

хронологии и дендроклиматологии (7–8 июня 1968 г.). – Вильнюс, 1968. 3. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л., 1974. 4. Захаров В.К. Новое в технике лесной таксации. – М., 1966. 5. Русаленко А.И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность. – Минск, 1986. 6. Комин Г.Е. Влияние климатических и фитоценологических факторов на прирост деревьев в древостоях // Экология. – 1973. – № 1.

УДК 634.051

В.Ф. НЕСТЕРЕНКО, В.Н. ГОЛОС

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕСТЕСТВЕННОГО НАКЛОНА СТВОЛОВ РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

Во многих научных и практических задачах лесовыращивания требуется высокая точность измерения высоты растущих деревьев, однако показания лесных высотомеров могут значительно искажаться за счет случайных наклонов древесных стволов. Такие наклоны наименее значительны у деревьев хвойных пород и весьма заметны у лиственных. Величины наклонов изучались на примере сосновых и березовых насаждений. Этих данных достаточно для уточнения сведений, приведенных в книге [1], и обоснования соответствующих теоретических вопросов лесотаксационного приборостроения.

Статистические закономерности отклонения от вертикали стволов растущих деревьев – наименее изученная геометрическая характеристика древостоя. Между тем на практике широко используются лесные высотомеры, рассчитанные на измерение вертикально растущего дерева. Наклон ствола при этом не учитывается, что приводит к ошибкам и искажает результаты измерений. Ошибка может достигать 3–4 %. Для получения статистических характеристик невертикальности стволов хвойных и лиственных деревьев нами были проведены натурные исследования. Отклонения вершин деревьев от вертикали, проходящей через центр корневой шейки, измеряли при помощи теодолита Т-30 и рейки с сантиметровыми делениями, которую располагали горизонтально на уровне земли. После этого визирную ось зрительной трубы наводили на вершину дерева, затем зрительную трубу переводили на рейку и брали отсчет a_i по рейке. Отклонение вершины e_i вправо или влево относительно вертикальной плоскости прибор–объект вычисляли по формуле

$$e_i = a_i - a_0, \quad (1)$$

где a_0 – деление рейки, соответствующее направлению ствола строго по центру его основания.

Указанные исследования выполняли в Негорельском учебно-опытном лесхозе студенты лесохозяйственного факультета В.Н.Голос, С.В.Гулякевич, Д.Л.Диконов, М.С.Иванкин, И.О.Ковальчук, А.Л.Хохлов. Статистическую обработку полученных результатов и анализ расчетных формул провел В.Н.Голос. Результаты этих исследований представлены в таблице.

Выявленные отклонения следует отнести к случайным, поскольку местоположение теодолита в сосновых насаждениях выбиралось случайно, а наблюдения велись по всем возможным азимутам.

Для приведенных в таблице величин e_i математическое ожидание $M(e)$ и

Статистика измеренных горизонтальных отклонений от вертикали
стволов сосны обыкновенной

Границы интервала величин e_i , см	Количество значений		Абсолютные частоты отклонений n_i	Середина интервала l_i , см	Произведения	
	$+p_i$	$-p_i$			$+l_i p_i$	$-l_i p_i$
0-10	36	35	71	5	180	175
10,1-20	31	33	64	15	465	495
20,1-30	32	31	63	25	800	775
30,1-40	26	24	50	35	910	840
40,1-50	15	17	32	45	675	765
50,1-60	6	8	14	55	330	440
60,1-70	4	5	9	65	260	275
70,1-80	4	3	7	75	300	225
80,1-90	2	1	3	85	170	85
90,1-100	2	1	3	95	190	95
110,1-120	3	1	4	115	345	115
120,1-130	1	-	1	125	125	-
130,1-140	1	-	1	135	135	-

среднее квадратическое отклонение m_e величин e_i рассчитывали по формулам:

$$M(e) = \sum e_i / n, \quad (2)$$

$$m_e = \sqrt{[\sum e_i^2 - (\sum e_i)^2 / n] / (n - 1)}, \quad (3)$$

где n — количество значений e_i .

