

УДК 674.093

А.В. Старкова

РАСКРОЙ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БРЕВНА НА ЗАГОТОВКИ

Предложен способ раскроя, при котором параболическая зона бревна раскраивается на заготовки для строительных и мебельных деталей; за критерий рациональности принят объемный выход заготовок.

Ключевые слова: специализированный способ раскроя, пиловочное сырье, профиль заготовок, коэффициент толщины заготовок, горбыль-сегмент, пифагорическая и параболическая зоны бревна, сбежистость.

В настоящее время большинство лесопильных предприятий специализируются на выпуске обрезных пиломатериалов. При этом предпочтение отдают брусово-развальному способу распиловки пиловочника. Согласно теории раскроя, наиболее рациональное использование древесины достигается при выпилке бруса квадратного сечения толщиной $0,707d$ (d – диаметр бревна в вершинном торце). В производственных условиях толщину бруса рекомендуют принимать в пределах $(0,6 \dots 0,8)d$, что приводит к уменьшению выхода продукции на 4 % по сравнению с теоретическим расчетом. Выпилка бруса с толщиной, выходящей за указанные пределы, приводит к резкому снижению эффективности использования древесного сырья.

При раскрое пифагорической зоны $(0,6 \dots 0,8)d$, как правило, получают пиломатериалы, не требующие дальнейшей обрезки и составляющие большую долю от общего объема пиломатериалов, поэтому предприятия следуют рекомендациям теории раскроя. Раскрою боковой зоны уделяется меньше внимания. Анализ применяемых поставов и исследования, проведенные на лесопильных предприятиях г. Архангельска, показали, что около 30 % крайних боковых досок имеют длину 1,0 ... 1,8 м. Их часто исключают из дальнейшего процесса и перерабатывают на технологическую щепу.

Более остро проблема рационального использования древесины встает на предприятиях с производственной мощностью 15...30 тыс. м³/год, которые вынуждены выпиливать толстые пиломатериалы одного сечения и тонкие доски ограниченного числа ширин из всех диаметров бревен. При этом занижается толщина бруса и уменьшается использование его пласти. Распиловка бревен нескольких смежных диаметров одним брусово-развальным поставом приводит не только к нерациональному соотношению толстых и тонких досок, но и получению горбылей и реек больших размеров. Таким образом, при выпилке толстых пиломатериалов требуемого сечения попутно из сбеговой зоны получают трудно реализуемые тонкие пиломатериалы с большими потерями древесного сырья.

В сложившейся ситуации необходимо ограничивать объем выпилки тонких досок, а горбыли-сегменты отправлять для дальнейшей обработки и получения продукции, востребованной рынком.

Для решения поставленной задачи предлагаем схему специализированного раскря (рис. 1). На первом проходе оставляем зону размерами $H \times A = (0,6 \dots 0,8)d$ для выпилки бруса согласно требованиям потребителя (контракта) и два сегмента; на втором проходе брус распиливаем на пиломатериалы необходимого сечения и два полусегмента. Горбыли-сегменты (S_1, S_2), полученные на первом и втором проходах, отличаются шириной пласти. На первом проходе ширина пласти увеличивается по сбегу до ширины, получаемой в комлевом торце, на втором проходе – не может быть больше толщины бруса.

Нами рассмотрен раскрой зоны горбылей-сегментов. Сегмент – часть круга, поэтому наиболее полное использование его площади будет достигнуто при вписывании в него симметричных профилей заготовок. Для оценки рациональности расположения заготовки необходимо ввести понятие оси горбыля-сегмента. Будем считать, что она соответствует оси сегмента как геометрической фигуры.

При рекомендуемом способе раскря предлагается использовать горбыли-сегменты не на клееную продукцию [3, 5], а для получения строительных и мебельных деталей с более широким диапазоном размеров и форм сечений по сравнению с размерами пиломатериалов.

Проведенный анализ форм и размеров сечений погонажных изделий показал, что все заготовки можно разделить на четыре типа [1]: прямоугольной формы (доски обшивки с различными профилями на одной или обеих пласти, наличники, плинтуса); клиновидной формы (доски обшивки); для соединения в четверть (доски обшивки); трапециевидной формы (поручни, наличники, плинтуса).

