

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫХОДА СОРТИМЕНТОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATLAB

The article deals questions of assortments volume determination with using mathematical programming complex Matlab.

Использование лесотаксационных моделей, реализованных на ПЭВМ в виде программ для обработки лесохозяйственной информации, позволяет быстро и эффективно выполнять необходимые расчеты и прогнозы. Поэтому актуальность разработки математических моделей образующих стволов, а также на их основе моделей объемов стволов, моделей выхода категорий крупности, выхода сортиментов не вызывает сомнений.

Разработка таких моделей является делом трудоемким и сложным, поэтому использование современных программных средств может значительно облегчить этот процесс. Одним из таких программных продуктов является математический пакет MatLab.

Использование данного пакета обусловлено его широкими возможностями: богатейшей библиотекой математических, статистических и других вспомогательных функций; широкими возможностями по представлению графической информации (графики, диаграммы); высоким быстродействием и возможностью создавать программы с использованием встроенного языка программирования. Ха-

рактеристика данного пакета, его преимущества, недостатки и возможности применения в лесохозяйственных расчетах рассмотрены в работе [1].

С использованием математического пакета Matlab проводилась разработка лесотаксационных моделей для определения объемов отрезков стволов дуба на различной высоте ствола. Основой для разработки данных моделей послужила математическая модель образующих и объемов стволов дуба, полученная по данным относительного сбега.

Средний относительный сбег стволов дуба в пределах групп разрядов высот IA-II, III-IV и V-VA был предварительно получен на основе таблиц объема и сбега стволов дуба по разрядам высот при среднем коэффициенте формы, разработанных Б. А. Шустовым [2], с использованием методики, приведенной в работе [3]. На основе среднего относительного сбега по относительным высотам (рисунок) были получены вначале модели образующей, а затем и модели объемов стволов дуба по группам разрядов высот. Подробное описание методики приводится в работе [3].

