

*Новые технологические решения в деревообработке и
отделке*

**СОРТОВОЙ СОСТАВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ВЫХОД
ПИЛОМАТЕРИАЛОВ И ЗАГОТОВОК ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Чамеев В.В., Гаева Е.В., Харисов П.Е. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**HIGH-QUALITY STRUCTURE of ROUND FOREST PRODUCTS And
OUTPUT of SAW-TIMBERS And PREPARATIONS of the GENERAL
PURPOSE**

При проектировании технологических процессов лесобрабатывающих цехов лесопромышленных предприятий нужны сведения по сортовому составу сырья и выходу готовой продукции из него. Для определения посортного выхода пиломатериалов в ЦНИИМОД разработаны Руководящие техникоэкономические материалы по нормированию расхода сырья и материалов в производстве пиломатериалов (1983 г.), принятые в настоящее время в качестве российских нормативов. Однако нормативы разработаны для пиловочного сырья по ГОСТ 9463-72 и ГОСТ 9462-71. С 1990 г. действуют стандарты на круглые лесоматериалы по ГОСТ 9463-88 и ГОСТ 9462-88. Для разрешения сложившихся противоречий при определении посортного выхода пиломатериалов на кафедре ТиОЛП УГЛТУ разработаны компонент-программы (кп) «СЫРЬЁ» и «ПРОДУКЦИЯ», входящие в комплекс-программу (КП) «ЦЕХ».

Применительно к круглым лесоматериалам из сосны их сортность определяется в двух вариантах: а – в кп «СЫРЬЁ» по ГОСТ 9463-88 на основе математических моделей сырья и ограничений на пороки, приведённые в ГОСТ 9463-88; б – в кп «ПРОДУКЦИЯ» по ГОСТ 9463-72 на базе тех же математических моделей сырья, но с учётом ограничений на пороки по ГОСТ 9462-72. Такой подход позволяет применять в расчётах нормативы ЦНИИМОД посортных выходов пиломатериалов.

Основными сортообразующими пороками в математической модели сырья приняты гниль, сучки и кривизна. I-й сортообразующий порок в математической модели представлен случайной величиной X с типом вероятностного распределения P_x , средним значением \bar{X} , средним квадратическим отклонением (СКО) σ_x , вероятностью его появления P_p с указанием зависимостей P_x , \bar{X} , σ_x , и P_p от доминирующих факторов.

Ниже представлена математическая модель сортообразующих пороков для основных бревен. Параметры модели соответствуют сырью лесопромышленных предприятий Уральского региона. Для составления математической модели были использованы литературные источники и данные кафедры ТиОЛП УГЛТУ. Основные параметры модели сведены в таблице 1.

Наличие гнили в бревнах характеризуется следующими параметрами: встречаемость бревен с гнилью P_G , в т.ч. со сквозной $P_{ГС}$ (вероятность встречи бревна с гнилью с выходом на один торец $P_{ГО} = P_G - P_{ГС}$), степень поражения гнилью торцов бревен в долях их толщины $d_{Г/d}$ (среднее значение $\bar{d}_{Г/d}$, стандарт $\sigma_{dГ/d}$, закон вероятностного теоретического распределения), протяженностью напённой и стволовой гнили (среднее $\bar{\ell}_{ГН}$ и $\bar{\ell}_{ГС}$, СКО $\sigma_{ГН}^H$ и $\sigma_{ГГ}^C$).

Встречаемость бревен с гнилью $P_{Г}$ и $P_{Гс}$ возрастает с увеличением d_i , что не противоречит биологическим свойствам древесины к загниванию. Уравнения зависимостей $\bar{d}_{Г/d}=f(d_i)$ и $\sigma_{dr/d}=f(d_i)$ следует считать приближенным из-за недостаточного объема исходного статистического материала. Для практических целей использованы значения $\bar{d}_{Г/d}$ и $\sigma_{dr/d}$ для сырья из средней группы по толщине ($d_i \leq 25$ см) и толстомерного сырья ($d_i \geq 26$ см). Случайная величина $\bar{d}_{Г/d}$ не противоречит нормальному распределению. Некоторые выборки, с худшей сходимостью, одновременно описываются и законом Эрланга.

