определяется по формуле:

$$l = a - (\pm n) + \frac{D}{2}, \quad (1)$$

где: l — расстояние от дерева до глаз наблюдателя;

a — расстояние от основания дерева до точки стояния наблюдателя;

D — диаметр у основания дерева;

n — поправка на положение наблюдателя

При всей осложненности математических расчетов авторы гарантируют, как это они сами утверждают, измерение высот с точностью до 1м.

На основе вышесказанного выясняется необходимость разработки таких теоретически обоснованных и технически простых и общедоступных способов измерения высоты дерева эклиметром, которые обеспечивали бы при этом наиболее точные результаты.

Первый случай, когда основание дерева и точка наблюдателя находятся на горизонтальной плоскости (рис. 2).

Измерив эклиметром $\angle ABC = \alpha$ при известном базисе $BC = B'C'$ (расстояние от центра основания дерева до точки стояния наблюдателя), можно найти величину катета AC , решив прямоугольный треугольник ABC , где $AC = BC \operatorname{tg} \alpha$. (2)

Из чертежа (2) видно, что высота дерева будет:

$$H = BC \operatorname{tg} \alpha + CC', \quad (3)$$

где $CC' = BB'$ — высота до уровня глаз наблюдателя.

Зная базис $BC = B'C'$, угол наклона α и значение $CC' = BB'$, по таблице 1 можно найти высоту дерева.

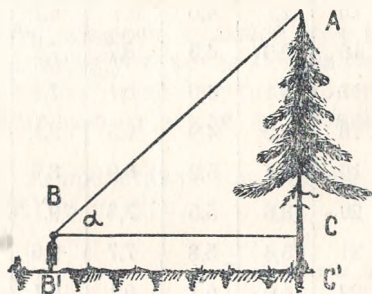


Рис. 2. Основание дерева и точка наблюдателя находятся на горизонтальной плоскости.

Определение высот в зависимости от базиса и угла наклона

Угол в граду- сах	Высота при базисе				Угол в граду- сах	Высота при базисе			
	10 м	15 м	20 м	25 м		10 м	15 м	20 м	25 м
2	0,3	0,5	0,7	0,9	32	6,2	9,4	12,5	15,6
4	0,7	1,0	1,4	1,7	33	6,5	9,7	13,0	16,2
5	0,9	1,3	1,8	2,2	34	6,7	10,1	13,5	16,9
6	1,1	1,6	2,1	2,6	35	7,0	10,5	14,0	17,5
7	1,2	1,8	2,5	3,1	36	7,3	10,9	14,5	18,2
8	1,4	2,1	2,8	3,5	37	7,5	11,3	15,0	18,8
9	1,6	2,4	3,2	4,0	38	7,8	11,7	15,6	19,5
10	1,8	2,6	3,5	4,4	39	8,1	12,1	16,2	20,2
11	1,9	2,9	3,9	4,9	40	8,4	12,6	16,8	21,0
12	2,1	3,2	4,3	5,3	41	8,7	13,0	17,4	21,7
13	2,3	3,5	4,6	5,8	42	9,0	13,5	18,0	22,5
14	2,5	3,7	5,0	6,2	43	9,3	14,0	18,6	23,3
15	2,7	4,0	5,4	6,7	44	9,7	14,5	19,3	24,1
16	2,9	4,3	5,7	7,2	45	10,0	15,0	20,0	25,0
17	3,1	4,6	6,1	7,6	46	10,4	15,5	20,7	25,9
18	3,2	4,9	6,5	8,1	47	10,7	16,1	21,4	26,8
19	3,4	5,2	6,9	8,6	48	11,1	16,7	22,2	27,8
20	3,6	5,5	7,3	9,1	49	11,5	17,3	23,0	28,8
21	3,8	5,8	7,7	9,6	50	11,9	17,9	23,8	29,8
22	4,0	6,1	8,1	10,1	51	12,3	18,5	24,7	30,9
23	4,2	6,4	8,5	10,6	52	12,8	19,2	25,6	32,0
24	4,5	6,7	8,9	11,1	53	13,3	19,9	26,5	33,2
25	4,7	7,0	9,3	11,7	54	13,8	20,6	27,5	34,4
26	4,9	7,3	9,8	12,2	55	14,3	21,4	28,5	35,7
27	5,1	7,6	10,2	12,7	56	14,8	22,2	29,6	37,1
28	5,3	8,0	10,6	13,3	57	15,4	23,1	30,8	38,5
29	5,5	8,3	11,1	13,6	58	16,0	24,0	32,0	40,0
30	5,8	8,7	11,5	14,4	59	16,6	25,0	33,2	41,6
31	6,0	9,0	12,0	15,0	60	17,3	26,0	34,6	43,3