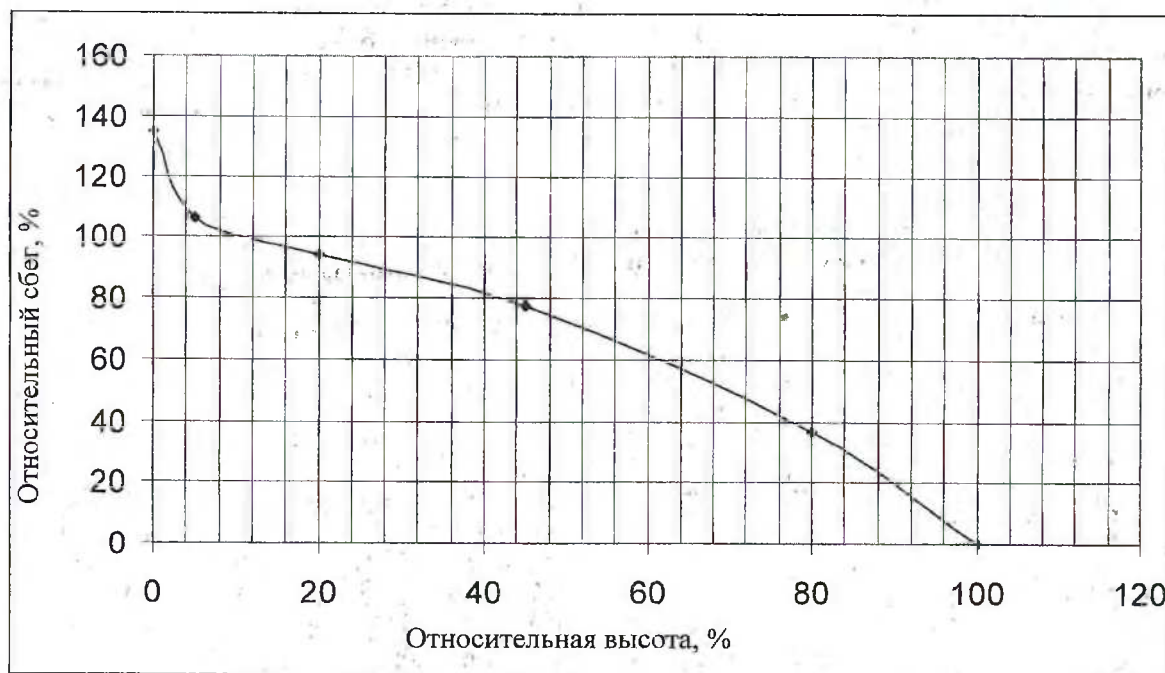


Рисунок. Кривая сбега стволов дуба, разряд высот I

Таблица 1

Отклонения в объемах отрезков стволов дуба (без коры) между математической моделью и таблицами Б. А. Шустова, для 1-го разряда высот, %

Ступени толщины, см	Высоты расположения концов отрезков ствола, м					
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
16	-0,23	-1,88	-2,97	6,92	-	-
24	3,60	-4,03	-0,82	1,63	5,96	-30,67
32	3,55	0,72	0,14	1,42	10,39	0,14
40	3,34	0,03	-0,26	-0,24	0,26	5,13
48	3,00	0,40	-0,32	-0,35	0,83	6,41
56	3,41	0,72	-0,25	0,14	2,94	7,63
64	3,04	0,80	-0,10	-0,27	0,02	1,52
72	2,90	1,00	0,55	-0,61	-2,77	-3,30
80	2,63	1,01	1,36	-0,83	-4,40	-6,55
Средн. кв. откл., %	3,02	1,62	1,15	2,45	4,74	11,84

Сравнение табличных данных с данными, рассчитанными по математическим моделям (образующей и объемов стволов дуба), показало, что при оценке работы модели образующей стволов дуба с данными таблиц сбег систематические отклонения в определении диаметров для всех разрядов высот находились в пределах от +0,24% до -0,80%, а среднеквадратические отклонения соответственно – от $\pm 1,4\%$ до $\pm 3,0\%$ [3]. Отклонения по мере увеличения высоты расположения диаметров имеют тенденцию к возрастанию. Отклонения в объемах стволов между данными моделей и таблицами объемов стволов дуба по Б. А. Шустову составили $\pm 2,2\%$, от таблиц Ф. П. Моисеенко – $\pm 2,4\%$. Полученные значения отклонений вполне допустимы для дальнейшего использования этих моделей.

При разработке моделей более высокого порядка (моделей по выходу категорий крупности и сортиментов) на основе вышеупомянутой модели образующей возник ряд проблем. Для

построения образующей использовался метод кусочно-полиномиальной аппроксимации. Поскольку расчеты выполнялись с использованием ряда программ (в основном электронных таблиц MS Excel и без использования специальных математических пакетов), сглаживание 1-й производной в узлах сетки не проводилось, а стыковка значений функций слева и справа от узла сетки выполнялась с ограниченной точностью. Кроме того, достаточно сложно было проверить монотонность функции внутри каждого участка образующей (это требовало значительных расчетов ввиду большого числа таких участков). В результате наличия вышеупомянутых недостатков возникли сложности в применении численных методов для определения корней кубической параболы на каждом отрезке (звене) образующей, а это, в свою очередь, не позволяло получить модель для расчета объемов отрезков ствола на различных высотах (выхода сортиментов).

Таблица 2

Отклонения в объемах отрезков стволов дуба (без коры) между математической моделью и таблицами объема и сбег Б.А. Шустова, для 2-го разряда высот, %

Ступени толщины, см	Высоты расположения концов отрезков ствола, м					
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
16	-0,18	0,30	-0,72	-3,29	-	-
24	2,48	1,49	3,51	13,57	-3,13	-
32	2,52	-1,91	0,44	0,87	-1,36	-11,93
40	2,68	-0,29	-1,42	-1,07	5,09	2,09
48	2,90	0,93	1,63	0,53	2,28	-3,65
56	2,66	0,56	0,76	-1,58	-4,18	-14,66
64	2,96	1,91	2,38	0,65	0,47	-1,21
72	2,69	1,76	1,98	0,05	-2,11	-4,92
80	2,51	1,77	1,74	-0,68	-3,15	-7,71
Средн. кв. откл., %	2,53	1,38	1,85	4,72	3,06	8,11

Для устранения вышеприведенных недостатков была выполнена повторная разработка образующей стволов, но уже с использованием специального инструментария математического пакета MatLab (встроенный модуль для работы с кубическими сплайн-функциями – Spline-toolbox). Использование данного модуля позволило добиться полного сглаживания значений функции и ее 1-й производной в узлах сетки, а также выполнить проверку монотонности функций.

