

высокую точность пиломатериалов, но и высокую износостойкость зубьев пил и долговечность их полотен.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Прокофьев Г. Ф. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим // *Деревообаб. пром-сть.*—1988.— № 10.— С. 4—5. [2]. Прокофьев Г. Ф. Пути повышения эффективности пиления древесины ленточными пилами.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985.— 32 с. [3]. Решетов Д. Н., Иванов А. С., Фадеев В. З. Надежность машин.— М.: Высш. школа, 1988.— 238 с. [4]. Трубников И. И. Усталостное разрушение полотен ленточных пил // *Лесн. журн.*—1965.— № 6.— С. 91—93.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 31 мая 1989 г.

УДК 674.093

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДРОБНОСТИ СОРТИРОВКИ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ

В. С. ШАЛАЕВ.

Московский лесотехнический институт

Большую часть пиловочного сырья в нашей стране распиливают брусковым способом на обрезные пиломатериалы. В производственном процессе бревна сортируют в соответствии с традиционными правилами и условиями: в нашей стране — по четным диаметрам, в некоторых странах — через один сантиметр. При разработке плана раскройки поставы составляют по соответствующим размерно-качественным группам бревен, т. е. под размеры бревен.

Более эффективен иной подход, когда сортировку бревен осуществляют «под постав», т. е., исходя из размеров заданных сечений пиломатериалов и соответствующих поставов, подбирают-отсортировывают оптимальные размерно-качественные группы бревен.

Аналитический расчет дробности сортировки пиловочного сырья выглядит следующим образом.

Так как сортировку бревен осуществляют под размеры заданных пиломатериалов, то критерием оптимальности должен служить в первую очередь объемный выход.

Во всех случаях при определении выхода пиломатериалов пользуются известной формулой, включающей отношение объема получаемой продукции номинальных размеров к объему затраченного на ее выработку сырья. Объем сырья при расчете конкретной поставы определяют по таблицам объемов круглых лесоматериалов (ГОСТ 2708—75). Использование табличных значений объемов при расчете поставов для бревен различных, не обязательно четных, диаметров приводит к значительным погрешностям.

Для устранения погрешностей и упрощения реализации на ЭВМ аналитического способа расчета поставов можно воспользоваться одной из стереометрических формул определения объема бревна  $V_6$ . Наиболее известные из них: формула Губера, рассматривающего бревно как усеченный конус вращения, и формула Смалиана, рассматривающего бревно как усеченный параболоид вращения второго порядка. Можно воспользоваться формулой [2], полученной по данным ГОСТ 2708—75:

$$V_6 = L(0,9225 - 0,0034L)(0,01d)^{2,0829 - 0,0234L}, \quad (1)$$

где  $V_6$  — объем бревна, м<sup>3</sup>;  
 $L$  — длина бревна, м;  
 $d$  — диаметр бревна в его вершинном торце, см.

Объем толстых досок, м<sup>3</sup>, вырабатываемых в пределах пласти бруса при постоянной их толщине:

$$V_{тл} = 10^{-6} m_{тл} b_{тл} L n_{тл}. \quad (2)$$

Здесь  $m_{тл}$  — толщина толстых досок, мм;  
 $b_{тл}$  — ширина толстых досок, мм;  
 $n_{тл}$  — число толстых досок, вырабатываемых в пределах пласти бруса, шт.

Используем аналитическое выражение [1] для определения граничных значений диаметров бревен при их сортировке на группы в соответствии с сечением толстых пиломатериалов

$$n_{тл} = \left[ \frac{\sqrt{100d^2 - (b_{тл} + y_{b_{тл}})^2} + e - h}{m_{тл} + y_{m_{тл}} + e} \right], \quad (3)$$

где  $y_{b_{тл}}$  — усушка досок по ширине  $b_{тл}$ , мм;  
 $y_{m_{тл}}$  — усушка досок по толщине  $m_{тл}$ , мм;  
 $e$  — толщина пропила, мм;  
 $h$  — дополнительное увеличение расчетной ширины пласти бруса, учитывающее неточности центрирования по поставу бревен и брусьев, неправильности формы бревен, мм.

