

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫХОДА ДЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПО КАТЕГОРИЯМ КРУПНОСТИ ИЗ СТВОЛОВ БЕРЕЗЫ

Одной из важнейших задач, решаемых таксацией, является определение запаса деловой древесины различной крупности. Для этой цели используются сортиментные и товарные таблицы. В настоящей работе делается попытка построить математическую модель, которая позволила бы решить ту же задачу.

Все расчеты выполнялись по материалам сортиментных таблиц Ф.П. Моисеенко для березы [4]. Ранее была разработана модель, аппроксимирующая данные таблицы [3]. Она представляет собой ряд уравнений, связывающих объемы различных категорий древесины, получаемых из древесного ствола, с его диаметром и высотой. В данном случае используется другой подход, заключающийся в том, что делается попытка получить уравнение, позволяющее определить процентный выход из ствола дерева древесины различной крупности.

Предположим, что существует функция образующей древесного ствола

$$f(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (I)$$

такая, что $D_1 = D_{rh} \cdot f(l/h)$, где D_1 - диаметр ствола (см) на расстоянии l м от вершины; D_{rh} - диаметр ствола (см) на какой-либо относительной высоте rh ; h - высота дерева, м. Тогда отношение диаметров на любых двух фиксированных относительных высотах vh и uh будет постоянным для любого ствола:

$$\frac{D_{vh}}{D_{uh}} = \frac{D_{rh} \cdot f(vh/h)}{D_{rh} \cdot f(uh/h)} = \frac{f(v)}{f(u)} = const. \quad (2)$$

Иными словами, образующая (I) согласуется с гипотезой проф. Б.К. Захарова о единстве средней формы древесных стволов. Процент выхода древесины (P_1), имеющей диаметр в верхнем отрубе D_1 , можно определить следующим образом:

$$P_1 = \frac{V_1}{V \cdot K} \cdot 100\% = \frac{h \cdot \int_0^1 \frac{\pi \cdot (D_{rh} \cdot f(x))^2}{40000} dx}{\frac{1}{K} \cdot h \cdot \int_0^1 \frac{\pi \cdot (D_{rh} \cdot f(x))^2}{40000} dx} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{\int_0^1 f(x)^2 dx}{K \cdot \int_0^1 f(x)^2 dx} \cdot 100\% \quad (3)$$

где l_1 - расстояние (м) от вершины дерева до точки, в которой диаметр ствола равен D_1 см; V - объем ствола без коры, м³; V_1 - объем части ствола от комля до высоты, где ствол имеет диаметр V_1 ; K - коэффициент, позволяющий перейти от объема ствола без коры к объему в коре (предполагается, что процент коры является постоянной величиной). Из формулы (3) видно, что процент выхода древесины, имеющей определенный диаметр в верхнем отрубе, зависит только от вида функции (I) и от величины l_1/h . Воспользовавшись соотношением (2), можно записать для пары диаметров D_1 и D_m (диаметр на высоте груди) следующее уравнение:

$$\frac{D_1}{D_m} = \frac{f(l_1/h)}{f((h-1.3)/h)} \quad (4)$$

Из выражения (4) можно определить величину l_1/h . Если не существует решения уравнения (4) относительно величины l_1/h , находящегося в интервале от нуля до единицы включительно, то это означает, что ствол слишком тонок для того, чтобы получить древесину с диаметром в верхнем отрубе D_1 .

Для определения выхода древесины различной крупности в абсолютных величинах необходимо, кроме процентного выхода,

знать объем ствола в коре. Его можно вычислить следующим образом:

$$V_{в.к} = V \cdot K = K \cdot h \cdot \int_0^1 \frac{\pi \cdot (D_{rh} \cdot f(x))^2}{40000} dx, \quad (5)$$

где

$$D_{rh} = D_m / f((h-1,3)/h).$$

Было решено в качестве образующей $f(x)$ взять степенную функцию. Она простая и достаточно хорошо описывает форму древесного ствола [2]. Тогда, учитывая уравнения (2) - (5) и то, что

$$f(x) = A_1 \cdot x^{A_2},$$

где A_1 и A_2 - постоянные коэффициенты, получаем:

$$P_1 = A_3 \cdot (1 - (D_1/D_m)^{2+1/A_2}) \cdot ((h-1,3)/h)^{2A_2+1} \quad (6)$$

и

$$V_{в.к} = A_4 \cdot D_m^2 \cdot h \cdot (h/(h-1,3))^{A_2}, \quad (7)$$

где $A_3 = 100\%/K$ и $A_4 = \pi/(40000 \cdot K \cdot (2 \cdot A_2 + 1))$.