Таблица 1 – Содержание сосновых брёвен с пороками и их размерная характеристика

Регрессионные уравнения	Коэффициенты уравнений определены при
$P_{Г} = -0,0007 d_i^2 - 0,0264 d_i + 0,3452$	$14 \leq d_i \leq 40$ см
$P_{Гс} = 0,00005 d_i^2 + 0,0058 d_i + 0,0063$	$15 \leq d_i \leq 35$ см
$\frac{\bar{d}_{Г}}{d} = 0,559$	$d_i \leq 25$ см
$\frac{\bar{d}_{Г}}{d} = 0,581$	$d_i \leq 26$ см
$\sigma_{dr/d} = 0,196$	$d_i \leq 25$ см
$\sigma_{dr/d} = 0,228$	$d_i \leq 26$ см
$l_{ГН} = 40 d_{ГН}^2 + 10 d_{ГН}$	$d_{ГН} \leq 0,18$ м
$l_{ГН} = 500 d_{ГН}^2 + 395 d_{ГН} - 49$	$0,18 < d_{ГН} < 0,26$ м
$\sigma_{l_{ГН}}^H = 0,008953 l_{ГН}^2 + 0,1616 l_{ГН} + 0,03786$, м	$0,6 \leq d_{ГН} \leq 6,5$ м
$P_{C} = 0,0008 d_i^2 + 0,0610 d_i + 1,2852$	$12 \leq d_i \leq 40$ см
$\bar{n}_{C1} = 4,34 \frac{\text{шт}}{\text{м}} ; \sigma_n = 1,87 \frac{\text{шт}}{\text{м}}$	
$\bar{d}_C = 0,0134 d_i^2 + 0,7591 d_i + 28,0123$, мм	$12 \leq d_i \leq 31$ см
$\sigma_{dC} = -0,0116 d_i^2 + 0,9887 d_i + 3,2270$, мм	$12 \leq d_i \leq 31$ см
$P_{K} = -0,0002 d_i^2 + 0,0013 d_i + 0,0978$	
$\bar{K} = 3,500\% ; \sigma_K = 2,388\%$	$d_i \leq 25$ см
$\bar{K} = 3,545\% ; \sigma_K = 2,362\%$	$d_i \geq 26$ см

Протяженность напённой гнили в сосновых брёвнах зависит от степени пораженности ею торца. Чем сильнее развита напённая гниль, тем выше она поднимается по стволу. По геометрической форме центральные гнили округлого сечения наиболее близки к параболоиду с образующей в виде параболы. Для бревен комлевой вырезки

длина напённой гнили зависит от диаметра гнили на торце бревен d_g . Для брёвен из вершинной и срединной частей хлыстов распределение длины стволовой гнили $l_{гс}$ установить невозможно. Для дальнейших расчётов принимается по равномерному закону.

Для бревен из вершинной и срединной части хлыстов распределение длины стволовой гнили $l_{гс}$ установить невозможно.

Характеристика сучков в круглых лесоматериалах включает статистические описания: встречаемость бревен с сучками P_c , число сучков на единицу длины бревна n_{c1} и толщину сучков d_c . Доля бревен с сучками уменьшается с увеличением d_i и существует статистическая связь $P_c = f(d_i)$. Число сучков на 1 м длины сосновых бревен описывается нормальным распределением. Анализ значений \bar{n}_{c1} и СКО σ_n , для разных групп сырья по толщине позволяет в модели принять их независимыми от ступеней толщины сырья. Принятые значения \bar{n}_{c1} и σ_n , приведены в табл. 1. Средняя толщина сучка \bar{d}_c и стандарт σ_{dc} находятся в статистической зависимости от d_i . Эмпирические распределения сучков по толщине не противоречат логарифмическому нормальному

Кривизна K , как случайная величина, подчиняется вероятностному закону со средним значением \bar{K} и стандартом σ_K , характеризуется встречаемостью брёвен с кривизной P_K . У сосны сравнительно небольшое число бревен с кривизной. С увеличением d_i значение P_K снижается. Эмпирические распределения кривизны K асимметричны и одинаково хорошо описываются как логнормальным законом, так и законом Эрланга. Связь статистик \bar{K} и σ_K с толщиной сырья d_i очень проблематична. Для практического пользования принимается модель кривизны, приведенная в табл. 1.

Реализация приведённой математической модели на ЭВМ в кп «СЫРЬЁ» позволила получить сортовой состав круглых лесоматериалов из сосны по ГОСТ 9463-88 для выработки пиломатериалов и заготовок общего назначения по ГОСТ 8686-86. При имитационном моделировании потока брёвен для рамной распиловки со средней длиной 6 м в диапазоне средних толщин (диаметров) сырья $d_{cp}=16 \dots 30$ см с шагом 2 см пиловочные брёвна первого сорта занимают в общем объёме сырья

$$1C = 12,6176 + 0,0001568d_{cp}, \%$$

Соответственно брёвна 2-го и 3-го сортов, %

$$2C = 0,02513d_{cp}^2 - 2,8667d_{cp} + 106,0657;$$

$$3C = -0,04448d_{cp}^2 + 3,5290d_{cp} - 5,0255.$$

Анализ приведённых уравнений регрессий показывает, что с увеличением средней толщины сырья на 1 см круглые лесоматериалы повышенной сортности (1 и 2 с) по ГОСТ 9463-88 уменьшаются в среднем на 1,3 %.

Для определения выхода готовой продукции из сырья используются данные сортового состава сырья по ГОСТ 9463-72, полученные по кп «ПРОДУКЦИЯ», %

$$1C = 12,6176 + 0,0001568d_{cp}^3; \quad 2C = 1322,6388/(7,6550 + d_{cp});$$

$$3C = -0,01725d_{cp}^2 + 1,3432d_{cp} + 3,7799;$$

$$4C = -0,03115d_{cp}^2 + 2,0865d_{cp} - 14,9660.$$

Сопоставление полученных результатов моделирования сортового состава сырья со сведениями, имеющимся в различных источниках позволяют сделать вывод, что математические модели параметров сырья адекватны.

