

## Влияние способов раскря соснового пиловочника на параметры пиломатериалов

А.А. Побединский<sup>1а</sup>, В.В. Побединский<sup>2б</sup>, С.Н. Кокошин<sup>1с</sup>, Д.С. Чеснова<sup>1д</sup>

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Рошинское Шоссе, 18, Тюмень, Россия  
Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 41, Екатеринбург, Россия

<sup>а</sup> pobedinskiyaa@gausz.ru, <sup>б</sup> pobed@el.ru, <sup>с</sup> kokoshinsn@gausz.ru, <sup>д</sup> chesnova.ds@edu.gausz.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7548-3076>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>,

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5560-7120>, <sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5068-0636>

Статья поступила 11.07.2023, принята 13.09.2023

*В статье рассмотрена проблема рационального раскря пиломатериалов. Исследованы два способа раскря пиловочника сосновой породы и влияние каждого способа на параметры пиломатериалов. При традиционном способе раскря распил выполняется параллельно оси бревна. Из-за сбег бревно по форме близко к усеченному конусу, поэтому неизбежны отходы, а также большее перерезание волокон древесины, расположенных не параллельно оси бревна. Если обеспечить распил параллельно образующей поверхности ствола, то отходов и перерезания волокон в распиле будет меньше. Древесина является анизотропным, ортотропным материалом, поэтому изменение структуры пиломатериалов должно повлиять на их параметры. Это предположение ранее изучалось, но лишь для некоторых пород и отдельных параметров древесины. Исследования качества сушки пиломатериалов и прочности на сжатие сосновой породы не проводились. В этой связи определена цель работы, которая заключается в установлении закономерностей влияния способа раскря пиломатериалов на прочность при сжатии и качество сушки древесины. Для достижения цели решались следующие задачи: 1) для оценки полезного выхода выполнялся теоретический расчет раскря пиловочного сырья хвойной породы двумя способами, параллельно центральной оси бревна и параллельно образующей ствола; 2) проводились экспериментальные исследования образцов, выпиленных параллельно боковой оси бревна и традиционным способом для определения влажности и прочности на сжатие. Результатами работы являются полученные данные о влиянии способа раскря соснового пиловочника на полезный выход пиломатериалов, на показатели влажности и прочности на сжатие древесины пиломатериалов. Результаты могут быть рекомендованы для разработки технологий получения пиломатериалов.*

**Ключевые слова:** раскря пиловочника; раскря параллельно образующей бревна; прочность на сжатие древесины пиломатериала; сушка древесины.

## The influence of cutting methods for pine sawlogs on lumber parameters

A.A. Pobedinsky<sup>1a</sup>, V.V. Pobedinsky<sup>2b</sup>, S.N. Kokoshin<sup>1c</sup>, D.S. Chesnova<sup>1d</sup>

State Agrarian University of the Northern Trans-Urals; 18, Roschinskoe Shosse St., Tyumen, Russia

Ural State Agrarian University; 42, K. Libnekht St., Ekaterinburg, Russia

<sup>а</sup> pobedinskiyaa@gausz.ru, <sup>б</sup> pobed@el.ru, <sup>с</sup> kokoshinsn@gausz.ru, <sup>д</sup> chesnova.ds@edu.gausz.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7548-3076>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6318-3447>,

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5560-7120>, <sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5068-0636>

Received 11.07.2023, accepted 13.09.2023

*The article deals with the problem of rational cutting of sawn timber. Two methods of cutting pine logs and the influence of each method on the parameters of sawn timber are investigated. With the traditional method of cutting, the cut is performed parallel to the axis of the log. Since, due to run-off, the log is close in shape to a truncated cone, so waste is inevitable, as well as a greater cutting of wood fibers that are not parallel to the axis of the log. If a cut parallel to the forming surface of the trunk is provided, then there is less waste and cutting of fibers in the cut. Wood is an anisotropic, orthotropic material, so a change in the structure of lumber should affect its parameters. This assumption has previously been studied, but for some species and individual wood parameters. Studies of the drying quality of sawn timber and the compressive strength of pine rock have not been conducted. In this regard, the purpose of the work is determined, which is to identify the patterns of influence of the method of cutting sawmills on the compressive strength and uniformity of wood drying. To achieve the goal, the following tasks are solved: 1) to assess the useful yield, perform a theoretical calculation of the cutting of softwood sawn raw materials in two ways: by a method parallel to the central axis of the log and parallel to the forming trunk; 2) perform experimental studies of samples cut parallel to the lateral axis of the log and in the traditional way to determine moisture and compressive strength. The results of the work are the data obtained on the effect of the method of cutting pine logs on the useful passage of sawn timber, on the moisture content and compressive strength of sawn timber. The results can be recommended for the development of technologies for the production of sawn timber.*

**Keywords:** sawlog cutting; cutting parallel to the forming logs; compressive strength of lumber; drying of wood.

**Введение.** На лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятиях России от 20 до 50 % леса превращается в отходы. Часть обрезков сжигают на месте рядом с переработкой, создавая опасность пожара, вторую часть оставляют или вывозят на полигоны. Независимо от того, гниют древесные отходы на свалке или в месте образования, этот процесс негативно влияет на экологию.

