

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СТРОЕНИЯ СОСНОВОГО ЭЛЕМЕНТА НАСАЖДЕНИЯ

© А.А.Вайс

УДК 630.5

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет» г. Красноярск, Россия

На основе данных постоянной пробной площади выполнено моделирование динамики строения соснового элемента насаждения. Моделирование производилось по относительным ступеням различных морфолого-пространственных признаков деревьев (диаметр на высоте груди, высота, диаметр кроны, среднее расстояние на уровне растущего дерева). В качестве зависимой переменной использовался процент значений признаков в данной ступени. Выравнивание было выполнено с помощью обратной параболической и синусоидальной функции. В результате оказалось, что с возрастом адекватность моделей возрастает, а величина ошибки уменьшается.

On the basis of the data of the constant trial area modelling dynamics of a structure of a pine element of planting is executed. Modelling was made on relative steps of various spatial attributes of trees (diameter at height, height, diameter of a crone, average distance at a level of a growing tree). As a dependent variable the interest of values of attributes in the given step was used. Alignment was executed with the help of return parabolic and sine wave function. In result appeared, that with age adequacy of models grows, and the size of a mistake decreases.

**Введение.** Стрoение древостоев является одним из самых изученных вопросов лесной таксации. Однако в научной литературе динамика строения представлена мало.

С точки зрения практического применения наибольшее значение имеет изучение строения сумм площадей поперечных сечений. В однородных насаждениях суммы площадей поперечных сечений по отдельным ступеням толщины почти прямо пропорциональны запасам древесины в этих ступенях. На основании таблиц распределения и данных глазомерной таксации можно ориентировочно, не производя перечёта, распределить число деревьев и запас насаждения по ступеням толщины.

Таблицы распределения могут служить основой для составления товарных таблиц [1].

**Экспериментальная часть.** Для исследования и моделирования динамики строения было использовано сосновое насаждение, заложенное в Караульном лесничестве учебно-опытного лесхоза. Замеры были произведены в 1968 году с повторным переобмером в 1972, 1977, 1984, 1990 и 1997 годах.

Распределение деревьев по четырёхсантиметровым ступеням толщины приведено в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что процент деревьев с возрастом в тонкомерной части до 14 см уменьшается; в среднемерной части по периодам процент деревьев варьирует (16-22 см); в крупномерной части процент деревьев возрастает (24-38 см).

Таблица 1- Распределение деревьев сосны в древостое по ступеням толщины

Средний диаметр, см	Ступени толщины, см									
	2/4	6/8	10/12	14/16	18/20	22/24	26/28	30/32	34/36	38
	Число деревьев, %									
13,3	0,9/9,6	17,6/16,0	13,7/13,7	9,6/7,2	7,7/1,9	1,2/0,9	-	-	-	-
14,7	-0,2	3,7/16,4	15,7/11,9	14,9/12,1	7,3/7,4	6,2/2,3	1,1/0,8	-	-	-
15,5	0,2/2,8	16,0/15,2	11,6/11,1	11,2/10,0	6,7/6,9	4,4/2,3	0,8/0,8	-	-	-
18,2	-0,7	3,8/10,1	12,1/11,2	12,4/12,6	10,6/6,7	9,7/6,3	2,5/0,4	0,4/0,4	-	-
19,6	-0,5	2,9/7,7	11,1/10,6	10,9/11,8	9,4/7,7	10,4/6,3	6,5/2,7	0,5/0,5	0,5/-	-
22,4	0,3/-	-/2,2	7,3/7,0	10,2/11,2	10,2/11,2	9,9/8,0	8,3/8,0	3,8/1,0	0,6/0,3	0,3

Основная таблица распределения сумм площадей сечений приведена в таблице 2.

Динамика сумм площадей поперечных сечений имеет тенденцию, обратную предыдущей, то есть в тонкомерной части с

возрастом насыщенность ступеней снижается. Такая закономерность наблюдается до 22 см, в крупномерной части сумма площадей поперечных сечений по ступеням возрастает.

Таблица 2- Распределение сумм площадей поперечных сечений деревьев сосны по ступеням толщины

Средний диаметр, см	Ступени толщины, см									
	2/4	6/8	10/12	14/16	18/20	22/24	26/28	30/32	34/36	38
	Сумма площадей поперечных сечений, %									
13,3	0,1/1,9	6,2/9,1	11,1/15,1	13,8/13,1	17,2/5,2	3,8/3,4	-	-	-	-
14,7	-	0,6/4,9	7,3/8,0	13,6/14,4	11,0/13,8	14,0/6,2	3,4/2,8	-	-	-
15,5	-0,4	4,2/6,4	6,9/9,0	12,0/13,4	11,1/13,8	10,6/6,4	2,7/3,1	-	-	-
18,2	-0,1	0,7/3,1	5,3/6,6	9,6/12,3	12,8/9,9	16,8/12,8	5,8/1,2	1,4/1,6	-	-
19,6	-1,1	2,0/4,2	5,4/7,2	10,0/9,8	9,7/15,6	11,1/13,3	6,2/1,3	1,5/1,6	-	-
22,4	-	-0,6	2,1/2,8	5,2/7,2	8,2/10,8	11,4/10,8	13,0/14,3	7,8/2,2	1,7/0,9	1,0

Для моделирования исходных распределений использован набор стандартных уравнений из программы "Curve Expert". В результате оказалось, что наилучшим образом данное распределение описывает синусоидальная функция вида:

$$Y = a + b * \cos(c * x + b), \quad (1)$$

где у – процент суммы площадей поперечных сечений, %;

a, b, c, d – коэффициенты синусоидальной функции; x – ступени толщины, см.