За критерий оценки рациональности применения специализированного способа раскря принята эффективность использования древесины горбыля-сегмента. Наша задача – определить размеры заготовок, при которых достигается наилучшее использование древесины горбыля-сегмента, полученного из бревен различной сбежистости, при разных толщинах бруса и расходе ширины постава на выпилку досок из пласти бруса. В дальнейшем такие размеры заготовки будем называть максимальными.

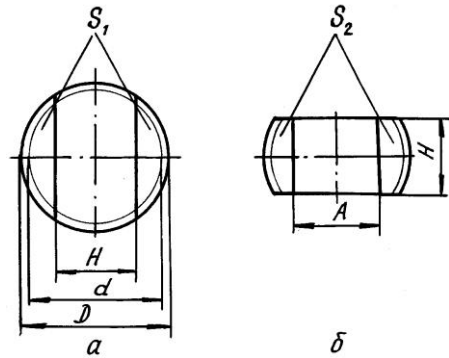


Рис. 1. Зоны поперечного сечения бревна при специализированном способе раскря: D – диаметр бревна в комлевом торце; H – толщина бруса; A – ширина постава, расходуемая на доски, выпиленные из пласти бруса; S_1, S_2 – горбыли-сегменты, полученные на первом (а) и втором (б) проходах

Для получения общей закономерности и упрощения расчетов абсолютные размеры сырья и пиломатериалов переведем в относительные, диаметр и длину бревна примем за единицу. Дальнейшие расчеты будем проводить в долях диаметра и длины бревна.

Длина заготовки определенной формы и размера сечения меняется по длине бревна и зависит от величины сбежистости.

Бревно принято за усеченный параболоид вращения, величину сбежистости в долях вершинного диаметра в i -м сечении можно определить по формуле

$$S_i = \sqrt{1 + l_x(S_k^2 + 2S_k)} - 1, \quad (1)$$

где l_x – расстояние от вершинного торца бревна до i -го поперечного сечения, в долях длины бревна;

S_k – относительная величина сбежистости в комлевом торце бревна.

Для анализа выхода заготовок различных профилей, выпиленных из горбылей-сегментов, за критерий принят объемный выход заготовки:

$$O_s = \frac{V}{q_{г-с}} 100\%,$$

где V – объем заготовки;

$q_{г-с}$ – объем горбыля-сегмента.

Для определения $q_{г-с}$ предложена формула

$$q_{г-с} = \frac{L}{4} \left(\arccos\left(\frac{H}{d}\right) \left(\frac{d^2 + D^2}{2} \right) - H \left(\sqrt{d^2 - H^2} \right) \right),$$

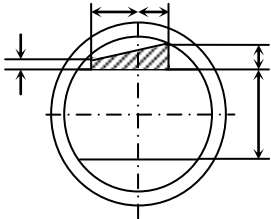
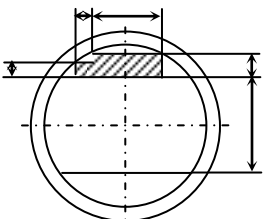
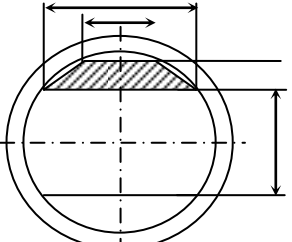
где L – длина бревна.

Как показал анализ данных, величина сбежистости, учитываемая на единицу длины, в относительных единицах уменьшается с увеличением диаметра [4]. Максимальная длина пиловочного сырья согласно ГОСТ равна 7 м, тогда максимально-допустимое значение сбега в комлевом торце составит $0,43d$ [2].

В таблице приведены схемы раскроя и модели оптимизации объема трех типов заготовок. Заготовка прямоугольного профиля будет частным случаем для первого и второго типов.

