

УДК [630*812+630*377.42/.45].001.24

Л.В. Коротяев

Коротяев Леонид Васильевич родился в 1916 г., окончил в 1941 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук. Имеет свыше 60 печатных работ в области исследования параметров деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовок и технологических факторов повышения производительности трелевочных машин.



К РАСЧЕТАМ НА ПРОЧНОСТЬ СРЕДСТВ ТРЕЛЕВКИ И ВЫВОЗКИ

Приведено изменение плотности древесины ели по длине ствола с возрастом в 1,3 – 1,5 раза от комля к вершине. Установлена и математически описана интенсивность изменения массы ствола по его длине как балки с неравномерно распределенной нагрузкой на коники трелевочных и лесовозных машин.

Ключевые слова: плотность древесины, масса ствола ели, неравномерно распределенная нагрузка.

При определении нагрузки на коники трелевочных машин и лесотранспортных средств в расчет принимают обычно постоянную плотность свежесрубленной ствольной древесины 800 кг/м^3 . Однако исследования, проведенные ЦНИИМЭ [1] и АЛТИ–АГТУ [2–4], показали, что постоянная плотность древесины наблюдается только у деревьев лиственных пород – березы и осины [1], у хвойных – ели и сосны – она меняется по длине и крупности стволов [1, 2]. В связи с этим нагрузка на коники машин при трелевке и автовывозке деревьев и хлыстов хвойных пород будет иной. Ее определение является целью нашего исследования.

В лесах Европейского Севера России, где преобладают еловые древостои, заготавливают в основном ель, поэтому плотность ее древесины представляет наибольший интерес при расчете трелевочных и лесовозных машин на прочность для этого региона.

Методика экспериментальных исследований плотности изложена в работе [2]. Закономерность изменения плотности древесины ρ , кг/м^3 , по длине ствола ели наиболее точно выражается трехчленным уравнением квадратной параболы. Достаточно точно она может быть выражена и двухчленной формулой [3]

$$\rho(x) = p + qx^2, \quad (1)$$

где x – расстояние от комлевого торца ствола (хлыста) до расчетного его сечения, м;

p, q – постоянные коэффициенты для дерева данного диаметра (ступени толщины) d_t (d_t – таксационный диаметр дерева, см).

Опытные значения коэффициентов p, q даны в табл. 1 по 4-сантиметровым ступеням толщины деревьев d_t .

Таблица 1

d_t , см	8	12	16	20	24	28	32
p	867	835	788	751	691	709	698
q	8,850	3,625	1,640	1,124	1,116	0,985	1,000

Таблица 2

d_t , см	Плотность древесины, кг/м ³ , на расстоянии от комлевого торца, м										Средняя плотность, кг/м ³
	0...2	2...4	4...6	6...8	8...10	10...12	12...14	14...16	16...18	18...20	
8	876	947	1088	–	–	–	–	–	–	–	916
12	839	868	926	1012	1128	–	–	–	–	–	855
16	790	804	829	868	921	986	1065	–	–	–	809
20	752	761	779	806	842	887	941	1004	–	–	776
24	692	701	719	746	781	826	879	942	1013	–	756
28	710	718	734	757	789	828	875	930	993	1064	746
32	699	707	723	747	779	819	867	923	987	1059	745

Плотность древесины еловых стволов (хлыстов) приведена в табл. 2 с распределением по двухметровым участкам и ступеням толщины (данные автора [4]).

Из таблицы видно, что плотность древесины ели в вершине ствола значительно (в 1,3 – 1,5 раза) больше, чем в комле, интенсивно возрастает от комля к вершине и снижается с увеличением крупности деревьев. По разрядам высот и сезонам года она меняется мало [2], поэтому приведена среднегодовая плотность для деревьев среднего разряда высот IV, 2 – IV, 3.

Для дерева нужного диаметра плотность древесины может быть определена по табл. 2 путем интерполяции. При этом для расчетов желательно принимать средний размер хлыста (дерева) в пачке, транспортном вое или разрабатываемой лесосеке, диаметр которого в лесах Севера обычно не превышает 32 см.

Приведенные материалы исследований доказывают, что плотность древесины ели сильно меняется как по длине ствола (хлыста), так и по крупности деревьев, что следует учитывать в расчетах на прочность трелевочных и лесовозных средств.

