

УДК 674.093.6-413.83

## РАСКРОЙ БРЕВЕН НА ОБРЕЗНЫЕ ПИЛОМАТЕРИАЛЫ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Шевченко С.А., к.т.н., доцент; Абдин А.П., магистрант

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. Петра Василенко)

*Разработана методика оптимизации угла между кромкой и пластью пиломатериалов трапецидального сечения при распиловке бревна вразвал. Исходными данными для расчета являются отношение суммарной толщины досок к диаметру верхнего торца бревна и количество досок. Коэффициент использования древесины увеличивается на 4..5% при распиловке бревна на 6 досок (по сравнению с изготовлением досок прямоугольного сечения).*

**Введение.** Актуальной проблемой производства пиломатериалов является рациональное использование древесины при изготовлении обрезных досок. Одни из основных составляющих потерь – отходы древесины в сбеговую и обзолную рейку. Способы уменьшения потерь в сбеговую рейку приведены в [1–3].

**Постановка проблемы.** В [1] приведена формула для расчета потерь в обзолную рейку и диаграмма максимальных толщин досок, построенная исходя из заданного ограничения указанных потерь, одинакового для всех досок. В соответствии с этой диаграммой, следует уменьшать толщину досок по мере увеличения расстояния от оси бревна. Однако, при выполнении производственного задания, зачастую необходимо изготавливать доски одинаковой толщины. Поэтому перспективным путем уменьшения потерь древесины в обзолную рейку является раскрой бревен на доски трапецидального сечения.

**Анализ исследований и публикаций.** Для изготовления щитовых изделий в [3] предложено раскаивать тонкомерные бревна, получая две центральные доски трапецидального сечения. Для уменьшения потерь древесины в сбеговую и обзолную рейку в [4] предложено вырезать из бревна брус шестиугольного сечения, который затем раскаивают на доски.

Анализ этих работ показывает, что возможным путем увеличения выхода обрезных пиломатериалов заданной толщины является раскрой бревен на необрезные доски с последующей обрезкой кромок под углом к пласти. При этом целесообразно, для удобства последующего сплачивания досок, выдерживать постоянное значение угла между пластью и кромкой, одинаковое для всех досок.

**Нерешенной частью проблемы.** является обоснование схемы раскроя бревен на доски трапецидального сечения при постоянном значении угла между кромками и пластами досок.

**Целью** данной статьи является оптимизация значения угла между кромками и пластами досок трапецидального сечения при раскросе тонкомерных бревна вразвал (без учета пропила) по критерию наиболее полного использования древесины.

**Изложение основного материала.**

Рассмотрим раскрой цилиндрической части бревна вразвал на заданное количество досок одинаковой толщины, длина которых равна длине бревна. Фактически, эти доски вырезаются из двукантного бруса, высота которого определяется границами зон укорочения или исходя из ограничения на минимальную ширину доски.

Использование древесины будем характеризовать коэффициентом использования площади торца бруса, относительную высоту которого считаем заданной. Прежде всего, для последующего сравнения, определим коэффициент использования площади торца бруса при изготовлении обрезных досок прямоугольного сечения. Для этого вычислим расход поставы на вырезание одной доски и расстояние от оси бревна до внешней пласте  $i$ -й доски по формулам:

$$C = \frac{2k_O r}{N} , \quad (1)$$

$$X_i = C i , \quad (2)$$

где  $C$  – расход поставы на вырезание доски, м;

$k_O$  – относительная высота бруса;

$r$  – радиус бревна в верхнем торце, м;

$N$  – количество досок в поставе;

$X_i$  – расстояние от оси бревна до внешней пласти  $i$ -й доски, м;

$i$  – номер доски в полупоставе (считая от оси бревна).

Определим ширину внешней пласти  $i$ -й доски и вычислим площадь ее торца:

$$b_i = 2r \sqrt{1 - \left( \frac{2k_O i}{N} \right)^2} , \quad (3)$$

$$S_i = b_i C = 4r^2 \frac{k_O}{N} \sqrt{1 - \left( \frac{2k_O i}{N} \right)^2} , \quad (4)$$

где  $b_i$  – ширина внешней пласти  $i$ -й доски, м;

$S_i$  – площадь торца  $i$ -й доски, м<sup>2</sup>.