Благодаря оптимизации раскроя можно сократить количество отходов лесопильного производства, что приведет к более рациональному использованию лесных ресурсов в нашей стране. Эта задача является одним из важных направлений в стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. [18].

При раскрое особенно важно учитывать специфику строения древесины, технологию дальнейшей сушки или склеивания древесины, что в существующих методах учитывается далеко не всегда [5; 9; 10; 12; 19], а такое условие, как минимизация перерезания годичных слоев при раскрое сбеговой части и влияние его на параметры пиломатериалов, ранее не рассматривалось.

Наиболее перспективным способом в последних исследованиях обосновывается метод раскроя параллельно образующей ствола [6; 11]. По ряду параметров он превосходит традиционный метод, но вопросы качества полученных пиломатериалов, условия минимизации перерезания годичных слоев, их прочностные параметры и величина полезного выхода пиломатериалов изучены недостаточно, что препятствует массовому внедрению данного способа распиловки древесного сырья в практику.

В зарубежной литературе рядом авторов [13–17] показаны различные схемы распиловки бревен: наклонные, параллельно образующей оси и др., но, как и в большинстве работ, они направлены только на получение наибольшего процентного выхода пиломатериалов. Выполняя расчеты поставок, с целью повышения полезного выхода из сырья, в исследованиях практически не уделяется должного внимания качеству получаемых пиломатериалов.

Таким образом, *цель настоящей работы* заключается в установлении закономерностей влияния способа раскроя пиловочника на полезный выход пиломатериалов, а также на прочность при сжатии и качество сушки древесины.

Задачи, необходимые для достижения цели:

- выполнить теоретический раскрой пиловочника на пиломатериалы различного сечения методом «параллельно боковой оси бревна», сравнить полученный расчетный результат полезного выхода этого же бревна с объемом полученных расчетным путем пиломатериалов, распиленных традиционным способом;
- провести испытания на сжатие древесины образцов, выпиленных из пиломатериалов, полученных при раскрое пиловочника методом «параллельно боковой оси бревна»;
- провести исследование на плотность древесины из образцов, выпиленных из пиломатериалов, полученных при раскрое пиловочника методом «параллельно боковой оси бревна»;
- выполнить исследование качества сушки древесины в зависимости от способа раскроя пиловочника.

Приоритетным в исследуемом способе являлось обеспечение максимального полезного выхода и наибольшего качества пиломатериалов, в первую очередь из сбеговой зоны пиловочного сырья.

Следует отметить, что данный способ распиловки подходит исключительно для оборудования, занимающегося технологией индивидуального способа раскроя пиловочника.

**Методы и средства исследований.** В работе использовалась теория раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы. В экспериментальных исследованиях использовались ГОСТ 16483.0-85 (СТ СЭВ 6470-88), ГОСТ 16483.7-71, ГОСТ 16483.11-72, ГОСТ 16588-91 (ИСО 4470-81). Обработка экспериментальных данных выполнена с привлечением методов математической статистики.

**Результаты.** *Теоретический расчет полезного выхода при раскрое пиловочника различными способами.*

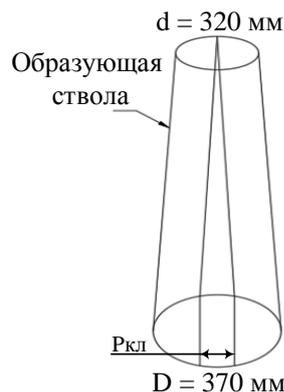
*Расчет поставок.* Особенности метода расчета поставок наиболее подробно можно рассмотреть на примере расчета раскроя бревна на пиломатериалы. В данном случае рассматривается бревно хвойной породы (сосна), диаметром в вершине 32 см, при сбеге равном 1 см на 1 м/п бревна длиной  $l = 5$  м и шириной пропила с учетом развода 2,2 мм. Выпиленные пиломатериалы должны соответствовать размерам согласно ГОСТ 8486-86. На практике сбеги могут быть другими, поэтому принимаем его условно, для упрощения расчетов. Таким образом, если вершинный диаметр  $d = 32$  см, то в комле диаметр  $D$  рассчитывается по формуле, см:

$$\text{или:} \quad \begin{aligned} & V_{сб} \times l, \\ & D = 32 + 1 \times 5 = 37 \text{ см.} \end{aligned} \quad (1)$$

Наибольший размер  $P_{кл}$  выбираемого клина из данного бревна составит:

$$P_{кл} = D - d, \quad (2)$$

$$\text{или:} \quad P_{кл} = 37 - 32 = 5 \text{ см} = 50 \text{ мм.}$$



**Рис. 1.** Выделение клинообразной доски

Пиление производится от верхнего диаметра с толщиной клина 0 мм и идет по мере его увеличения до толщины 50 мм в комлевой части бревна. Из этого получается, что вся сбеговая зона бревна и ядровая древесина, которая по качественным характеристикам является более слабой или некондиционной, оказываются в одном местоположении по толщине ствола, или клиновидной части (рис. 1).

