

УДК 674.038

UDC 674.038

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА
ПИЛОПРОДУКЦИИ ИЗ БРЕВЕН,
СОДЕРЖАЩИХ НЕСКОЛЬКО
КАЧЕСТВЕННЫХ ЗОН****MATHEMATICAL MODEL FOR
DETERMINATION OF VOLUMETRIC OUTPUT
OF LUMBER FROM LOGS, CONTAINING
SEVERAL QUALITY AREAS**

Микрюкова Елена Вячеславовна
к.т.н., доцент
*Поволжский государственный технологический
университет, Йошкар-Ола, Россия*

Mikryukova Elena Vyacheslavovna
Cand.Tech.Sci., assistant professor
*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola,
Russia*

В статье предложен способ раскроя бревен, содержащих несколько качественных зон. Для этого способа разработана математическая модель определения объемного выхода пиломатериалов, позволяющая определять геометрические размеры пиломатериалов, выпиленных из различных качественных зон, разделенных концентрическими окружностями, в зависимости от размерно-качественных характеристик бревен

In the article we present a method of cutting logs, containing several quality areas. For this method, a mathematical model was developed to determine the volumetric output of lumber, which allows to determine the geometric dimensions of the lumber cut from the different quality areas separated concentric circles, depending on size and quality characteristics of logs

Ключевые слова: БРЕВНО, КАЧЕСТВЕННАЯ ЗОНА, СПОСОБ РАСКРОЯ, ПИЛОПРОДУКЦИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ОБЪЕМНЫЙ ВЫХОД

Keywords: LOG, QUALITY AREA, METHOD OF CUTTING, LUMBER, MATHEMATICAL MODEL, VOLUMETRIC OUTPUT

Первой стадией деревообрабатывающих производств является раскрой круглых лесоматериалов (бревен) на пилопродукцию. И от его рациональности будет зависеть дальнейшее эффективное использование древесины при изготовлении различных изделий.

На лесопильных предприятиях наиболее распространенными способами распиловки бревен остаются распиловка с брусочкой и вразвал. Эти способы не позволяют в достаточной мере учесть качественные зоны распиливаемых бревен.

Древесина центральной зоны (в поперечном сечении) бревен отличается по своим свойствам от древесины периферийной зоны в силу ряда причин. Во-первых, в центральной зоне сосредоточена ювенильная древесина, образовавшаяся в первые 20-30 лет жизни дерева. Эта древесина имеет более широкие, по сравнению со зрелой древесиной, годовичные кольца, а значит и отличные от нее свойства [2]. Во-вторых, в центральной зоне бревен могут быть сосредоточены такие пороки как

ложное ядро, ядровые грибные окраски и даже ядровая гниль. Поэтому очень важно разделить эти качественные зоны уже на первом этапе деревообрабатывающих производств, а именно при раскросе бревен на пиломатериалы.

Был произведен анализ известных способов раскроя бревен, на основе которого предложен новый способ раскроя бревен, содержащих несколько качественных зон (заявка на изобретение № 2013130474). На этот способ получено положительное решение о выдаче патента на изобретение.

Способ раскроя бревен включает определение границы разделения качественных зон, продольный раскрой с получением двухкантного бруса, охватывающего всю древесину центральной качественной зоны. Затем производится выпиливание четырехкантного бруса, продольный раскрой четырехкантного бруса с получением заготовки квадратного поперечного сечения полностью из древесины центральной качественной зоны и четырех заготовок треугольного поперечного сечения, содержащих древесину обеих качественных зон. После сушки и дополнительной механической обработки производится переворот заготовок треугольного поперечного сечения относительно друг друга и скрепление между собой в щит или брус [3].

Как диаметр бревен, так и диаметр ювенильной зоны бревен имеет сбеги, т.е. уменьшение диаметра от комлевого торца к вершинному. Поэтому если производить распиловку параллельно оси бревна, то необходимо ориентироваться на больший диаметр ювенильной зоны, а именно на диаметр ювенильной зоны в комлевом торце. Исходя из этого диаметра, определять толщину выпиливаемого бруса на первом проходе.