Коэффициенты уравнений (6) и (7) рассчитывались с привлечением методов нелинейного регрессионного анализа [1]. Качество полученных функций оценивалось путем сравнения вычисленных статистических критериев с квантилями соответствующих распределений для уровня значимости 0.05 [5].

В ходе вычислений выяснилось, что процентный выход древесины различной крупности в большой степени зависит от разряда высот. В связи с этим в уравнение (6) был введен дополнительный множитель, учитывающий разряд высот. В окончательном варианте уравнение выглядит следующим образом:

$$P = 79,18 \cdot (1 - (D_{в.о.}/D_m)^{2+1/0,254}) \cdot ((h-1,3)/h)^{2(0,254)+1} \times \\ \times (1-0,0377RV), \quad (8)$$

$$(F = 14271,13; S = 3,0567139; R^2 = 0,958503),$$

где $D_{в.о.}$ - минимальный диаметр в верхнем отрубе для соответствующего класса крупности. При составлении сортиментных таблиц была принята следующая классификация сортиментов по толщине верхнего диаметра без коры: крупная - 25 см и выше,

средняя 13 - 24 см и мелкая 3 - 12 см. При раскряжевке граница между различными категориями крупности деловой древесины часто находилась в точке ствола с диаметром, отличающимся от приведенных выше величин, характеризующих минимальные размеры классов толщины. Этим обуславливаются отличия фактических средних значений диаметров, являющихся границами между категориями крупности, от приведенной выше классификации. Поэтому величины этих диаметров принимались в качестве дополнительных параметров уравнения и были вычислены в ходе регрессионного анализа данных. Для крупной деловой древесины среднее значение верхнего диаметра составило 27,86 см, для средней - 14,55 см, а для мелкой - 5,44 см.

Для объема ствола в коре было получено следующее уравнение:

$$V_{в.к} = 0.0000336 \cdot h \cdot D^2 \cdot (h / (h - 1,3))^{0,923} \quad (9)$$

(F = 99999.000; S = 0.0173205; R² = 0.999741).

Все критерии Стьюдента для коэффициентов регрессии уравнений (8) и (9) превышали соответствующие критические значения [5] для уровня значимости 0,05.

В заключение была вычислена сумма квадратов отклонений между предсказанными по математической модели и табличными объемами крупной, средней и мелкой деловой древесины. Эта величина составила 0.157 м³. Соответствующая сумма квадратов отклонений для предыдущей модели [3] составляет 0.166 м³, что на 5.7% выше.

Таким образом, полученная математическая модель сортиментных таблиц позволит с большей точностью, в сравнении с предыдущей, определять запас деловой древесины различной крупности. Кроме того, с ее помощью можно вычислить выход древесины, имеющей нестандартные размеры.

Литература

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. В 2-х кн. Кн. 2 /Пер. с англ. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 1987. - 351 с.
2. Кофман Г.Б. Рост и форма деревьев. - Новосибирск: Наука, 1986. - 211 с.

3. Машковский В.П. Регрессионные модели сортиментных таблиц Моисеенко Ф.П. по березе // Научн. тр. / Моск. лесотехн. ин-т, 1992. - Вып. 256. - С. 162 - 165.
4. Моисеенко Ф.П. Таблицы для сортиментного учета леса на корню. - Мн.: Государственное издательство БССР, 1961. - 584 с.
5. Свалов Н.Н. Вариационная статистика. - М.: Лесная промышленность, 1977. - 176 с.

УДК 630* 5

С.В. Драгунов

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ В ФИЛЯНДИЮ И ШВЕДИЮ

При отводе лесосек выход товарной продукции рассчитывается в соответствии с действующими ГОСТами на качество и размеры сортиментов. Между тем при сравнении наших ГОСТов и требований к лесоматериалам, выдвигаемым при заключении договоров на поставку, со стороны западных фирм отмечаются некоторые различия. В настоящей статье будут проанализированы некоторые особенности в требованиях на примере пиловочника.

Требования к хвойному пиловочнику

Согласно требованиям [7] ограничения по минимальным размерам сортиментов совпадают с ГОСТом [3] по длине (3 м), но отличаются по минимальному диаметру (15 см), в связи с чем расчетный выход исходных объемов сортиментов для экспортных поставок может оказаться несколько завышенным.

По качеству требования отличаются еще значительно. В отличие от ГОСТов [1, 3] в пиловочных бревнах не допускаются:

- сложная кривизна;
- твердая и мягкая гниль;
- отдунные трещины;
- синева и червоточина;
- большие вздутия от заросших сучков.

Кроме того, не допускаются следующие сочетания пороков:

- два разных порока с максимальными допускаемыми размерами;