Площадь верхнего торца бруса определим по формуле:

$$S_B = r^2 \left( \pi - \arcsin \left( 2k_0 \sqrt{1 - k_0^2} \right) + 2k_0 \sqrt{1 - k_0^2} \right) , \quad (5)$$

где  $S_B$  – площадь торца бруса, м<sup>2</sup>.

Вычислим коэффициент использования площади верхнего торца бруса, учитывая симметричность поставы и, следовательно, наличие в нем двух досок одинакового сечения:

$$K = \frac{2 \sum_{i=1}^{N/2} S_i}{S_B} = \frac{8 \frac{k_0}{N} \sum_{i=1}^{N/2} \sqrt{1 - \left(\frac{2k_0}{N} i\right)^2}}{\pi - \arcsin\left(2k_0 \sqrt{1 - k_0^2}\right) + 2k_0 \sqrt{1 - k_0^2}}, \quad (6)$$

где  $K$  – коэффициент использования площади торца бруса при изготовлении обрезных досок прямоугольного сечения.

Уменьшить потери древесины можно, изготавливая доски трапециевидального сечения. Будем исходить из того, что все доски, для упрощения их использования, будут иметь одинаковый угол между широкой пластью и кромкой – см. рис. 1.

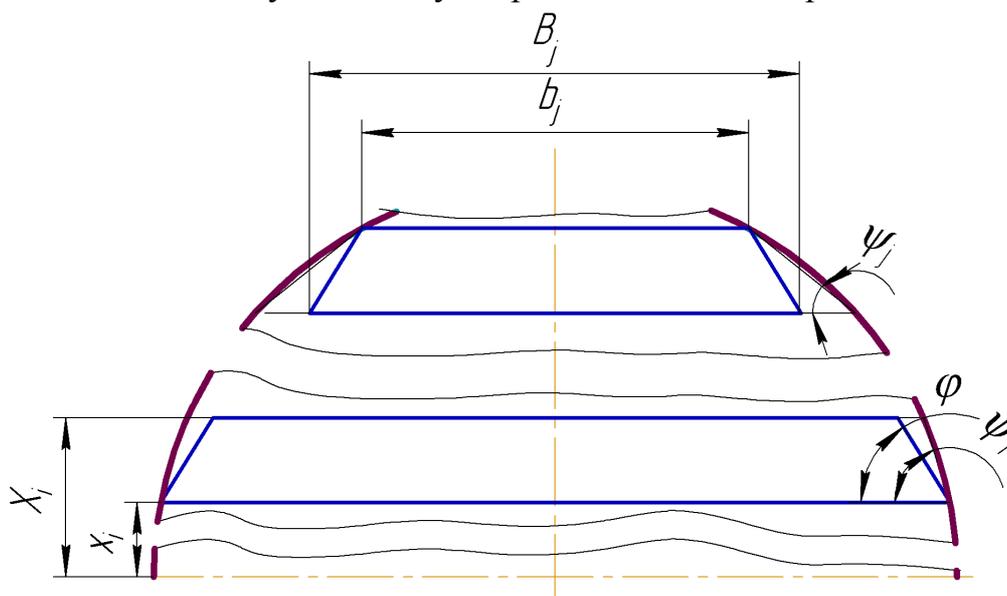


Рисунок 1. Схема для расчета размеров досок

Вычислим расстояние от оси бревна до внутренней пласти  $i$ -й доски и угол между этой пластью и хордой дуги, отсекаемой плоскостями резов:

$$x_i = C(i-1), \quad (7)$$

$$\psi_i = \operatorname{arccctg} \left( \sqrt{\left(\frac{N}{2k_0}\right)^2 - (i-1)^2} - \sqrt{\left(\frac{N}{2k_0}\right)^2 - i^2} \right), \quad (8)$$

где  $\psi_i$  – угол между широкой пластью  $i$ -й доски и хордой дуги, отсекаемой плоскостями резов, град.