Если центральная зона бревна содержит древесину, пораженную ложным ядром, грибными окрасками или сердцевинной гнилью, то не всегда диаметр пораженной части в комлевом торце больше этого

диаметра в вершинном. Тогда после проведения оценки качества и замера таких бревен определяют наибольший диаметр пораженной зоны и согласно ему назначают толщину выпиливаемого бруса.

У ядровых пород, например тополя, древесина ядра отличается по своим физико-механическим свойствам от древесины заболони. Здесь толщина выпиливаемого бруса может соответствовать диаметру ядра. Например, у тополя диаметр ядра в среднем составляет $0.7d$ (где d – диаметр бревна без коры). Таким образом, оптимальная толщина бруса будет соответствовать диаметру ядра.

Используя новый способ раскроя из бревна, содержащего несколько качественных, можно получить:

- пиломатериалы периферийной качественной зоны, полученные на первом этапе;
- пиломатериалы периферийной качественной зоны, полученные на втором этапе;
- пиломатериалы периферийной качественной зоны, полученные после раскроя четырехкантного бруса;
- пиломатериалы из центральной качественной зоны;
- пиломатериалы треугольного поперечного сечения, содержащие древесину обеих качественных зон.

Наша задача состоит в определении размеров всех видов получаемой пилопродукции для дальнейшего определения эффективности раскроя.

Определим геометрические параметры различных видов пилопродукции, получаемые новым способом. Общий выход пилопродукции складывается из объемов пилопродукции, получаемых на каждом этапе распиловки.

$$V_n = V_I + V_{II} + V_{III}, \quad (1)$$

где V_I, V_{II}, V_{III} – объемы пилопродукции, получаемые соответственно на первом, втором и третьем этапах распиловки, м^3 .

Толщина выпиливаемого на первом этапе бруса может быть равна диаметру центральной качественной зоны, а также может быть больше его. Рассмотрим подробнее оба этих случая.

1) Толщина бруса равна диаметру внутренней качественной зоны.

Толщина выпиливаемого на первом этапе двухкантного бруса задается в соответствии с диаметром центральной качественной зоны (рис. 1).

$$h_{\sigma} = d_{\psi}$$

где d_{ψ} – диаметр центральной качественной зоны, мм.

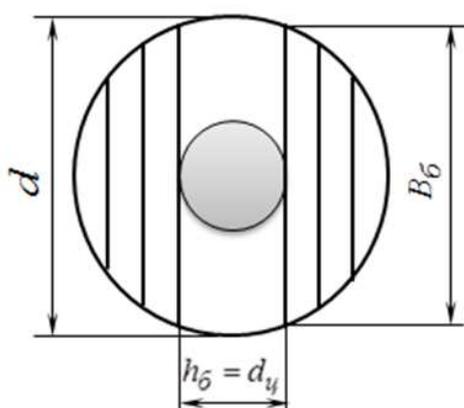


Рисунок 1 – Первый этап распиловки бревна при $h_{\sigma} = d_{\psi}$

На первом этапе кроме двухкантного бруса получаем необрезные пиломатериалы, содержащие древесину периферийной качественной зоны. Эти пиломатериалы могут быть в дальнейшем подвергнуты операции обрезки. Объем пиломатериалов, получаемых на первом этапе в случае симметричного постава:

$$V_I = 2 \sum_{i=1}^{n_1} h'_i b'_i l'_i, \quad (2)$$

где h'_i, b'_i, l'_i – соответственно толщина, ширина и длина i -го пиломатериала, получаемого на первом этапе, м; n_1 – число пар пиломатериалов, полученных на первом этапе, шт.

Длина и ширина необрезных или обрезных пиломатериалов на первом этапе определяется так же, как и при развальном и брусово-развальном способах раскроя и описаны в отраслевой литературе [1].