Примечание. «Поправка» — 1,4 м в новую таблицу не вошла.

Пример. Базис — 20 м; угол наклона — 49°,

CC' — высота до уровня глаз — 1,6 м.

По таблице 1 находим, что общая высота дерева будет:

$$H = 23,0 \text{ м} + 1,6 \text{ м} = 24,6 \text{ м}.$$

Второй случай включает в себя определение высоты дерева, расположенного выше уровня глаз наблюдателя (рис. 3).

Сохраняя тригонометрические зависимости между углами и сторонами в прямоугольном треугольнике как основу расчетов, необходимо отметить, что базис AC' измерить непосредственно на местности нельзя, так как он является горизонтальным продолжением линии AO и AB .

Решив $\triangle AOC'$, можно написать:

$$AO = AC' \cdot \sec \beta. \quad (4)$$

На основе равенства (4) составлена таблица значений линий местности $A'O' = AO$ при базисах в 10 — 15 — 20 — 25 м и различных углах наклона (β).

Угол наклона (β) может быть измерен с любой точки склона (рис. 3), причем наблюдатель визирует не на основание дерева, которое в лесу часто не видно, а на верхний конец рейки, высота которой равна расстоянию от земли до уровня глаз наблюдателя.

Таким образом, имея таблицу 2, представляется возможность правильно установить базис AC' в натуре.

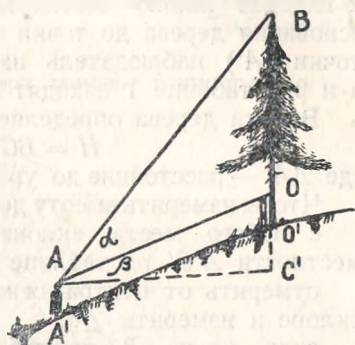


Рис. 3. Определение высоты дерева, расположенного выше уровня глаз наблюдателя.

Таблица 2

Значение линий местности при определенных базисах и углах наклона

Базис (м)	Угол наклона в градусах											
	10	15	20	23	26	28	31	35	38	41	43	45
10	10,2	10,4	10,6	10,9	11,1	11,3	11,7	12,2	12,7	13,3	13,7	14,1
15	15,2	15,5	16,0	16,3	16,7	17,0	17,5	18,3	19,0	19,9	20,5	21,2
20	20,3	20,7	21,3	21,7	22,3	22,6	23,3	24,4	25,3	26,5	27,3	28,3
25	25,3	25,9	26,6	27,2	27,8	28,3	29,2	30,5	31,7	33,1	34,2	35,4

Из данных таблицы 2 видно, что при углах наклонения, меньших 10° , линия местности и ее проложение-базис различаются на малую величину — $< 0,2$ м.

Данная таблица применяется в случаях, когда угол наклонения больше 10° , а следовательно, в условиях холмистого и горного рельефа.

Определив угол наклонения β и приняв базис, по таблице 2 находят линию местности, которую и отмеряют от центра основания дерева до точки стояния наблюдателя A' . Из данной точки (A') наблюдатель измеряет угол $\alpha = \angle BAC'$. По углам α и β в таблице 1 находят величины BC' и OC' .

Высота дерева определяется по формуле:

$$H = BC' - OC' + AA', \quad (5)$$

где AA' — расстояние до уровня глаз наблюдателя.