В зависимости от профиля отношение толщин (a_1/a_2) для различных заготовок может изменяться. Для упрощения расчетов введем коэффициент толщины заготовки $k = a_1/a_2$. Минимальное значение коэффициента толщины $k = 1$ соответствует заготовке с прямоугольным профилем сечения.

Схемы раскря горбыльно-сегментной зоны бревна

Вид профиля заготовки и схема раскря	Модель оптимизации объема заготовок различных профилей
<p>Клиновидный</p> 	$V = \frac{1}{2} l (b_2 + b_1) (a_1 + a_2)$ $b_1 = \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_1\right)^2}; \quad b_2 = \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_2\right)^2}$ $V = \frac{1}{2} (1-l) \left(\sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_1\right)^2} + \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a_2\right)^2} \right) (a_1 + a_2) \rightarrow \max$
<p>Соединение в четверть</p> 	$V = l (a_1 b_1 + a_2 b_2)$ $b_1 = 2 \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2}$ $b_2 = \sqrt{r_i^2 - \left(a_2 + \frac{H}{2}\right)^2} - \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2}$ $V = (1-l) \left(2a_1 \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2} + a_2 \left(\sqrt{r_i^2 - \left(a_2 + \frac{H}{2}\right)^2} - \sqrt{r_i^2 - \left(a_1 + \frac{H}{2}\right)^2} \right) \right) \rightarrow \max$
<p>Трапецидальный</p> 	$V = l \frac{(b_1 + b_2)}{2} a$ $b_1 = 2 \sqrt{r_i^2 - \frac{H^2}{4}}; \quad b_2 = 2 \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a\right)^2}$ $V = l \left(\sqrt{r_i^2 - \frac{H^2}{4}} - \sqrt{r_i^2 - \left(\frac{H}{2} + a\right)^2} \right) a \rightarrow \max$

Примечание: l – длина заготовки; $r_i = r + \frac{S_i}{2}$.

Коэффициент рациональности использования древесины горбылей сегментов определяют при следующих условиях и ограничениях:

модель бревна принята за усеченный параболоид вращения;

расчеты ведут в долях вершинного диаметра бревна, который принят за единицу ($d = 1$);

использование пифагорической зоны ограничивается пределами $(0,6 \dots 0,8)d$;

все возможные размеры пифагорической зоны ($H \times A$) приняты в виде трех сечений: $(0,6 \times 0,8)d$; $(0,707 \times 0,707)d$; $(0,8 \times 0,6)d$;

длина пиловочного бревна принята за единицу ($L = 1$);
 длина заготовки выражается в долях длины бревна с градацией $0,1L$,
 минимальное значение длины заготовки принято $l_{\min} = 0,25L$;
 из горбыля-сегмента выпиливают только одну заготовку любого профиля;
 сбежистость установлена в диапазоне от 0 до 0,45 в долях вершинного диаметра с градацией 0,05;
 значение коэффициента толщины $k = a_1/a_2$ установлено в пределах $1,0 \dots 2,5$ с градацией 0,25;
 радиус максимального сечения ограничен пределом $r_i (r \dots R_i)$,
 R_i – радиус в сечении, где возможно получение минимально-допустимой длины заготовки;
 толщина заготовки: $a_2 \geq 0$; $a_1 = ka_2$; $a_1 < r_i - H/2$.

Изменение объемного выхода заготовок в зависимости от формы профиля при разных толщинах бруса, коэффициентах толщины, сбежистости представлено на рис. 2.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Размеры и объем заготовок любых профилей, выпиленных из горбылей-сегментов, возрастают с увеличением сбежистости s , а объемный выход уменьшается.