Ширина двухкантного бруса определяется по формуле

$$B_{\delta} = \sqrt{d^2 - 4t_{\delta}^2}, \quad (3)$$

где d – диаметр бревна в вершинном торце, мм; t_{δ} – расстояние от оси бревна до пласти бруса, мм.

При выполнении условия $h_{\delta} = d_u$, можно записать

$$B_{\delta} = \sqrt{d^2 - 4d_u^2}. \quad (4)$$

На втором этапе производится раскрой двухкантного бруса с получением обрезных пиломатериалов, содержащих древесину периферийной качественной зоны, и четырехкантного бруса, содержащего древесину обеих качественных зон (рис. 2).

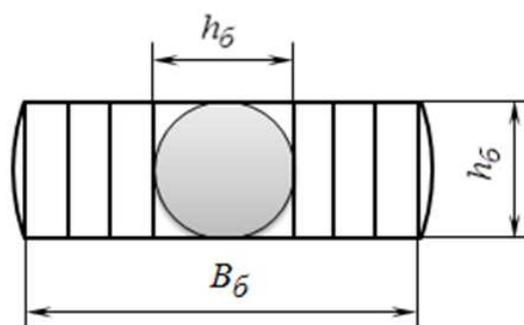


Рисунок 2 – Распиловка двухкантного бруса при $h_{\delta} = d_u$

Четырехкантный брус в поперечном сечении имеет форму квадрата со стороной, равной h_{δ} . Ширина обрезных пиломатериалов на втором этапе

$$b_i'' = \begin{cases} h_{\delta}, & \text{если } t_i'' \leq \frac{B_{\delta}}{2}, \\ \sqrt{d^2 - 4t_i''^2}, & \text{если } \frac{B_{\delta}}{2} < t_i'' \leq \frac{A_{пред}}{2}, \\ 0, & \text{если } t_i'' > \frac{A_{пред}}{2}, \end{cases} \quad (5)$$

где t_i'' – расстояние от оси бруса до наружной пласти i -го пиломатериала, мм; $A_{кр}$ – границы пифагорической зоны, мм; $A_{пред}$ – границы параболической зоны, мм.

Расстояние от оси двухкантного бруса до наружной пласти первого от центра пиломатериала (не считая выпиленного четырехкантного бруса) t_1'' будет равно

$$t_1'' = \frac{h_0}{2} + e_1'' \tag{6}$$

где e_1'' – расход ширины постава для выпиливания первого от центра пиломатериала на втором этапе, мм.

Длина обрезных пиломатериалов на втором этапе определяется аналогично длине обрезных пиломатериалов первого этапа распиловки.

Объем пиломатериалов, получаемых на втором этапе в случае симметричного постава:

$$V_{II} = 2 \sum_{i=1}^{n_2} h_i'' b_i'' l_i'' \tag{7}$$

где h_i'', b_i'', l_i'' – соответственно толщина, ширина и длина i -го пиломатериала, получаемого на втором этапе, м; n_2 – число пар пиломатериалов, полученных на втором этапе, шт.

На третьем этапе производится раскрой четырехкантного бруса по плоскостям, соединяющим середины сторон его поперечного сечения (рис. 3а).

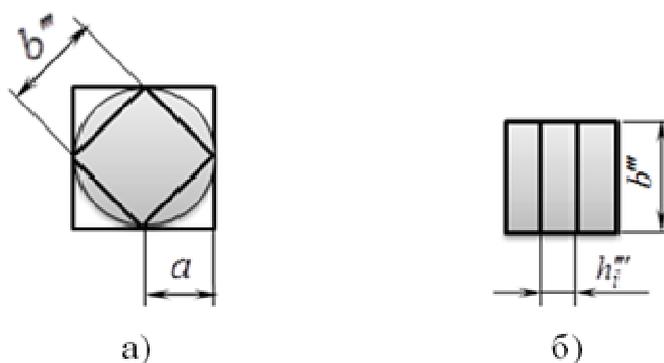


Рисунок 3 – Распиловка четырехкантного бруса при $h_0 = d_u$

При этом получаем пиломатериал квадратного поперечного сечения, содержащий древесину только центральной качественной зоны, и заготовки треугольного поперечного сечения, содержащие древесину обеих качественных зон. Объем пиломатериалов, получаемых на третьем этапе, определяется по формуле