Однако для достижения надлежащей точности, в модели образующей, полученной с помощью пакета MatLab, пришлось увеличить число узлов сетки: если ранее образующая состояла из пяти участков, то теперь понадобилось семь. Кроме того, если в первом случае расположение узлов сетки было одинаково для образующих всех разрядов высот, то во втором случае узлы сетки у образующих разных разрядов высот не совпадали. Указанные недостатки не являются серьезными при расчетах на ПЭВМ.

На основе образующей, полученной с использованием пакета MatLab, в дальнейшем была разработана модель по определению объема отрезков стволов (модель для сортиментации стволов дуба). Реализация всех вышеуказанных математических моделей на ПЭВМ выполнялась в среде пакета MatLab с использованием встроенного в него языка программирования, что позволило значительно уменьшить трудоемкость работ в процессе разработки.

С целью верификации полученных моделей (по определению выхода сортиментов) было выполнено сравнение объемов 4-метровых отрезков стволов дуба без коры, рассчитанных с использованием моделей с данными, взятыми из таблиц объема и сбеге стволов дуба (по Шустову). Полученные отклонения в объемах, выраженные в процентах по ряду ступеней толщины, а также среднеквадратические отклонения в целом для 1-го и 2-го разрядам высот представлены в табл. 1 и 2.

Анализ полученных данных свидетельствует о приемлемой точности в определении объема отрезков стволов с использованием математической модели. Среднеквадратические про-

центры отклонений в объемах отрезков стволов для 1-го разряда высот находились в пределах от $\pm 1,15$ до $\pm 11,84\%$, по 2-му разряду высот – от $\pm 1,38$ до $\pm 8,11\%$. В обоих случаях отклонения по мере увеличения высоты расположения отрезка ствола имеют тенденцию к возрастанию. В целом для 1-го разряда высот среднеквадратический процент отклонения составил $\pm 5,32\%$, для 2-го – $\pm 4,06\%$, что вполне приемлемо для их практического использования.

Систематические отклонения в определении объемов отрезков ствола по 1-му разряду высот составили $-0,44\%$, по второму разряду высот – $-0,02\%$, что также вполне удовлетворительно.

На основе модели образующей стволов дуба также была получена модель по определению выхода категорий крупности деловой древесины для стволов дуба 1А–2-го разрядов высот (по Шустову). Сравнение результатов, полученных по данной математической модели, с данными сортиментных таблиц Ф. П. Моисеевского для стволов дуба показало, что имеют место значительные отклонения в определении категорий крупности деловой древесины. Среднеквадратическое отклонение составило порядка $\pm 8... \pm 10\%$, а в отдельных случаях и более. Полученные расхождения в выходе деловой древесины можно объяснить только особенностями методики создания вышеуказанных сортиментных таблиц, поскольку расхождение в объемах стволов дуба между сортиментными таблицами и математической моделью составило порядка $\pm 2,5\%$.

Литература

1. Цай, С. С. Перспективы использования математического пакета MatLab в лесохозяйственных расчетах / С. С. Цай // Труды БГТУ, Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2006. – Вып. XIV. – С. 81–82.
2. Лесная вспомогательная книжка / под общ. ред. проф. А. В. Тюрина. – 2-е изд., доп., М.; Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 522 с.
3. Цай, С. С. Моделирование образующей и объемов стволов дуба / С. С. Цай // Труды БГТУ, Сер. I, Лесн. хоз-во. 2002. – Вып. X. – С. 85–89. *