

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОРТИМЕНТНОЙ СТРУКТУРЫ ДРЕВОСТОЕВ

Mathematical models of definition of assortment and outcomes of check of these mathematical models are introduced in this article.

При учете лесосечного фонда на корню широко применяются сортиментные таблицы, однако они имеют ряд недостатков:

– в таблицах информация дана по табулированным диаметрам на 1,3 м и по табулированным высотам (по разрядам высот), что уменьшает точность вычисления объемов сортиментов;

– таблицы содержат единственный типовой набор промышленных сортиментов, имеющих фиксированные размерные характеристики, что приводит к невозможности вычисления выхода других видов древесного сырья в иных соотношениях;

– с течением времени таблицы могут содержать данные об устаревших промышленных сортаментах.

Для решения вышеперечисленных проблем используется математические модели образующих древесных стволов. Как показывают исследования [4], для построения образующих древесных стволов целесообразно применение кубических сплайнирующих функций, наиболее детально отражающих форму древесных стволов.

Тогда, используя уравнение образующей и классическую формулу определения объема как тела вращения, получаем формулы для вычисления как объема всего древесного ствола, так и его частей:

$$S_d = f(S_1), \quad (1)$$

$$V = \pi \int_{l_2}^{l_1} f^2(S_1) dS_1, \quad (2)$$

где $f(S_1)$ – уравнение образующей кривой, представляющее собой зависимость диаметров ствола (S_d) от высот (S_1); l_1, l_2 – нижняя и верхняя границы образующей кривой; V – объем ствола или его частей.

Такой подход в определении объемов частей древесного ствола позволяет использовать образующую ствола на базе сплайн-функции для сортиментации запасов древостоев. При сортиментации запасов древостоев определяются выход сортиментов по категориям крупности деловой древесины (крупная ($V_{кр}$), средняя ($V_{ср}$), мелкая ($V_{м}$), дрова ($V_{др}$) и отходы ($V_{от}$), а также выход промышленных сортиментов ($V_i^{сорт}$).

Выход деловой древесины определяется с учетом ГОСТ 9463-88 и 9462-88 [1, 2], в которых определены диаметры в верхнем отрезе сорти-

ментов, представляющие собой граничные значения для категорий крупности деловой древесины. Тогда для расчета выхода сортиментов по категориям крупности необходимо определить длины сортиментов ($l_{кр}, l_{ср}, l_{м}, l_{др}$), диаметры в верхнем отрезе которых принимают граничные значения для категорий крупности. При этом объем крупной древесины, получаемый из древесного ствола, будет равен объему отрезка ствола, начинающегося с высоты 0 м до высоты $l_{кр}$; объем средней деловой древесины соответственно будет равен объему ствола, заключенного между высотами $l_{кр}$ и $l_{ср}$; объем мелкой древесины – объему отрезка ствола, заключенного между высотами от $l_{ср}$ и $l_{м}$, и т. д. (рис. 1).

Методика определения выхода сортиментов по категориям крупности для древесного ствола состоит в следующем:

$$V_{кр} = V(l_{кр}), \quad (3)$$

$$V_{ср} = V(l_{ср}) - V_{кр}, \quad (4)$$

$$V_{м} = V(l_{м}) - (V_{кр} + V_{ср}), \quad (5)$$

где $V(l_{кр}), V(l_{ср}), V(l_{м})$ – объемы отрезков стволов от пня до высот $l_{кр}, l_{ср}, l_{м}$ соответственно, рассчитанные с использованием математических моделей образующих древесных стволов на базе сплайн-функций.

Дрова и отходы определяются следующим образом:

$$V_{др} = V(l_{др}) - (V_{кр} + V_{ср} + V_{м}), \quad (6)$$

$$V_{от} = V_{в/к} - (V_{кр} + V_{ср} + V_{м} + V_{др}) + V_{в}, \quad (7)$$

$$V_{в} = V_{б/к} - (V_{кр} + V_{ср} + V_{м} + V_{др}), \quad (8)$$

где $V_{др}, V_{в}, V_{от}$ – объем вершинки и отходов, m^3 ; $V_{в/к}, V_{б/к}$ – объем ствола в коре и без коры, m^3 ; $V(l_{др})$ – объем отрезка ствола от пня до высоты $l_{др}$.