$$V_{III} = V'_{III} + V''_{III}, \quad (8)$$

где V'_{III} – объем пиломатериалов треугольного поперечного сечения, м^3 ;
 V''_{III} – объем пиломатериалов прямоугольного поперечного сечения, м^3 .

Пиломатериалы треугольного поперечного сечения (в виде равнобедренного прямоугольного треугольника) имеют следующие размеры:

$$\text{короткая сторона} \quad a = \frac{d_u}{2} - p_3 \sqrt{2}, \quad (9)$$

$$\text{длинная сторона} \quad b = a \sqrt{2}, \quad (10)$$

где p_3 – ширина пропила при распиловке на третьем этапе, мм.

Из центральной части бревна получаем пиломатериал квадратного поперечного сечения со стороной

$$b''' = \frac{d_u}{\sqrt{2}}. \quad (11)$$

Если позволяют размеры, полученный пиломатериал возможно раскроить на несколько пиломатериалов меньшей толщины прямоугольного поперечного сечения с шириной, равной b''' (рис. 3б).

Зная размеры пилопродукции, получаемой на третьем этапе определяем ее объемы. Объем пиломатериалов треугольного поперечного сечения

$$V'_{III} = 2a^2 L, \quad (12)$$

где L - длина исходного бревна, м.

Объем пиломатериалов прямоугольного поперечного сечения может быть представлен заготовкой квадратного поперечного сечения или

получаемыми из нее пиломатериалами прямоугольного поперечного сечения.

$$V_{III}'' = b^{m^2}L \quad \text{или} \quad V_{III}'' = L \sum_{i=1}^{n_3} h_i'' b_i'' , \quad (13)$$

где n_3 – количество пиломатериалов, получаемых из заготовки квадратного поперечного сечения, шт.

2) Толщина бруса больше диаметра внутренней качественной зоны.

Как известно, оптимальная толщина выпиливаемого из бревна бруса должна соответствовать $(0,6 \div 0,8)d$ [1]. При распиловке, учитывающей качественные характеристики древесины, фактором, определяющим толщину бруса, будет являться диаметр центральной качественной зоны.

В том случае, если нужна определенная ширина пиломатериалов, то возможно выпиливать брус толщиной, большей, чем диаметр центральной зоны. Тогда после выпиливания четырехкантного бруса из центральной части, из нее возможно получить еще и обрезные пиломатериалы шириной, равной диаметру центральной зоны $b = d_y$ (рис. 4).

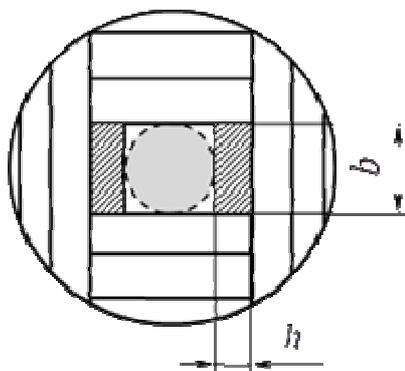


Рисунок 4 – Схема распиловки бревна при $h_0 \geq d_y$

На рисунке 4 штриховкой показаны пиломатериалы, которые дополнительно получают из четырехкантного бруса на третьем этапе.

Объем этих пиломатериалов будет равен:

$$V_{III}''' = 2hbL , \quad (14)$$

где h, b – соответственно толщина и ширина дополнительных пиломатериалов из четырехкантного бруса, мм.