Чтобы измерить высоту дерева по данному способу, необходимо: с любого места склона измерить $\angle\beta$ и определить линию местности $A'O'$ по таблице 2 при принятом базисе;

отмерить от центра основания дерева линию местности на склоне и измерить $\angle\alpha$;

зная $\angle\alpha$ и $\angle\beta$, по таблице 1 находят высоту дерева, как разность величин BC' и OC' плюс расстояние до уровня глаз наблюдателя. Пример. Дано: $\angle\alpha = 52^\circ$; $\angle\beta = 20^\circ$; базис — 20 м.

Высота до уровня глаз наблюдателя 1,6 м.

Найти высоту дерева.

По углу $\beta = 20^\circ$ и базису — 20 м в таблице 2 находим линию местности, равную 21,3 м.

Отметив линию местности от центра основания дерева, определяем $\angle\alpha$.

По таблице 1 находим, что при базисе в 20 м углу $\alpha = 52^\circ$ соответствует $BC' = 25,6$ м, а углу $\beta = 20^\circ$ соответствует $OC' = 7,3$ м, по формуле (5) определяем:

$$H = 25,6 - 7,3 + 1,6 = 19,9 \text{ м.}$$

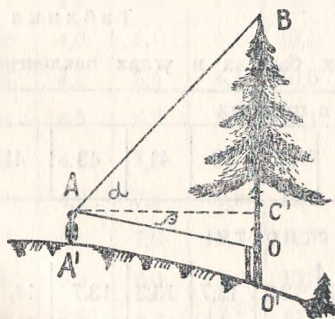


Рис. 4. Измерение высоты дерева, основание которого расположено ниже стояния наблюдателя.

Третий случай включает в себя измерение высоты дерева, основание которого расположено ниже стояния наблюдателя (рис. 4).

По выполнению приемов измерения высоты дерева данный способ отличается от предыдущего лишь тем, что вместо разности значения BC' и OC' берется их сумма и высота дерева определяется по формуле:

$$H = BC' + OC' + AA'. \quad (6)$$

Пример. Базис — 25 м; $\angle\alpha = 35^\circ$; $\angle\beta = 15^\circ$; $AA' = 1,6$ м.

При базисе в 25 м углу α соответствует $BC' = 17,5$ м, а углу β соответствует $OC' = 6,7$ м.

Высота дерева будет:

$$H = 17,5 + 6,7 + 1,6 = 25,8 \text{ м.}$$

В целях применения эклиметра на практике в качестве высотомера нами составлена таблица 3, куда вошли данные из таблицы 1 и 2.

Таблица 3

Определение высот деревьев при помощи эклиметра

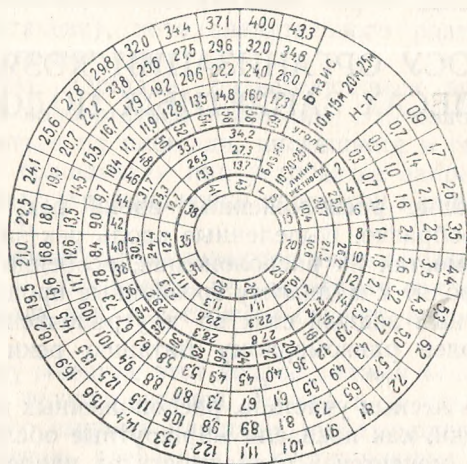


Таблица 3 фотографируется, уменьшается до размеров крышки эклиметра, на которую наклеивается.

В таком виде эклиметр очень удобен для определения высот деревьев.

Наш способ определения высоты дерева при различном его положении прост по своему применению и требует более простых вычислительных работ.

Результаты измерения находятся в пределах точности эклиметра $\pm 1^\circ$, что при базисе в 20 м в среднем составляет 0,4—0,7 м. Рассмотренный способ измерения высоты дерева при помощи эклиметра должен найти широкое применение в практике лесоустройства и лесного хозяйства как в условиях равнинных, так и горных лесов СССР.