Изменение плотности древесины ели по длине ствола обуславливает его переменную массу. Следовательно, определение нагрузки на коники машин сводится к решению лежащей на двух опорах консольной или бесконсольной балки с переменной массой.

Зная плотность древесины и объем двухметровых отрезков ствола [4], нетрудно вычислить их массу. Складывая массы отрезков, получаем массу всего ствола (хлыста) как неравномерно распределенную, ступенчатую нагрузку на опоры трелевочных и транспортных средств.

На Европейском Севере страны нет эксплуатационных еловых древостоев II и тем более I, ограниченно распространены древостои III разряда

Таблица 3

d_T , см	Масса отрезков ствола, кг, на расстоянии от комлевого торца, м											
	0...2	2...4	4...6	6...8	8...10	10...12	12...14	14...16	16...18	18...20	20...22	22...24
8	8	7	4	1	–	–	–	–	–	–	–	–
12	21	16	13	10	6	2	–	–	–	–	–	–
16	33	27	24	20	15	11	5	–	–	–	–	–
20	45	41	37	33	27	22	16	9	3	–	–	–
24	65	55	50	46	40	34	27	20	11	4	–	–
28	90	76	70	65	59	52	40	35	25	14	5	–
32	116	98	90	85	78	71	62	52	39	27	13	3

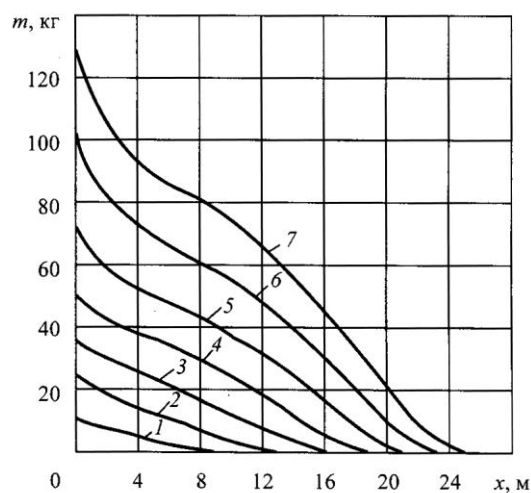
высот. Однако отдельные деревья I и II и целые группы деревьев III разрядов встречаются в древостоях IV разряда, преобладающих наряду с V разрядом в зоне северной тайги. Поэтому объемы отрезков стволов предпочтительнее определять применительно к III разряду, используя массовые таблицы [4]. Подсчитанная таким образом масса отрезков стволов (хлыстов) приведена в табл. 3.

Реальная нагрузка на опоры машин от массы ствола (хлыста) изменяется от комля к вершине плавно, как показано на рисунке. Интенсивность изменения неравномерно распределенной массы по длине ствола (хлыста) $m(x)$ выражается формулой, полученной путем решения тройного интеграла [3]:

$$m(x) = \iiint_{(m)} dm = \iiint_{(V)} \rho(x) dV, \quad (2)$$

где dm , dV – элементарные масса, кг, и объем, m^3 , ствола (хлыста) в сечении, отстоящем на расстоянии x от комлевого торца, м;
 m , V – масса, кг, и объем, m^3 , ствола (хлыста).

Графики изменения массы
 стволов ели III разряда
 высот по их длине:
 1 – 7 – d_T равно соответ-
 ственно 8, 12, 16, 20, 24,
 28 и 32 см



Поскольку в расчет введены образующая ствола, описываемая уравнением кубической параболы (по Д.И. Менделееву) [3, 5], и переменная плотность древесины, выраженная уравнением квадратной параболы (1), формула интенсивности изменения массы ствола (хлыста) по его длине получилась довольно сложной [3]:

$$m(x) = \frac{\pi p}{10^4} \left(\frac{a^2}{x^4} + \frac{ab}{x^3} + \frac{\alpha}{3x^2} + \frac{\beta}{2x} + \frac{\gamma}{5} + \frac{\delta}{3} x + \frac{\theta}{7} x^2 + \frac{cdq}{4p} x^3 + \frac{d^2 q}{9p} x^4 \right) x^5 \Big|_{x_1}^{x_2}. \quad (3)$$

$$\text{Здесь } \alpha = A + a^2 \frac{q}{p}; \beta = B + ab \frac{q}{p}; \gamma = D + A \frac{q}{p}; \delta = cd + B \frac{q}{p};$$

$$\theta = d^2 + D \frac{q}{p}; A = 2ac + b^2; B = ad + bc; D = 2bd + c^2; a, b, c, d - \text{коэффициенты}$$

уравнения образующей ствола (хлыста). Значения этих коэффициентов по опытным данным автора [3] приведены в табл. 4.