Достижение адекватности математических моделей параметров сырья позволяет, используя нормативы посортных выходов пиломатериалов заложенных в кп «ПРОДУКЦИЯ», определить по ней выход готовой продукции в зависимости от способа раскроя круглых лесоматериалов несортированного и сортированного на размерные группы сырья.

Результаты исследований приведены в таблице 2. При распиловке сырья с брусочкой выход пиломатериалов повышенной сортности (1 и 2 с) с увеличением среднего диаметра пиловочных брёвен с 16 до 30 см уменьшается на 2,2%. Общий выход пиломатериалов (ОВ) колеблется от 59,3 до 60,7%. Выход пиломатериалов повышенной сортности при распиловке вразвал при тех же условиях (с увеличением d_{CP} от 16 до 30 см) увеличивается на 3,6%, а общий выход пиломатериалов ОВ – на 2,6%. Для анализа регрессионных уравнений, полученных по кп «ПРОДУКЦИЯ» и приведённых в табл. 2, сопоставления посортных выходов пиломатериалов при различных условиях раскроя сырья создана программа «ВЫХОД П.М», входящая в КП «ЦЕХ».

Результаты по сортовому составу сырья и выходу готовой продукции из него можно использовать технологом по лесопилению в технологических расчётах, а также при имитационном моделировании технологического процесса лесобработывающего цеха по кп «ПОТОК» комплекс-программы «ЦЕХ» в виде входной информации.

Таблица 2 – Посортный выход сосновых пиломатериалов (ГОСТ 8486-86) для условий Урала при распиловке пиловочного сырья (ГОСТ 9463-88)

Регрессионные уравнения	Коэффициенты уравнений определены при пилении:	№ уравнений
с брусочкой из несортированного сырья на обрезные пиломатериалы		
$1C = \frac{1}{0,105 + 64331,551e^{-d_{CP}}}$	$d_{CP} = 16 \dots 30 \text{ см}$	1
$2C = 0,0130d_{CP}^2 - 0,793d_{CP} + 17,846$		2
$3C = 0,00952d_{CP}^2 - 0,540d_{CP} + 31,267$		3
$4C = -0,0119d_{CP}^2 + 1,0524d_{CP} - 2,932$		4
$ОВ = 0,0241d_{CP}^2 - 0,979d_{CP} + 68,512$		5
с брусочкой при различных отклонениях диаметра сырья $\pm \Delta d$, см от поставного $d_{II} = d_{CP} = 20 \text{ см}$		
$1C = -0,0109\Delta d^2 - 0,0108\Delta d + 10,0486$	$\Delta d = \pm 1, \pm 2, \pm 4, \pm 6, \pm 8 \text{ см}$	6
$2C = -0,0157\Delta d^2 + 0,0203\Delta d + 8,0138$		7
$3C = -0,00702\Delta d^2 - 0,197\Delta d + 25,518$		8
$4C = -0,0152\Delta d^2 + 0,00543\Delta d + 12,126$		9
$ОВ = -0,00710\Delta d^2 - 0,467\Delta d + 60,334$		10

с брусковкой из сортировочно-размерных групп сырья d_{CT} с дробностью сортировки $\Delta d=2$ см при $d_{CP}=20$ см		
$1C=-0,00160d_{CT}^2+0,0561d_{CT}+9,345$	$d_{CP}=14 \dots 34$ см	11
$2C=-0,0117d_{CT}^2+0,460d_{CT}+3,563$		12
$3C = \frac{1}{0,0400 + 665,136e^{-d_{CT}}}$		13
$4C=0,00744d_{CT}^2-0,191d_{CT}+12,932$		14
$0B = \frac{1}{0,0168 + 418,229e^{-d_{CT}}}$		15
вразвал из несортированного сырья на необрезные пиломатериалы		
$1C = \frac{1}{0,0808 - 40323,996e^{-d_{CP}}}$	$d_{CP}=16 \dots 30$ см	16
$2C=0,0134d_{CP}^2-0,874d_{CP}+21,520$		17
$3C=-0,000452d_{CP}^2-0,113d_{CP}+34,213$		18
$4C=-0,0238d_{CP}^2+1,743d_{CP}-7,866$		19
$0B=-0,00150d_{CP}^2+0,259d_{CP}+70,708$		20
вразвал из 4-х размерно-сортировочных групп сырья с дробностью сортировки $\Delta d=6$ см при $d_{CP}=20$ см		
$1C=-0,000695d_{CT}^2-0,0236d_{CT}+13,230$	$d_{CT}=16, 22, 28, 34$ см	21
$2C=-0,00486d_{CT}^2+0,0347d_{CT}+11,0136$		22
$3C=-0,00903d_{CT}^2+0,266d_{CT}+29,763$		23
$4C=-0,00903160d_{CT}^2-0,0130d_{CT}+12,602$		24
$0B=-0,00764d_{CT}^2+0,327d_{CT}+70,470$		25