При объеме выборки $n = 325$, $M(e) = +0,0152$ м, $m_e = 0,380$ м. Случайные углы ϵ наклона стволов, средняя высота которых $\bar{z} = 22$ м, характеризуются $M(\epsilon) = +0,04^\circ$ и $m_\epsilon = 0,9895^\circ \approx 1,0^\circ$. По малости модулей $M(e)$ и $M(\epsilon)$ величины e_i и ϵ_i можно считать центрированными относительно нулевого значения, т. е. $M(e) = M(\epsilon) = 0$.

С помощью критерия Пирсона χ^2 установлено, что выявленные отклонения e_i не подчиняются нормальному закону, но их рассеивание характеризуется колоколообразной кривой и симметрично относительно центра распределения. Вместе с тем следует отметить, что полученные значения e_i являются случайными функциями вида

$$e_i = E_i \sin \beta_i, \quad (4)$$

где E_i — предположительно нормально распределенные действительные отклонения вершин растущей сосны от вертикали; β_i — направления случайных наклонов, равномерно распределенные в пределах от 0 до 360° по азимуту.

Дисперсию функции (4) определим, пользуясь решением, представленным в статье [2]

$$D(e) = D(E) D(\sin \beta), \quad (5)$$

где $D(e) = m_e^2$, $D(E) = m_E^2$, $D(\sin \beta) = 1/2$.

Таким образом, среднее квадратическое значение действительных отклонений m_E стволов от вертикали для сосны равно

$$m_E = m_e \sqrt{2}. \quad (6)$$

В нашей же выборке $m_E = 0,536$ м, $m'_e = 1,4^\circ$.

Для многих лиственных не характерна правильная геометрическая форма ствола, что снижает точность таксационных измерений. Их невертикальность определялась на примере березы. Объем выборки составил 107 наблюдений; высота деревьев варьировала в пределах 21–28 м. Математическое ожидание измеренных значений e_i составило +0,339 м. Их среднее квадратическое (несмещенная оценка), найденное по формуле (3), оказалось равным 0,699 м, в угловой мере наклонов ϵ , $M(\epsilon) = 0,83^\circ$, $m_\epsilon = 1,5^\circ$. В этой выборке значительная систематическая погрешность наклонов возникла в результате установок теодолита на лесных дорогах и вынужденного выбора направления визирования в узком секторе открытого пространства. Поэтому наклоны стволов березы характеризуются асимметричным рассеиванием, а средние величины их в 1,5 раза больше, чем у сосны. Причем у 7 % стволов березы отмечены значительные наклоны, достигающие 2,6–4,4°.

Рассмотрим искажения, возникающие при измерении высоты невертикального дерева. При работе с высотомерами, рассчитанными на измерения по схеме прямоугольного треугольника с горизонтальным базисом B , результат получается завышенным (H'), если дерево было наклонено к наблюдателю на угол ϵ , или заниженным (H'') при наклоне дерева от наблюдателя

$$H' = [B(H_0 \cos \epsilon - H_1)] / (B - H_0 \sin \epsilon), \quad (7)$$

$$H'' = [B(H_0 \cos \epsilon - H_1)] / (B + H_0 \sin \epsilon), \quad (8)$$

где H_0 — действительная высота ствола; H_1 — высота ствола от корневой шейки до горизонтальной плоскости прибора.

В практике, если не учитывать наклон, например, $\epsilon = 2^\circ$, при $H_0 = 25$ м, $H_1 = 1,6$ м, то $H' - H_0 = +1,05$ м, $H'' - H_0 = -0,99$ м. Такие погрешности при таксационных измерениях составляют около 4 %. Повысить точность данных измерений можно при помощи высотомера, позволяющего определять наклонные дальности s_1 и s_2 до корневой шейки и вершины древесного ствола, а также соответствующие углы наклона ν_1 и ν_2 . При такой геометрической схеме измерений высота дерева вычисляется по формуле

$$H = s_1 \sin \nu_1 + s_2 \sin \nu_2. \quad (9)$$

В данном случае погрешность (ΔH) при наклонах $\epsilon \leq 2^\circ$ не превысит 0,03 м, если точность высотомера будет доведена до 0,01–0,02 м, что вполне достижимо при условии установки его на штатив в устойчивое положение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т е с л ю к Н.К. Методы измерительной таксации. — М., 1978. 2. Н е с т е р е н о к В.Ф. К вопросу о погрешностях измерений лесными высотомерами // Лесоведение и лесн. хоз-во. — Минск, 1976. — Вып. 11. 3. Ш т о р м Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. — М., 1970.