Тогда выход толстых досок, %, вырабатываемых в пределах пласти бруса при постоянной толщине  $m_{тл}$ ,

$$P_{тл} = \frac{10^{-4} m_{тл} b_{тл}}{(0,9225 - 0,0034L)(0,01d)^{2,0829} - 0,0234L} \left[ \frac{\sqrt{100d^2 - (b_{тл} + y_{b_{тл}})^2} + e - h}{m_{тл} + y_{m_{тл}} + e} \right]. \quad (4)$$

В формулах (3), (4) выражение в квадратных скобках имеет целочисленное значение, получающееся при отбрасывании дробной части.

Объем боковых (тонких) пиломатериалов, м<sup>3</sup>, одной постоянной толщины  $m_{тн}$  в первом проходе можно определить по формулам:

$$V_{тн1} = 2 \sum_{i=1}^{k_1} V_{тн1i}; \quad (5)$$

$$V_{тн1i} = \begin{cases} \gamma \frac{m_{тн} + y_{m_{тн}}}{10^5} \frac{2}{3\sqrt{3}} \frac{L}{D^2 - d^2} (D^2 - 0,04a_i^2)^{3/2} & d_{границ1} < d < d_{пред1i}; \\ \gamma \frac{m_{тн} + y_{m_{тн}}}{10^5} L \sqrt{d^2 - 0,04a_i^2} & d_{пред1i} \leq d < d_{max}, \end{cases} \quad (6)$$

где  $V_{тн1}$  — объем всех боковых пиломатериалов в первом проходе, м<sup>3</sup>;

$V_{тн1i}$  — объем  $i$ -й боковой доски в первом проходе, м<sup>3</sup>;

$D$  — диаметр бревна в его комлевом торце, см;

$\gamma$  — коэффициент, учитывающий величину объемной усушки доски; для хвойных пиломатериалов, в соответствии с ГОСТ 6782.1-75,  $\gamma = 0,93-0,95$ ;

$m_{тн}$  — толщина боковых досок, мм;

$y_{m_{тн}}$  — усушка доски по толщине, мм;

$a_i$  — расстояние от центра торца бревна до наружной пласти  $i$ -й доски в первом проходе, мм;

$d_{границ1}$  — диаметр бревна в вершинном торце, граничный с точки зрения предельного охвата его поставом с  $i$ -й боковой доской в первом проходе, см;

$d_{\text{пред}i}$  — диаметр бревна в его вершинном торце, предельный по своей величине, см;  $i$ -я боковая доска, вырабатываемая из бревен диаметром  $d < d_{\text{пред}i}$ , находится в параболической зоне, а вырабатываемая из бревен диаметром  $d \geq d_{\text{пред}i}$  находится в пифагорической зоне;

$d_{\text{max}}$  — диаметр бревна в его вершинном торце, максимальный из всей рассматриваемой спецификации сырья, см;

$k_1$  — максимальное число пар боковых тонких досок, вырабатываемых в первом проходе.

Диаметр бревна в его комлевом торце можно определить по известной формуле

$$D = d + SL, \quad (7)$$

где  $S$  — средний сбеж бревен, см/м.

Расстояние от центра торца бревна до наружной пласти  $i$ -й доски.

$$a_i = \frac{A_i}{2} = \frac{b_{\text{та}} + y_{b_{\text{та}}} + 2i(m_{\text{та}} + y_{m_{\text{та}}} + e)}{2}. \quad (8)$$

Здесь  $A_i$  — расстояние между наружными пластинами двух симметрично расположенных  $i$ -х боковых досок, мм.