Параметры модели распределения приведены в таблице 3. Пределы для независимой переменной 4-48 см.

Таблица 3 – Параметры моделей распределения площадей сечений по ступеням толщины

Возраст, лет	Коэффициенты синусоидальной функции				Коэффициенты выравнивания	Основная ошибка, %
	a	b	c	d		
42	8,3566			-3,6347	0,932	2,4
46	6,6171			-3,6299	0,957	1,8
51	6,5066	6,7115	0,2128	-3,1916	0,970	1,3
58	6,3307	7,0256	0,2012	-3,7954	0,929	2,3
64	5,8403	6,4036	0,1855	-3,8142	0,927	2,1
71	5,3477	6,6612	0,1734	-4,0042	0,941	1,8

Коэффициенты выравнивания указывают на то, что синусоидальная функция адекватно отражает данную зависимость ( $r=0,920-0,957$ ). Ошибка в определении сумм сечений по ступеням не выходит за пределы 3%.

Для устранения случайной изменчивости процента по относительным ступеням было выполнено моделирование распределения морфолого-пространственных признаков насаждения (диаметров стволов, высот, диаметров крон и средних расстояний на уровне растущего дерева) по относительным ступеням.

Таблица 4 – Параметры модели распределения процентов деревьев по относительным ступеням толщины

Возраст, лет	Коэффициенты моделей				Коэффициенты выравнивания	Основная ошибка, %
	a	b	c	d		
42	-0,8240	4,2638	-2,4287	1,8406	0,942	1,3
46	0,8109	2,4394	-2,3670	1,7569	0,875	2,3
51	-1,4920	13,1474	-3,5357	4,5789	0,923	1,8
58	0,9618	3,0581	-2,2740	1,7524	0,871	2,4
64	0,0517	3,5316	-2,3309	1,7129	0,926	1,9
71	0,6691	2,2001	-1,0365	1,1067	0,817	2,7

Модели распределения процента диаметров по относительным ступеням толщины адекватно отражают зависимость и имеют высокие значения коэффициентов выравнивания (0,817-0,933). Величина ошибки не превышает 3%. Пределы

Выравнивание производилось с помощью функции следующего вида:

$$y = \frac{a + b * x}{1 + c * x + d * x^2} \quad (2)$$

где y – процент распределения признака по ступеням, %;

a,b,c,d – коэффициенты модели;

x – относительные ступени признака.

На основе данных распределения морфолого-пространственных признаков были получены модели (таблицы 4, 5, 6, 7).

уравнений для относительной ступени толщины 0,2 – 1,2 от среднего диаметра.

Модели распределения процента деревьев по относительным ступеням высоты имеют высокие коэффициенты выравнивания (0,819-0,987) и основную ошибку до 4,5%. Пределы вычислений для относительных ступеней 0,3-1,0 от средней высоты.

Таблица 5- Параметры модели распределения процентов деревьев по относительным ступеням высоты

Возраст, лет	Коэффициенты моделей				Коэффициенты выравнивания	Основная ошибка, %
	a	b	c	d		
42	1,7282	-1,1343	-1,5576	0,6165	0,819	4,4
46	1,4303	-0,6898	-1,8933	0,9287	0,967	2,1
51	0,7818	2,0153	-2,4117	1,6686	0,890	3,5
58	2,3559	-1,9147	-1,8888	0,9041	0,987	1,8
64	2,9238	-2,2376	-2,0322	1,0765	0,972	1,9
71	2,7611	-2,4962	-1,9685	0,9779	0,964	3,4

Таблица 6 – Параметры моделей распределения по относительным ступеням диаметров кроны

Возраст, лет	Коэффициенты моделей				Коэффициенты выравнивания	Основная ошибка, %
	a	b	c	d		
46	0,1670	3,1030	-2,4357	1,8453	0,919	1,8
64	1,4409	0,4328	-2,2607	1,4682	0,946	1,6
71	1,4409	0,4328	-2,2607	1,4682	0,965	1,6

Таблица 7 – Параметры моделей распределения по относительным ступеням среднего расстояния

Возраст, лет	Коэффициенты моделей				Коэффициенты выравнивания	Основная ошибка, %
	a	b	c	d		
42	0,1164	1,9159	-2,2381	1,4307	0,943	1,6
46	1,2576	1,5789	-2,0196	1,3850	0,849	2,0
51	1,7655	-0,4350	-1,9682	1,0699	0,954	1,7
58	1,5700	-0,4138	-1,7340	0,8203	0,932	1,9
64	1,0109	0,2701	-2,1265	1,2223	0,968	1,6
71	0,6479	0,3646	-1,9966	1,0587	0,985	1,0

Распределение по диаметру кроны является наиболее стабильным. Параметры моделей указывают на их адекватность и незначительную величину ошибки до 2%..

Модель передаёт закономерность в пределах от 0,2 до 1,4 для относительных ступеней от среднего диаметра кроны. Пространственную структуру отражает среднее расстояние на уровне растущего дерева. Параметры модели приведены в таблице 7.

Величина ошибки моделей не выходит за пределы 2,0%. Пределы вычисления для

моделей распределения по относительным ступеням среднего расстояния от 0,1 до 1,5 от среднего расстояния.

Таким образом, с возрастом адекватность моделей возрастает, а величина ошибки уменьшается. Происходит это за счёт уменьшения изменчивости и приближения рядов распределения к нормальному виду.

#### **Библиографический список**

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация. – Учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность., 1982. – 532с.