Толщина этих пиломатериалов должна находиться в пределах

$$h_{\min} \leq h \leq \frac{h_0 - d_u}{2} - p_3, \quad (15)$$

где h_{\min} – минимальная толщина пиломатериалов и заготовок в спецификации, мм.

Тогда объем пиломатериалов, получаемых на третьем этапе, определяется по формуле

$$V_{III} = V'_{III} + V''_{III} + V'''_{III}. \quad (16)$$

Критерием оценки эффективности раскря бревен может служить как общий объемный выход пилопродукции, так и ее ценностный выход [4]. Общий объемный выход выражается в процентах от объема бревна. Объем бревна может быть определен как табличным методом (ГОСТ 2708-75), так и аналитическим. За форму образующей бревна могут быть приняты любые кривые, адекватно описывающие фактические его размеры.

Таким образом, используя новый способ раскря, получаем пилопродукцию 3-х видов: пилопродукцию из центральной качественной зоны, пилопродукцию из периферийной качественной зоны и смешанную пилопродукцию (содержащую древесину обеих качественных зон).

Определим объемный выход пилопродукции каждого вида из бревна.

○ Объемный выход пилопродукции из центральной качественной зоны:

$$P_1 = \frac{V''_{III}}{q} 100\%, \quad (17)$$

где q - объем бревна, м³.

○ Объемный выход пилопродукции из периферийной качественной зоны:

$$P_1 = \frac{V_I + V_{II} + V'''_{III}}{q} 100\%. \quad (18)$$

о Объемный выход смешанной пилопродукции (содержащей древесину обеих качественных зон):

$$P_1 = \frac{V'_{III}}{q} 100\% . \quad (19)$$

Пилопродукция каждого вида будет еще разбита на разные сорта в зависимости от содержания в ней различных пороков древесины.

Предлагаемая методика определения геометрических размеров пилопродукции может быть использована при планировании расхода пиловочного сырья при раскросе бревен новым способом, учитывающим качественные зоны.

В данной работе представлена математическая модель, которая послужит основой для разработки имитационной модели определения выхода пилопродукции из бревен, содержащих несколько качественных зон, разделенных концентрическими окружностями.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-08-97106.

Список литературы

1. Аксенов П. П. Теоретические основы раскроса пиловочного сырья. – М.; Л.: Гослесбумиз-дат, 1960. – 216 с.
2. Использование ювенильной древесины с учетом ее физико-механических свойств / С. Барцик, Е.Ю. Разумов, М. Квиеткова, Е.В. Микрюкова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). – IDA [article ID]: 0931309094. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/94.pdf>.
3. Микрюкова Е.В. Совершенствование раскроса бревен, имеющих несколько качественных зон / Е.В. Микрюкова // Леса России в XXI веке: материалы междунауч.-техн. интернет-конф. – Санкт-Петербург: СПбЛТУ, 2014. – С. 99-102.
4. Пижурин А. А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки: учебник / А. А. Пижурин, А. А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2004. — 375 с.

References

1. Aksenov P. P. Teoreticheskie osnovy raskroja pilovochnogo syr'ja. – M.; L.: Goslesbumiz- dat, 1960. – 216 s.
2. Ispol'zovanie juvenil'noj drevesiny s uchetom ee fiziko-mehaničeskikh svojstv / S. Barcik, E.Ju. Razumov, M. Kvietskova, E.V. Mikrjukova // Politematičeskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta

(Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №09(093). – IDA [article ID]: 0931309094. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/94.pdf>.

3. Mikrjukova E.V. Sovershenstvovanie raskroja breven, imejushhih neskol'ko kachestvennyh zon/ E.V. Mikrjukova // Lesa Rossii v XXI veke: mat-ly mezhd. nauch.-tehn. internet-konf. – Sankt-Peterburg: SPbLTU, 2014. – S. 99-102.

4. Pizhurin A. A. Modelirovanie i optimizacija processov derevoobrabotki: uchebnyk / A. A. Pizhurin, A. A. Pizhurin. - M.: MGUL, 2004. — 375 s.