Задача состоит в том, чтобы рубками ухода предотвратить естественный отпад.

Наши стационарные наблюдения позволяют сделать вывод, что в древостоях искусственного происхождения надо сократить возраст рубки на 1 класс возраста, этим ускорить оборот хозяйства, что в свою очередь, обеспечит поставку народному хозяйству дополнительной древесины.

Лесоустроительное проектирование должно установить направление развития производства, содержать научные разработки по созданию лесных культур, по организации и проведению промежуточного пользования. В современных условиях оно осуществляется на базе детального изучения почвенно-типологических условий. Почвенные обследования должны обеспечить правильный выбор способов создания культур и других лесохозяйственных мероприятий, целиком направленных на создание высокопродуктивных, устойчивых насаждений.

При лесоустройстве необходимо выделять культуры в особую категорию насаждений, что позволит правильно планировать и проводить уход за культурами.

Литература

Жуков А.Б. 1958. "Основные принципы создания чистых и смешанных культур", "Лесное хозяйство", №2. Мирошников В.С. 1958. Продуктивность смешанных сосново-березовых насаждений, АН БССР, т. 4. Рубцов В.И. 1969. Культуры сосны в лесостепи. М. Орлов М.М. 1928. Лесоустройство, М. – Л. Огиевский В.В. 1949. Лесные культуры. М.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ПО СТАНДАРТНЫМ СТУПЕНЯМ РЯДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

О.А. Трулль

(Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова)

Рассматривая теоретические вопросы строения насаждения мы видим, что основные принципы построения рядов распределения и их анализ в теории лесной таксации остались прежние: принцип деления рядов распределения, когда величина интервала (d) исследуемого ряда равна десятой доле того или иного таксационного признака древостоя, принцип выражения показателей в долях среднего таксационного признака древостоя, как результат получения относительных величин. Первый принцип был положен при исследовании огивы Гальтона, когда ряд распределения имел величину интервала в $0{,}1N$, равную десятой доле общего числа стволов, расположенных по рангам. Этот принцип был положен в основу исследования рядов распределения Фекете в 1902 г. То же применил А.В. Тюрин в 1931 г. при исследовании таксационных признаков по естественным ступеням толщины, где величина интервала составляла 0,1Д, т.е. была равной десятой доле среднего диаметра древостоя.

Второй принцип выражения показателей в долях среднего таксационного признака был широко использован Шиффелем в начале XXв. при изучении рангового распределения рядов и редукционных чисел. При создании теории распределения числа стволов и других таксационных признаков по естественным ступеням толщины А.В. Тюрин применил этот принцип и делением средних диаметров по интервалам на средний диаметр древостоя получил значение естественных ступеней толщины: 0,5; 0,6; ...1,7. Исследование строения насаждений производилось не только в соответствии с указанными принципами, но и по другим рядам распределения, имеющим величину интервала, выраженную различными значениями, например по диаметру в 1, 2, 4 см. Рассмотренные два метода исследования строения насаждений - метод Фекете — Шиффеля (1902) и метод А.В. Тюрина (1931) органично связаны между собой на базе указанных двух принципов составления и формирования рядов распределения, последующего их анализа и анализа установления закономерностей. Ряды распределения различных таксационных показателей, сформированные на разной теоретической основе, дают различные результаты. Анализ приведенных работ, опыт исследовательской работы привели нас к мысли о необходимости исследования строения насаждений на одной статистической основе в системе методов математической статистики, когда все закономерности, проявляющиеся в динамике изменения того или иного признака, можно охарактеризовать статистическими показателями как в целом, так и по отдельным элементам.

В качестве одной статистической основы целесообразно проводить исследование рядов распределения любых таксационных признаков с учетом их степени изменчивости, выражая величину интервала этих рядов в 0,5 σ,т.е. с учетом среднеквадратического отклонения. В математической статистике известно, что σ именуют среднеквадратическим отклонением как основным или как стандартным. Мы предпочли назвать ряды распределения стандартными. Таким образом, стандартные ряды распределения того или иного таксационного признака должны иметь величину интервала, всегда равную 0,5 σ. Если производить исследования распределения числа стволов и других таксационных признаков на базе стандартных ступеней толщины, то, в первую очередь, необходимо определить среднеквадратическую величину и среднеквадратическое отклонение ряда распределения диаметров. Средний диаметр насаждения, как среднеквадратическая величина может быть определен: 1) через площадь сечения среднего дерева – $g_{ср}$ насаждения; $D = 2\sqrt{g_{ср} : \pi}$; 2) через среднеарифметический диаметр – $D_{ср}$, получаемый при статистической обработке $D = \sqrt{D^2_{ср} + \sigma^2}$; 3) по формуле среднеквадратической величины — $D = \sqrt{\frac{\Sigma n_i d_i}{\Sigma n_i}}$, где d_i — средние диаметры, а n_i — численности, взятые по интервалам статистического ряда.