Объем вершинки ($V_{в}$) очень мал, фактически $V_{в} \approx 0$, и этим показателем можно пренебречь. Тогда объемы дров и отходов вычисляются по формулам:

$$V_{др} = V_{б/к} - (V_{кр} + V_{ср} + V_{м}), \quad (9)$$

$$V_{от} = V_{в/к} - (V_{кр} + V_{ср} + V_{м} + V_{др}), \quad (10)$$

или, что тоже самое:

$$V_{от} = V_{в/к} - V_{б/к}. \quad (11)$$

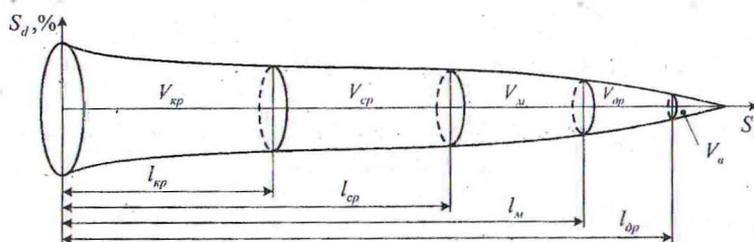


Рис. 1. Деление древесного ствола на сортименты по категориям крупности деловой древесины и дрова

Формулы (3-5, 9, 11) являются основой для математической модели определения выхода сортиментов по категориям крупности деловой древесины.

Выход промышленных сортиментов также рассчитывается с учетом ГОСТ 9463-88 и ГОСТ 9462-88, в которых задаются размерные характеристики сортиментов: толщина, длина, градация по длине. Математическая модель определения выхода промышленных сортиментов для древесного ствола заключается в следующем. задается перечень возможных промышленных сортиментов и их граничные размерные характеристики: d_i^{\min} , d_i^{\max} – минимальный и максимальный диаметр в верхнем отрезе i -го сортимента, см; d_i^{\min} обязательный параметр для каждого возможного сортимента; l_i^{\min} , l_i^{\max} – минимальная и максимальная длина i -го сортимента, м; l_i^{\min} обязательный параметр для каждого возможного сортимента; l_i^A – градация по длине для каждого i -го сортимента, м; l_i^{np} – припуск по длине для каждого i -го сортимента, см; $i = \overline{1, n}$, n – количество возможных сортиментов.

Кроме того, соблюдается ряд условий:

$$d_i^{\min} < d_i^{\max}; l_i^{\min} < l_i^{\max}; d_i^{\max} \leq d_0.$$

Последовательность сортиментов в перечне определяет приоритет заготовки сортиментов из ствола. Список входных данных и алгоритм определения выхода промышленных сортиментов представляют собой математическую модель определения выхода промышленных сортиментов, которая дает следующие итоговые данные: $V_j^{\text{сорт}}$ – объем j -го сортимента, м³; d_j^H , d_j^B – диаметры в нижнем и в верхних отрезках j -го сортимента, см; l_j^H , l_j^B – высоты от основания ствола до нижнего и верхнего отрезков j -го сортимента, м; $l_j = l_j^B - l_j^H$ – длина j -го сортимента, м; $j = \overline{1, k}$, k – количество полученных из ствола сортиментов.

При этом математическая модель обеспечивает соблюдение следующих условий:

$$l_j^H \leq l_j^B; l_j^H \leq l_m;$$

$$\sum_{j=1}^k (l_j^B - l_j^H) \leq l_m;$$

$$\sum_{j=1}^k V_j^{\text{сорт}} \leq V_{б/к} - V_{др}.$$

Графическое представление деления древесного ствола на промышленные сортименты изображено на рис. 2.

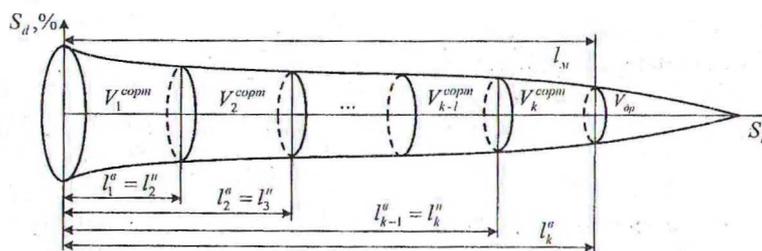


Рис. 2. Деление древесного ствола на промышленные сортименты

Для сосны и березы по данным таблиц соответственно объема и сбега Д.И. Товстолеса и А.В. Тюрина были построены математические модели определения объемов стволов и сортиментов. Проверка построенных математических моделей определения выхода сортиментов по категориям крупности деловой древесины осуществлялась по данным производственной мате-

риальной оценки лесосек лесхозами. Данные материальной оценки, определенные с использованием сортиментных таблиц Ф.П. Моисеенко, были пересчитаны с применением математической модели, а результаты проверки приведены в [3].