Объем клина  $Q_{\text{кл}}$  может быть определен по формуле,  $\text{м}^3$ :

$$Q_{\text{кл}} = \frac{D \times P_{\text{кл}} \times l}{2} + \frac{P_{\text{кл}} \times P_{\text{кл}} \times l}{2}$$

Или, подставив числовые значения, получим:

$$Q_{\text{кл}} = \frac{0,320 \times 0,05 \times 5}{2} + \frac{0,05 \times 0,05 \times 5}{2} = 0,046 \text{ м}^3.$$

Полученный клин может быть использован для дальнейшего склеивания с идентичным клином и получения полноразмерного бруса или для получения других видов продукции.

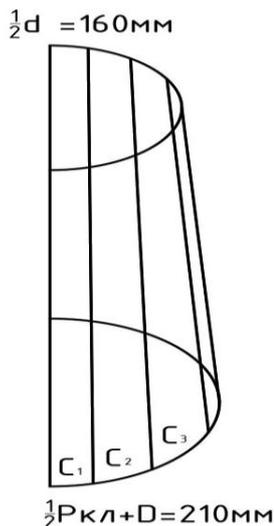


Рис. 2. Схема выпиливания пиломатериала параллельно образующей из половинчатого бревна

Подбор и расчет пиломатериалов ведется стандартным способом, так же, как и при пилении с брусковой или в развал. В данном случае можно воспользоваться расчетом теоретического способа раскря пиловочника (теорема Пифагора) или графического (квадранта), выбираем первый способ.

Первая доска принимается толщиной  $t = 50$  мм, и для нее вычисляется величина  $C_3$  (рис. 2) полуобхвата по формуле:

$$C_3 = \frac{S}{2} + (h_d + l_d) + S,$$

где  $l_d$  — припуск на усушку доски, мм;  $h_d$  — толщина доски, мм;  $S$  — ширина пропила, мм.

Подставив числовые значения, получим:

$$C_3 = \frac{2,2}{2} + (50 + 2,4) + 2,2 = 55,7 \text{ мм.}$$

полный обхват будет рассчитан как:

$$E_3 = 55,7 \times 2 = 111,4 \text{ мм.}$$

Вычисляем ширину пласти  $b_3$  первой доски по формуле:

$$b_3 = (d^2 - E^2)^{\frac{1}{2}}.$$

Подставим числовые значения, рассчитаем ширину пласти  $b_3$ :

$$b_3 = (320^2 - 111,4^2)^{\frac{1}{2}} = 299,9 \text{ мм.}$$

Принимаем ширину доски 300 мм. По ГОСТ 8486-86 допускается до 1/3 обзола от ее толщины.

Следующую пара досок принимаем толщиной  $t = 50$  мм и рассчитываем величину полуобхвата  $C_2$ :

$$C_2 = 55,7 + (50 + 2,4) + 2,2 = 110,3 \text{ мм.}$$

полный обхват  $E_2$  будет рассчитан:

$$E_2 = 110,3 \times 2 = 220,6 \text{ мм.}$$

По формуле (5) вычисляем ширину пласти  $b_2$ :

$$b_2 = (320^2 - 220,6^2)^{\frac{1}{2}} = 231 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшую стандартную ширину доски 225 мм.

Последняя пара досок будет толщиной  $t = 32$  мм. По формуле (4) находим величину полуобхвата  $C_1$ :

$$C_1 = 110,3 + (32 + 2,1) + 2,2 = 146,6 \text{ мм.}$$

Рассчитываем полный охват  $E_1$ :

$$E_1 = 146,6 \times 2 = 293,2 \text{ мм.}$$

По формуле (5) вычисляем ширину пласти  $b_1$  последней доски:

$$b_1 = (320^2 - 293,2^2)^{\frac{1}{2}} = 127,9 \text{ мм.}$$

Окончательную ширину принимаем 125 мм.