Исследование строения насаждений можно производить не только на базе стандартных ступеней толщины, но и на базе стандартных ступеней высоты, коэффициента формы, видовых чисел и других таксационных признаков древостоев.Во всех этих случаях величина интервала стандартного ряда распределения, того или иного признака должна быть равна 0,5 σ. Такая статистическая основа создает общую систему исследования любых стандартных рядов распределения, дает возможность сопоставлять их между собой независимо от среднего диаметра, высоты, возраста, типа леса. При таком подходе создается возможность выделять стандартные ряды по ведущему признаку и в зависимости от него изучать распределение других признаков как производных от главного. Данная статистическая основа позволяет исследовать строение насаждения и по свободному принципу, когда распределение числа стволов изучается не по диаметру, а по любому выбранному признаку вне связи с другими показателями.

Рассматривая общие предпосылки составления рядов распределения по стандартным ступеням толщины О.А. Трулля, рассмотрим вопрос о порядке отсчетов при формировании рядов и символическом написании их. Так, известно, что ранговые ряды предусматривают начало отсчета от самого тонкого ствола, что является недостатком. Ряды распределения по естественным ступеням толщины за начало отсчета при их установлении имеют среднеквадратическое значение М, принятое за 1. В предлагаемых рядах за начало отсчета берется среднеквадратическая величина, стоящая в середине центрального интервала, принимаемая за 0 в связи со значением нормированного отклонения — $x_o=0$, где $x_o=(v_o - M) : \sigma = 0$, так как $v_o = M$. Если ранговые ряды символически обозначались: 0, 10, 20, ... 100, а естественные ступени толщины 0,5; 0,6; 0,7 ... 1,7, то стандартные ступени толщины имеют следующее символическое обозначение: –3,0 –2,5 –2,0 –1,5 –1,0 –0,5 0 +0,5 +1,0 +1,5 +2,0 +2,5 +3,0. В математической статистике известно, что вычисление кривых распределения часто базируется на отклонениях вариант — от среднеквадратической величины, выраженной в единицах среднеквадратического отклонения, т.е. $x_i = (v_i - M) : \sigma$ является нормированным отклонением. Исходя из величины интервала в $0{,}5\sigma$ можно так записать все положительные нормированные отклонения стандартных ступеней толщины:

$$x_o = (v_o - M) : \sigma = 0$$

$$x_{0,5} = (v_{o,5} - M) : \sigma = +0{,}5$$

$$x_{1,0} = (v_{1,0} - M) : \sigma = +1{,}0$$

. . . .

$$x_{3,0} = (v_{3,0} - M) : \sigma = +3{,}0,$$

отрицательные значения —x имеют те же величины, но со знаком минус. Символические обозначения стандартных ступеней любого рассматриваемого признака являются одновременно нормированными отклонениями, выраженными в единицах среднеквадратического отклонения применяемых в расчетах кривых распределения в математической статистике. Исследование строения древостоев по стандартным ступеням толщины создает научную основу для характеристики рядов распределения с определением оценок в виде различных статистических показателей с последующим выбором типа кривой I – IУ Пирсона и как частного случая кривой нормального распределения. Вычисление оценок критериев кривых распределения позволяет объективно оценить ряд числовыми характеристиками и сопоставить его с кривой нормального распределения или кривой

Таблица 1. Статистические показатели естественных и стандартных рядов распределения диаметров в сосновом насаждении 36-летнего возраста. Стационар 10А. 1967 г.