Размер  $d_{\text{пред}i}$  несложно определить из формулы, известной для размера пифагорической зоны в бревне,

$$d_{\text{пред}i} = \frac{SL + \sqrt{3S^2L^2 + 0,04A_i^2}}{2}. \quad (9)$$

Формулы (5) — (9) применяют при ограничениях:

$$l_{\text{min}} \leq \frac{2}{3} L \frac{D^2 - 0,04a_i^2}{D^2 - d^2}; \quad (10)$$

$$b_{\text{min}} + y_{b_{\text{min}}} \leq \sqrt{\frac{100D^2 - 4a_i^2}{3}}, \quad (11)$$

где  $b_{\text{min}}$  — минимально допустимая ширина пиломатериалов, мм (по ГОСТ 24454—80  $b_{\text{min}} = 75$  мм);

$y_{b_{\text{min}}}$  — усушка для ширины  $b_{\text{min}}$ , мм (по ГОСТ 6782.1—75  $y_{b_{\text{min}}} = 2,3$  мм);

$l_{\text{min}}$  — минимально допустимая длина пиломатериалов, м (по ГОСТ 24454—80  $l_{\text{min}} = 1$  м).

Из выражений (10), (11) определяют диаметр бревна в вершинном торце, граничного с точки зрения предельного охвата его поставом. Эта величина  $d_{\text{гран}i}$  равна наибольшему из приведенных выражений

$$d_{\text{гран}i} = \begin{cases} S(1,5l_{\text{min}} - L) + \sqrt{1,5S^2l_{\text{min}}(1,5l_{\text{min}} - L) + 0,04a_i^2}; \\ 0,1\sqrt{3(b_{\text{min}} + y_{b_{\text{min}}})^2 + 4a_i^2} - SL. \end{cases} \quad (12)$$

Если из формул (12) величина  $d_{\text{гран}i}$  получается меньше диаметра бревна в его вершинном торце, минимального из всей рассматриваемой спецификации сырья  $d_{\text{min}}$  то:

$$d_{\text{гран}i} = d_{\text{min}}. \quad (13)$$

Объем боковых (тонких) пиломатериалов, м<sup>3</sup>, одной, той же самой постоянной толщины  $m_{тн}$ , во втором проходе можно определить по формулам:

$$V_{тн2} = 2 \sum_{j=1}^{k_2} V_{тн2j}; \quad (14)$$

$$V_{тн2j} = \begin{cases} \frac{m_{тн} + y_{мтн}}{10^3} \frac{2}{3\sqrt{3}} \frac{L}{D^2 - d^2} (D^2 - 0,04a_j^2)^{3/2} & d_{гран2j} < d < d_{пред2j}; \\ \frac{m_{тн} + y_{мтн}}{10^3} L \sqrt{d^2 - 0,04a_j^2} & d_{пред2j} \leq d < d_{max}. \end{cases} \quad (15)$$

Здесь  $V_{тн2}$  — объем всех боковых материалов в первом проходе, м<sup>3</sup>;

$V_{тн2j}$  — объем  $j$ -й боковой доски во втором проходе, м<sup>3</sup>;

$a_j$  — расстояние от центра торца бревна до наружной пласти  $j$ -й доски во втором проходе, мм;

$d_{гран2j}$  — диаметр бревна в вершинном торце, граничный с точки зрения предельного охвата его поставом с  $j$ -й боковой доской во втором проходе, см;

$d_{пред2j}$  — диаметр бревна в его вершинном торце, предельный по своей величине, см;  $j$ -я боковая доска, выработываемая из бревна диаметром  $d < d_{пред2j}$  находится в параболической зоне, а выработываемая из бревен диаметром  $d \geq d_{пред2j}$  находится в пифагорической зоне;

$k_2$  — максимальное число пар боковых тонких досок, выработываемых во втором проходе.

При этом

$$a_j = \frac{A_j}{2} = \frac{n(m_{тн} + y_{мтн}) - e + 2j(m_{тн} + y_{мтн}) + e}{2}; \quad (16)$$

$$d_{пред2j} = \frac{SL + \sqrt{3S^2L^2 + 0,04A_j^2}}{2}; \quad (17)$$

$$d_{гран2j} = \begin{cases} S(1,5l_{min} - L) + \sqrt{1,5S^2l_{min}(1,5l_{min} - L) + 0,04a_j^2}; \\ 0,1\sqrt{3(b_{min} + y_{b_{min}})^2 + 4a_j^2} - SL, \end{cases} \quad (18)$$

где  $A_j$  — расстояние между наружными пластинами двух симметрично расположенных  $j$ -х боковых досок, мм;

$d_{гран2j}$  — диаметр бревна в вершинном торце, граничный с точки зрения его предельного охвата поставом, см; определяют для досок второго прохода как наибольший из двух выражений формулы (18).