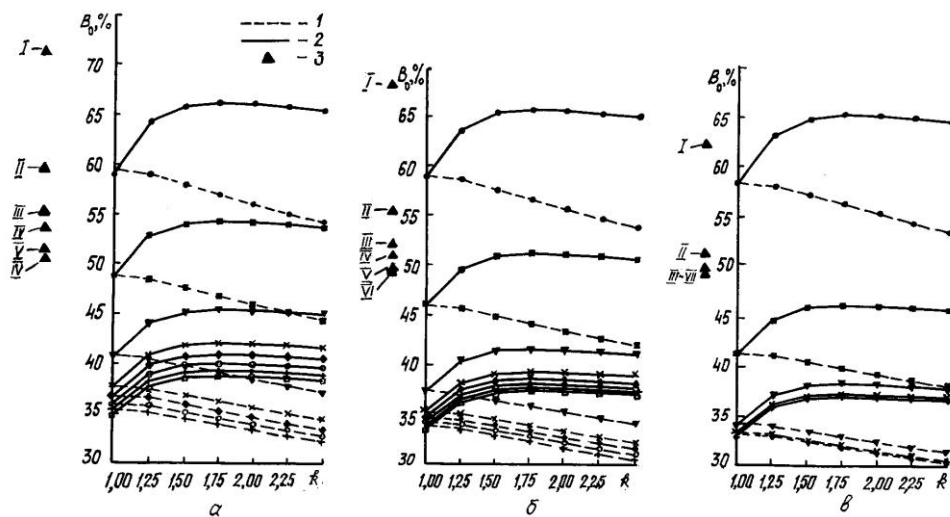


Рис. 2. Объемный выход B_0 заготовок: а – $H = 0,6d$; б – $0,7d$; в – $0,8d$; I – клиновидный профиль заготовок; 2 – соединение в четверть; 3 – трапецидальный профиль (• – $s = 0$; ■ – 0,100; ▲ – 0,200; × – 0,225; ◆ – 0,250; ○ – 0,275; + – 0,300; □ – 0,325; Δ – 0,350; для ▲: I – $s = 0,100$; II – 0,200; III – 0,225; IV – 0,250; V – 0,275; VI – 0,300; VII – 0,325)

2. С увеличением толщины бруса уменьшается размер горбыльно-сегментной зоны, основное влияние на выход заготовок оказывает сбежистость бревна.

3. При принятых условиях наибольший выход (%) соответствует заготовке с трапецеидальным профилем в зависимости от сбежистости ($s = (0 \dots 0,35)d$), для $H = 0,6d$ составляя 87,00 ... 50,70 %, для $H = 0,7d - 87,50 \dots 49,47$ %, для $H = 0,8d - 88,04 \dots 49,60$ %; наименьший – клиновидному профилю, соответственно составляя 59,53 ... 31,69; 59,03 ... 29,97; 58,57 ... 27,23 %, для заготовок с профилем «соединение в четверть» – 66,15 ... 38,36; 65,7 ... 37,07; 65,28 ... 36,85 %.

4. Отклонение размеров заготовок всех профилей от оптимальных приводит к снижению выхода.

5. С увеличением коэффициента толщины заготовки k от 1,00 до 1,75 выход заготовок с профилем «соединение в четверть» увеличивается на 3 ... 6 % в зависимости от сбежистости, при дальнейшем увеличении k от 1,76 до 2,25 – уменьшается на 1 %.

6. Выход заготовок клиновидного профиля снижается на 4 % при увеличении k от 1,0 до 2,5.

7. Заготовку с профилем «соединение в четверть» рекомендуется выпиливать, когда оптимальные размеры верхнего основания трапеции не соответствуют требуемым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8242–88. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – [3].
2. ГОСТ 9463–88. Лесоматериалы круглые хвойный пород. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – [3].
3. Межов И.С. Экономико-математическая модель переработки древесины с применением брусово-сегментного способа раскря бревен / И.С. Межов // Лесн. журн. – 1994. – № 1. – С. 71–74. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Титков Г.Г. Краткое руководство по составлению и расчету поставов / Г.Г. Титков. – М.; Л., 1955. – 50 с.
5. Ясинский В.С. Сравнительный анализ выхода пиломатериалов при различных способах раскря бревен / В.С. Ясинский, И.С. Межов, Г.Э. Тумашев // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. тр. ЛТА. – 1992. – С. 4–7.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 21.01.04

A. V. Starkova

Sawing of Log Parabolic Zone into Workpieces

Sawing method according to which the log parabolic zone is sawn into workpieces to be used for constructional and furniture elements is suggested. Volume recovery is taken for rationality criterion.