Естественный ряд			Статистические показатели	Стандартные ряды						
ступени	средние значения	численности		ступени	ряд 1 $M=14,2$		ряд 2 $M=13,5$		статистические показатели	
	v_i	n_i			v_i	n_i	v_i	n_i	ряд 1	ряд 2
0,4	5,18	9	$M=$ 14,2 см	-3,0	–	–	–	–	$M=$ 14,2 см	13,5 см (арифм.)
0,5	7,10	38	$\sigma=$ 4,40см	-2,5	–	–	–	–	$\sigma=$ 4,40см	4,38см
0,6	8,52	40	$0,5\sigma=$ 2,2 см	-2,0	5,4	11	4,7	4	$\sigma:2=$ 2,2 см	2,2 см
0,7	9,94	54	$v=$ 31 %	-1,5	7,6	58	6,9	43	$v=$ 31 %	32,4 %
0,8	11,36	47	$P=$ 1,4 %	-1,0	9,8	77	9,1	75	$P=$ 1,4 %	1,5 %
0,9	12,78	60	$\sigma^2=$ 19,37	-0,5	12,0	84	11,3	83	$\sigma^2=$ 19,36	19,15
1,0	14,20	67	$\alpha=$ -0,107	0	14,2	96	13,5	90	$\alpha=$ -0,072	+0,419
1,1	15,62	45	$i=$ -0,615	+0,5	16,4	67	15,7	83	$i=$ -1,070	-1,695
1,2	17,04	38	$r_3=$ -0,107	+1,0	18,6	39	17,9	43	$r_3=$ -0,072	+0,419
1,3	18,46	25	$r_4=$ 2,385	+1,5	20,8	25	20,1	28	$r_4=$ 1,930	1,305
1,4	19,88	18	$M_{ср}=$ 13,46 арифм.	+2,0	23,0	12	22,3	16	$r_3^2=$ 0,005	0,176
1,5	21,30	17	меньше квадрат. на 6,1 %	+2,5	25,2	7	24,5	10	$3r_3^2=$ 0,015	0,528
1,6	22,72	8		+3,0	–	–	26,7	1	$2r_4=$ 3,860	2,610
1,7	24,14	9		–	–	–	–	–	$4r_4=$ 7,720	5,220
1,8	25,56	1		–	–	–	–	–	$\varkappa=$ -0,002	-0,109
Итого:		476				476		476	тип кривой 1	

друго типа и найти более приемлемую функцию для отображения общего свойства, общих закономерностей рядов распределения того или иного признака. Так, для исследования изменчивости и характеристики распределения диаметров в сосновых насаждениях необходимо иметь исходные данные замеров диаметров стволов по системе индивидуального учета, как это делается на стационарных пробных площадях. В дальнейшем из частичной статистической совокупности диаметров составляется обычный ряд методами, известными в статистике, и вычисляются все статистические показатели ряда, в том числе ведущие характеристики: среднеквадратическая величина и среднеквадратическое отклонение (см. табл. 1). Составление стандартных рядов распределения начинается с построения центрального интервала, когда среднеквадратическая величина всего ряда ставится в его центре.

Прибавляя последовательно к величине M = 14,2 см величину интервала в $0{,}5\sigma = 2{,}201$ см, мы получаем возрастающий ряд средних значений в пределах каждого интервала — v_i, а отнимая $0{,}5\sigma$ от M — убывающий ряд этих значений. В третьей строке табл. 2 дается запись интервалов, которая получается как среднеарифметическая величина между соседними средними значениями в пределах интервала. Стандартные ступени толщины устанавливаются исходя из нормированных отклонений стандартного ряда $x_i = (v_i - M) : \sigma$. Составив такую систему интервалов и стандартных ступеней толщины, производят разноску численностей статистической совокупности диаметров и устанавливают распределение числа стволов, его процент и накопление по стандартным ступеням толщины. Из вычисления статистических показателей мы видим, что стандартный ряд распределения числа стволов по диаметрам не симметричен, так как мера косости и мера крутости — значительные величины. Ряд распределения не следует закону нормального распределения. Чаше всего ряды распределения наглядно оцениваются методом сопоставления с другими данными, например с кривой нормального распределения или кривой другого типа.

Мы предлагаем общее сопоставление делать с кривыми распределения типа 1 – УП, для нахождения которых необходимо вычислить критерии кривой распределения

$$\varkappa = \frac{r_3^2\,(r_4+3)^2}{4(4r_4-3r_3^2)(2r_4-3r_3^2-6)}.$$

Таблица 2. Распределение числа стволов по стандартным ступеням толщины (Негорельский учебно-опытный лесхоз, кв. 163, (44) стационар 10А. Сосна 36 лет)

Средние значения	Интервалы	Стандартные ступени	Численность стволов			Суммарные численности	
v_i	d_i		n_i	%	%норма	zn_i	%
–	–	–3,0	–	–	0,2	–	–
–	–	–2,5	–	–	0,9	–	–
5,4	4,3–	–2,0	11	23	2,7	11	2,3
7,6	6,5–	–1,5	58	12,2	6,5	69	14,5
9,8	8,7–	–1,0	77	16,2	12,1	146	30,7
12,0	10,9–	–0,5	84	17,6	17,6	230	48,3
14,2	13,1–	0	96	20,2	20,0	326	68,5
16,4	15,3–	+0,5	67	14,1	17,6	393	82,6
18,6	17,5–	+1,0	39	8,2	12,1	432	90,8
20,8	19,7–	+1,5	25	5,2	6,5	457	96,0
23,0	21,9–	+2,0	12	2,5	2,7	469	98,5
25,2	24,1–	+2,5	7	1,5	0,9	476	100
–	–	+3,0	–	–	0,2	–	–
Итого	–	–	476	100	100	476	100