В зависимости от расположения доски в поставе возможные два случая, показанные на рис. 1. Если доска расположена сравнительно близко от оси бревна ( $\psi_i > \varphi$ ), то при заданном угле  $\varphi$  между пластью и кромкой доски, то при обрезке уменьшится ширина её внешней пласти. Если же доска расположена сравнительно близко к пласти бруса ( $\psi_i < \varphi$ ), то при обрезке уменьшится ширина её внутренней пласти. Определим ширину досок по внутренней и внешней пласти в зависимости от соотношения указанных углов:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_i = 2\sqrt{r^2 - x_i^2}, \quad \text{если } \psi_i > \varphi \\ B_i = 2\left(\sqrt{r^2 - X_i^2} + C \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i \leq \varphi \end{array} \right. , \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} b_i = 2\sqrt{r^2 - X_i^2}, \quad \text{если } \psi_i \leq \varphi \\ b_i = 2\left(\sqrt{r^2 - x_i^2} - C \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i > \varphi \end{array} \right. , \quad (10)$$

где  $B_i$  – ширина внутренней пласти  $i$ -й доски, м.

Переходя от расстояний от оси бревна до пластей досок к их порядковым номерам в полупоставе, преобразуем (9, 10) с учетом (2, 7):

$$\left\{ \begin{array}{l} B_i = 2r\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}\right)^2 (i-1)^2}, \quad \text{если } \psi_i > \varphi \\ B_i = 2r\left(\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}i\right)^2} + \frac{2k_O}{N} \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i \leq \varphi \end{array} \right. , \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} b_i = 2r\left(\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}\right)^2 (i-1)^2} - \frac{2k_O}{N} \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i > \varphi \\ b_i = 2r\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}i\right)^2}, \quad \text{если } \psi_i \leq \varphi \end{array} \right. , \quad (12)$$

Определим площадь трапециевидального торца доски:

$$S_i = C(B_i + b_i)/2 , \quad (13)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S_i = \frac{4k_O r^2}{N} \left(\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}\right)^2 (i-1)^2} - \frac{k_O}{N} \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i > \varphi \\ S_i = \frac{4k_O r^2}{N} \left(\sqrt{1 - \left(\frac{2k_O}{N}i\right)^2} + \frac{k_O}{N} \operatorname{ctg} \varphi\right), \quad \text{если } \psi_i \leq \varphi \end{array} \right. , \quad (14)$$

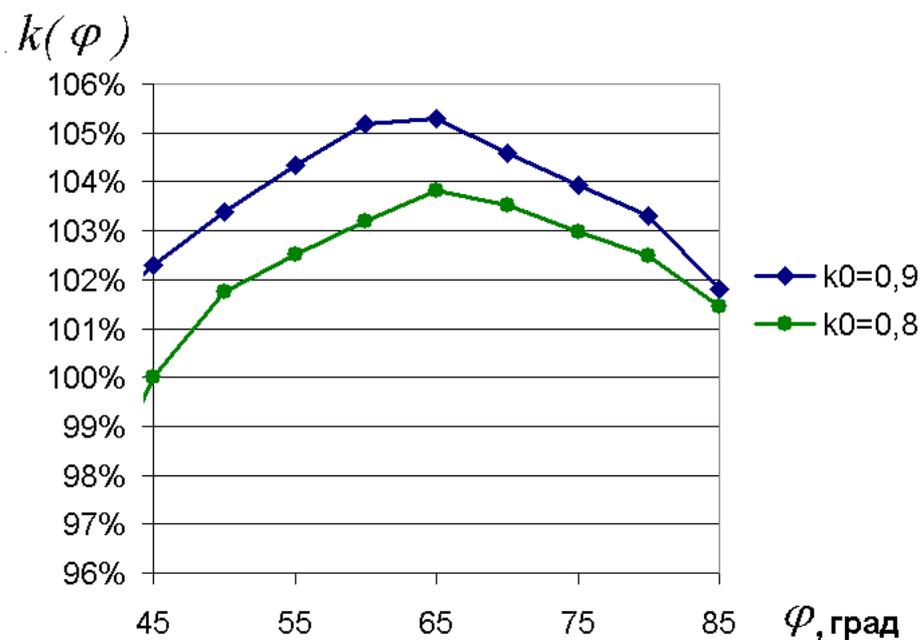


Рисунок 2. Зависимость увеличения выхода пиломатериалов от угла между кромками.