По сосне проведена также проверка математической модели определения выхода промышленных сортиментов. Для этого использовались

модельные деревья соснового древостоя, обмеренные на пробной площади в кв. 41 Негорельского лесничества преподавателем кафедры лесоустройства БГТУ Н.П. Демидом. Таксационные характеристики древостоя следующие: средний возраст – 94 года, средняя высота – 27 метра, средний диаметр – 33 см, разряд высот – 11, полнота – 0,81, тип леса – сосняк мшистый. Для проверки использовалось 188 модельных дерева.

Каждое модельное дерево раскрывалось на промышленные сортименты: пиловочник и балансы. Определялся также выход технологических и топливных дров. Фиксировались возраст, диаметр на высоте 1,3 м, высота ствола, размерные характеристики сортиментов: длина, диаметр в верхнем отрезе, припуск, толщина коры. По сложным секционным формулам определялись объемы отрезков стволов в коре и без коры. По вычисленным отрезкам стволов рассчитывались объемы стволов в коре и без коры, выход деловой древе-

сины, дров и отходов. Полученные данные приняты в качестве фактических.

При использовании имеющихся размерных характеристик отрезков стволов модельных деревьев, с помощью математической модели пересчитывались: объемы промышленных сортиментов, объем дровяной древесины, объем отходов, объем стволов в коре и без коры. Результат сравнения фактических данных и данных, полученных с использованием математической модели, приведен в таблице.

Практически во всех случаях отклонения от фактических данных не превышают 3%. Так, отклонения в объемах стволов в коре и без коры составляют 2,08 и 2,11%. Отклонения выхода общей деловой древесины, а также деловых сортиментов по сортам, кроме балансов I сорта, находятся в пределах 3%. Значительное отклонение наблюдается в объеме дровяной древесины – 22,54%, что является следствием малости сравниваемых показателей.

Таблица

Общие итоги сравнения результатов сортиментации соснового древостоя различными методами

Показатели сортиментации	Метод определения сортиментов		Отклонения	
	по секционным формулам	математическая модель	м ³	%
Кол-во сортиментов, шт.	188	188	–	–
Деловая, м ³	108,69	109,99	1,30	1,20
Дрова, м ³	4,88	5,98	1,10	22,54
Отходы, м ³	15,51	15,8	0,29	1,87

Окончание таблицы

Деловые сортименты, м ³	Пиловочник	1	55,67	57,28	1,61	2,89
		2	40,9	40,41	-0,49	-1,20
		3	6,31	6,36	0,05	0,79
		Итого	102,88	104,05	1,17	1,14
	Балансы	1	1,15	1,21	0,06	5,22
		2	3,71	3,77	0,06	1,62
		3	0,95	0,96	0,01	1,05
		Итого	5,81	5,94	0,13	2,24
Объем без коры, м ³		113,57	115,97	2,40	2,11	
Объем в коре, м ³		129,08	131,77	2,69	2,08	

Полученные результаты проверки математических моделей определения сортиментов по категориям крупности деловой древесины и промышленных сортиментов показывают пригодность разработанных математических моделей, что позволяет использовать их для моделирования сортиментной структуры древостоев.

Литература

1. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. – Введен ГОСТ 9462-71. Введен 21.04.88. – М.: Стандарты, 1990. – 14 с.

2. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. – Взамен ГОСТ 9463-72. Введен 21.04.88. – М.: Стандарты, 1990. – 15 с.

3. Рябов Д.В. Материальная оценка лесосек с использованием моделей образующих древесных стволов // Труды БГТУ. Серия I. Лесное хозяйство. – 2004. – Вып. XII. – С. 261–264.

4. Яковлев М.К., Янушкевич А.А. Кусочная аппроксимация полиномиальных моделей образующей древесного ствола // Труды БГТУ. Сер. I. Лесное хозяйство. – Мн.: БГТУ, 1996. – Вып. III. – С. 81–82.