Среднеквадратическая величина D =14,2 см. σ=4,4 см $0,5\sigma$=2,2

В данном критерии r_3 и r_4 — основные моменты распределения. Интересно отметить, что при стандартном ряде распределения любого признака вычислять кривую нормального распределения, как это делается в настоящее время, в целях сопоставления и оценки исследуемого ряда не следует, так как она является единственной кривой и все исследователи могут брать ее в готовом виде и сопоставлять свои результаты. Действительно, численности кривой нормального распределения определяются по формуле $n_i = \frac{Nd}{\sigma} f_i(x)$, где N — общее число наблюдений ряда распределения; $f_i(x)$ — функция Лапласа-Гаусса или n_i =0,5 $Nf_i(x)$, т.е. кривая нормального распределения стандартного ряда при вычислении ее численностей потеряла зависимость от величины интервала и среднеквадратического отклонения. Численности по интервалам стали зависеть только от общего числа наблюдений и стандартных ступеней, численно равных нормированным отклонениям, по которым берется функция Лапласа-Гаусса. Сумма значений $f_i(x)$ по интервалам статистического ряда распределения в пределе равна 2, при размахе распределения стандартных рядов $\pm 3\ \sigma$ будет близко около 2.

Функция Лапласа-Гаусса по интервалам стандартного ряда всегда имеет определенное значение:

стандартные ступени	-3	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	
$f_i(x)$	0,004	0,018	0,054	0,130	0,242	0,352	0,399	
стандартные ступени	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+3,0		
$f_i(x)$	0,352	0,242	0,130	0,054	0,018	0,004	1,999	

Если численности стандартного ряда кривой нормального распределения вычислить в процентах, то формула $n_i = 0{,}5\ Nf_i(x)$ еще упрощается, так как $N = 100$.

Расчет распределения процентов стандартного ряда вычисляется по формуле $P_i = 50\ f_i\ (x)$ или с применением интегральной функции $F\ (x)$. Значения процентов берется в готовом виде для сопоставления.

Проценты распределения числа стволов кривой нормального распределения по стандартным ступеням:

стандартные ступени	-3	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0
число стволов,%	0,2	0,9	2,7	6,5	12,1	17,6	20,0
стандартные ступени	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+3,0	
число стволов,%	17,6	12,1	6,5	2,7	0,9	0,2	100

Как видно из сопоставления процентов (табл. 2), распределения числа стволов по кривой нормального распределения и нашей кривой,совпадения нет.Вычисленный критерий кривых распределения 1 - УП $= -0{,}109$ показывает,что наша кривая подходит к кривой типа 1, так как критерий $\varkappa$ — отрицательная величина, ряд асимметричен $\alpha = 0{,}419$, с ограниченным размахом распределения, с наибольшей численностью, соответствующей $x_i = 0$. Обоснование этих кривых дано Марковым и Колмогоровым, а обобщение принадлежит Романовскому. Дифференциальные уравнения кривых распределения 1 - УП разработаны Пирсоном.

Стандартные ступени исследования рядов распределения в своей математической основе отличаются от всех предыдущих методов величиной интервала ступени в $0{,}5\ \sigma$, дающей возможность широкого применения оценок из области математической статистики.

Стандартные ступени рядов распределения:
–3; –2,5; –2,0; –1,5; –1,0; –0,5; 0; +0,5; +1,5; +2,0; +2,5; +3 позволяют сопоставить строение насаждений в различных возрастах при различном происхождении и воздействии человека на него, при различных типах леса и других признаках.

Эти ступени рядов распределения являются отклонениями от среднеквадратической величины, нормированными в единицах среднеквадратического отклонения.

При сопоставлении рядов распределения по стандартным ступеням толщины с данными кривой нормального распределения отпадает необходимость в вычислении нормальных кривых для всех авторов. Сопоставления делаются с заблаговременно вычисленными процентами распределения числа стволов по любому признаку, которые являются постоянными при величине интервала ступени в 0,5 σ.

Данный метод предусматривает установления различных характеристик вплоть до вычисления критерия типа ряда распределения $\varkappa$ и оценки ряда в виде системы чисел статистических показателей, предусмотренных в математической статистике.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В.С. Мирошников, А.И. Ковальков

(Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова)

Одна из главнейших задач лесного хозяйства на современном этапе – обеспечение непрерывного восстановления лесных богатств страны быстрыми, надежными и экономическими способами.

Насаждения, созданные способом посадки или посева, наиболее полно обеспечивают использование естественного плодородия лесных земель, повышают продуктивность и качественный состав лесов.

Справедливо указывает В.С. Шумаков (1963), что восстановление леса лесными культурами с каждым годом расширяется как по абсолютной площади, так и в географическом отношении.