Определим целевую функцию как зависимость коэффициента использования площади торца бруса от угла между пластью и кромкой досок и сформулируем задачу оптимизации:

$$K_T(\varphi) = \frac{2 \sum_{i=1}^{N/2} S_i(\varphi)}{S_B}, \quad (15)$$

$$K_T(\varphi) \xrightarrow{\varphi} \max \Rightarrow \varphi_{opt}, \quad (16)$$

где  $K_T$  – коэффициент использования площади торца бруса при изготовлении обрезных досок трапецидального сечения.

$\varphi_{opt}$  – оптимальный угол между пластью и кромкой доски, град.

Сравним раскрой бревна на доски трапецидального сечения и на доски прямоугольного сечения, вычисляя отношение коэффициентов (15) и (6):

$$k(\varphi) = \frac{K_T(\varphi)}{K}, \quad (17)$$

где  $k$  – коэффициент увеличения выхода пиломатериалов.

График зависимости (17), рассчитанной для случая раскройки бревна на 6 досок, показан на рис. 2.

**Вывод.** При изготовлении пиломатериалов трапецидального сечения одинаковой толщины и с оптимальным углом между кромкой и пластью увеличение выхода пиломатериалов составляет 4..5% (для отношения толщины доски к толщине бревна в верхнем торце 13..15%).

Перспективным направлением дальнейших работ является оптимизация угла между пластью и кромкой досок трапецидального сечения с учетом высоты пропила и вероятностного распределения бревен по толщине.

## Список литературы

1. Технология пиломатериалов / Аксенов П.П., Макарова Н.С., Прохоров И.К., Тюкина Ю.П. - М.: Лесная промышленность, 1976. -480 с.
2. Шевченко С.А. Оптимізація розкрою колод на обрізні дошки з непаралельними крайками / С.А. Шевченко // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість". –Львів: ЛНТУУ, 2013. –Вип. 39-1. – С. 150–152.
3. Чикулаев П.С. Повышение выхода пилопродукции за счет получения пиломатериалов из сбеговой зоны бревен. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Специальность 05.21.01 - Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства. Петрозаводск, 2009. – 20 с.
4. Патент РФ №2329137 С2 МПК В27В1/00 (2006.01). Способ распиловки бревен / Руденок В.Я., Тупицын В. П., Исаев С. П., Бегунков О. И. и др. – 2006119065/03; заявл.: 31.05.27006; опубл.: 20.07.2008.

## Анотація

### РОЗКРІЙ КОЛОД НА ОБРІЗНІ ПИЛОМАТЕРІАЛИ ТРАПЕЦЕЇДАЛЬНОГО ПЕРЕТИНУ

Шевченко С.А., Абдін А.П.

*Розроблено методику оптимізації кута між крайкою та пластью пиломатеріалів трапецеїдального перетину при розпилюванні колоди врозвал. Вихідними даними для розрахунку є відношення сумарної товщини дощок до діаметра верхнього торця колоди та кількість дощок. Коефіцієнт використання деревини збільшується на 4..5% при розпилюванні колоди на 6 дощок (у порівнянні з виготовленням дощок прямокутного перетину).*

## Abstract

### SAWING LOGS ON TRAPEZOIDAL CROSS SECTION LUMBER

Shevchenko S., Abdin A.

*The technique of optimizing of the angle between the edge and the face of the trapezoidal cross section lumber at Live sawing of logs. The input data for optimization are the ratio of the total thickness of the sawn timbers to the diameter of the upper wood-block log and the number of lumbers. It is shown that the optimal angle between the edge and the face of sawn timber is about 65 degrees at log cutting into six lumbers. The sawn timber volume is increased to 4..5% compared with the manufacturing of rectangular section lumbers.*