Если из формул (18) величина  $d_{гран2j}$  получается меньше диаметра бревна в его вершинном торце, минимального из всей рассматриваемой спецификации сырья  $d_{min}$ , то:

$$d_{гран2j} = d_{min}. \quad (19)$$

При определении объемов  $V_{тн1}$  и  $V_{тн2}$  следует учитывать прерывный характер их изменения в связи со стандартизацией размеров обрезных досок по длине и ширине.

В итоге для определения границ сортировочных групп следует исходить из сопоставления зависимостей  $P = f(d)$  для различных заданных сечений пиломатериалов. При этом необходимо рассматривать зависимости

$$P = (V_{тл} + V_{тн1} + V_{тн2}) \frac{100}{V_0} \quad (20)$$

или их графические изображения. По результатам расчетов для толстых пиломатериалов дробность сортировки сырья по диаметрам в 1,3...1,7 раза меньше [1], чем при осуществлении традиционных рекомендаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Рыкунин С. Н., Шалаев В. С. О дробности сортировки пиловочного сырья // Деревообраб. пром-сть.—1983.—№ 12.—С. 4—5. [2]. Шалаев В. С. К расчету поставок на распиловку бревен // Деревообраб. пром-сть.—1986.—№ 10.—С. 10—11.

Поступила 14 августа 1989 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 621.573 + 676.082.2

**ЗАЩИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ  
ОТ ТЕПЛООВОГО И ХИМИЧЕСКОГО  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫМИ  
И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИМИ ПРОИЗВОДСТВАМИ***В. Б. КУНТЫШ, В. И. МЕЛЕХОВ*

Архангельский лесотехнический институт

Экологическую актуальность приобрела в стране задача охраны водных ресурсов от теплового и химического загрязнения промышленными предприятиями, наиболее водоемкими из которых являются целлюлозно-бумажные, химические, нефтеперерабатывающие производства, теплоэнергетика. На их долю приходится до 80 % [7] пресной воды, потребляемой на технологические процессы, что в ряде случаев вызывает напряженность в получении необходимых количеств воды на бытовые нужды, сельскохозяйственное производство и др.

Крупнейшие индустриальные комплексы целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) и деревообрабатывающие предприятия расположены на Европейском Севере страны. На первый взгляд здесь нет дефицита пресной технологической воды, и проблема сокращения водопотребления не отличается той остротой, которая характерна для развитых промышленных районов Центра и Юга страны. Однако по технологическому промышленному циклу на выработку 1 т целлюлозно-бумажной продукции расходуется около 400 м<sup>3</sup> воды, которую в большей части сбрасывают в открытый источник водоснабжения, что вызывает как химическое, так и тепловое загрязнение вследствие вывода низкопотенциальной теплоты из промышленного цикла производства. Следовательно, один кубический метр воды, использованной в производстве, загрязняет несколько сот кубических метров исходной воды, создает экологическую напряженность в водном бассейне. Это обуславливает необходимость в разработке предложений по природоохранной защите источников водоснабжения ЦБП. Особый интерес представляет проблема уменьшения водопотребления.

Отечественный [6] и зарубежный опыт [1] показывают, что кардинальным решением проблемы сокращения водопотребления на промышленные нужды и предотвращения санитарного загрязнения водных ресурсов является замена пресной воды (как охлаждающего агента) воздухом. Потребление воды сокращается на 50...80%. Можно отметить, что, например, реализация такого подхода в процессах нефтепереработки привела к снижению расхода свежей воды в 10...20 раз.

Для воздушного охлаждения или конденсации технологических материальных потоков применяют аппараты воздушного охлаждения (АВО), серийно выпускаемые Таллинским машиностроительным заводом и заводом Химмаш (Борисоглебск). Стандартизованные АВО [5] рассчитаны на давление 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 и 6,4 МПа и температуру охлаждаемого продукта от -40 до +300 °С. Охлаждающей средой является атмосферный воздух, движущийся в межтрубном пространстве АВО, а внутри труб осуществляется течение продукта. Аппараты пред-