Составив при необходимости расчетную программу для компьютера или ЭВМ и меняя пределы интегрирования от $x_1 = 0$ до $x_2 = l$, где l – длина ствола (хлыста), м, по формуле (3) можно установить интенсивность изменения массы по его длине – по длине расчетной балки, а затем по методике ее расчета определить нагрузку на отдельные ее участки и опоры (конники машин). Результаты расчета распространяются на всю трелеваемую пачку или автотранспортный воз. При этом надо иметь в виду, что при трелевке деревьев за комли нагрузка от массы стволов на щит трактора или коник, захват трелевочной машины при одинаковом объеме пачки окажется меньше, чем при $\rho = \text{const}$, а давление вершин на грунт и сопротивление волочению пачки будет несколько больше; при трелевке за вершины – наоборот.

Таблица 4

d_r , см	a	$-b$	c	$-d$	d_r , см	a	$-b$	c	$-d$
III разряд высот									
8	5,4	1,455	0,463	0,06125	20	12,1	1,39	0,147	0,00713
12	7,3	1,065	0,181	0,01350	24	13,5	1,05	0,093	0,00458
16	9,5	0,855	0,092	0,00535	28	16,3	1,15	0,093	0,00406
20	12,0	1,130	0,100	0,00435	32	17,8	0,96	0,046	0,00200
24	14,1	1,058	0,079	0,00327	V разряд высот				
28	16,1	0,980	0,055	0,00211	8	4,9	0,64	0,057	0,01440
32	18,3	0,995	0,055	0,00223	12	7,4	1,15	0,171	0,01307
IV разряд высот									
8	4,9	0,95	0,035	0,02250	16	10,0	1,52	0,218	0,01440
12	7,1	1,04	0,192	0,01635	20	11,6	1,41	0,148	0,00800
16	9,5	0,96	0,113	0,00750	24	13,9	1,32	0,135	0,00670
					28	17,9	2,24	0,222	0,00870
					32	18,7	1,48	0,118	0,00472

При вывозке хлыстов нагрузка от комлей на коник автомашины для одинакового объема веза будет меньше, чем при $\rho = \text{const}$, а на коник полуприцепа (прицепа) от вершин значительно больше. При тряске и возникновении динамических сил нагрузка на коник автоприцепа существенно возрастет. Большой плотностью вершинной части хлыстов в сравнении с постоянной и, как следствие, большей массой и нагрузкой на коник (перегрузкой) автоприцепа можно, по-видимому, объяснить наблюдаемые их повреждения.

Аналогичная методика расчета на прочность средств трелевки и вывозки может быть применена и при разработке сосновых древостоев.

Учет переменной массы стволов (хлыстов) в расчетах трелевочных и лесовозных средств на механическую прочность позволит повысить их надежность.

Материал, изложенный в статье, желательно включить в учебники по расчету и конструированию машин для лесозаготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Закревский П.Б.* Изменение объемного веса ствола и кроны растущих деревьев по высоте /П.Б. Закревский// Вопросы технологии и механизации лесосечных работ. – Химки: ОНТИ, 1972. – Вып. 123. – С. 103–111.

2. *Коротяев Л.В.* Исследование плотности свежесрубленной древесины северной ели / Л.В. Коротяев // Лесн. журн. – 1982. – № 3. – С. 35–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. *Коротяев Л.В.* Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства: учеб. пособие / Л.В. Коротяев. – Л.:ЛТА, 1982. – 80 с.

4. *Коротяев Л.В.* Природные характеристики деревьев и хлыстов: справ. материалы / Л.В. Коротяев. – Архангельск: ИПП «Правда Севера», 1998. – 100 с.

5. *Менделеев Д.И.* Труды по сельскому хозяйству и лесоводству /Д.И. Менделеев. – М., 1954.

г. Архангельск

Поступила 31.01.03

L.V. Korotyaev

To Strength Analysis of Skidding and Hauling Facilities

Change of spruce wood density along its stem length with increase in 1.3-1.5 times from butt to top is provided. The intensity of stem mass change along its length is set and mathematically described as beams with irregularly distributed load on bunks of skidders and forest trucks.