Рассчитаем объем  $Q$  полученных пиломатериалов по формуле:

$$Q = b \times t \times S \quad (6)$$

Подставив числовые значения, рассчитаем значения объемов пиломатериалов  $Q_1, Q_2, Q_3$ :

$$Q_1 = 0,3 \times 0,05 \times 5 \times 2 = 0,15 \text{ м}^3.$$

$$Q_2 = 0,225 \times 0,05 \times 5 \times 2 = 0,1125 \text{ м}^3.$$

$$Q_3 = 0,125 \times 0,032 \times 5 \times 2 = 0,04 \text{ м}^3.$$

Величину общего объема всех полученных пиломатериалов  $Q_{\text{п/м}}$  находим по формуле:

$$Q_{\text{п/м}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{\text{кл}}$$

Подставив числовые значения, рассчитаем:

$$Q_{\text{п/м}} = 0,15 + 0,1125 + 0,04 + 0,046 = 0,35 \text{ м}^3.$$

Полезный выход пиломатериалов  $P_{\text{вых}}$  рассчитаем по формуле:

$$P_{\text{вых}} = \frac{Q_{\text{п/м}}}{Q_6} \times 100\%,$$

или:

$$P_{\text{вых}} = \frac{0,35}{0,48} \times 100\% = 72,9\%.$$

Выполняя расчеты поставок традиционным способом, по идентичному размеру пиловочника, использовались различные комбинации с толщинами и длинами выпиливаемых пиломатериалов. Расчеты поставок показывают, что количество полезного выхода пиломатериалов после распиловки параллельно образующей ствола будет выше, в среднем, на 2–15 % по сравнению с традиционным методом распиловки.

**Исследование влияния способа раскря на прочность древесины при сжатии.** Изучение влияния способа раскря на прочность древесины выполнялось экспериментальным путем.

*Методика проведения эксперимента.* Для сравнения прочности древесины на сжатие были выполнены образцы для испытания согласно ГОСТ 16483.2-70 с размерами 20x20x60 мм (рис. 3). Первая партия образцов представляла собой бруски, полученные традиционным способом раскря, а вторая — образцы, полученные распилом параллельно боковой оси бревна.



Рис. 3. Образцы для испытаний

Перед проведением испытаний были произведены замеры влажности образцов прибором «Мегеон 20610» 12,5 %. Такое условие необходимо и выполнялось строго в соответствии с требованиями [2].



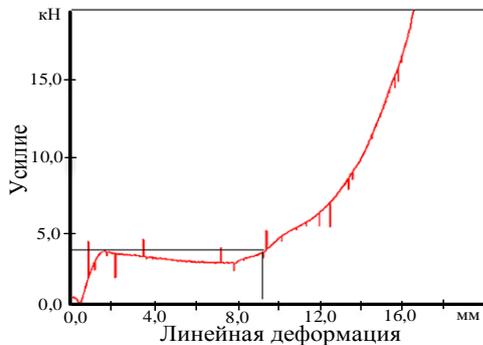
Рис. 4. Измерение влажности образцов



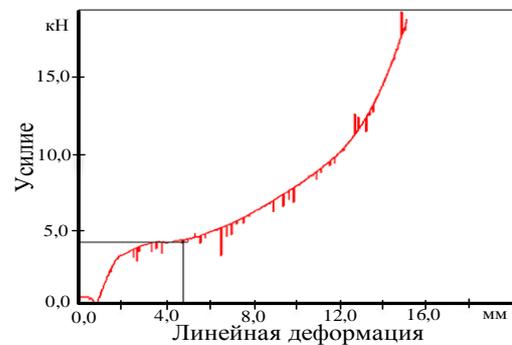
Рис. 5. Испытуемый образец до сжатия (а) и после сжатия (б)

Для проведения испытаний на сжатие использовалась разрывная машина МИ-20УМ. Процесс испытаний заключался в следующем: испытуемый образец устанавливался на опорный элемент таким образом, чтобы диагональ круглой части пресса полностью находилась на образце (рис. 5). После фиксации образца в электронном устройстве выставлялись нулевая деформация и начальное усилие, равное нулю. Устанавливалась скорость движения пресса, равная 1 мм/мин.

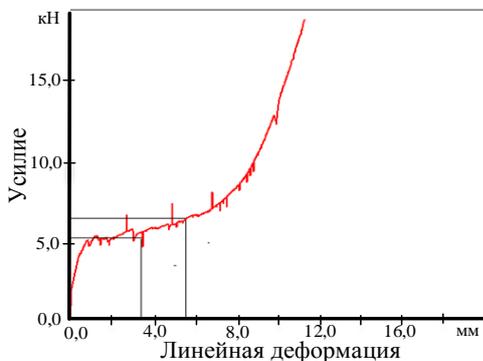
При движении пресса вниз в приложении автоматически строилась диаграмма, отображающая зависимость силы сжатия и деформации образца (рис. 6). Максимальное усилие, которое создавалось в процессе сжатия, не превышало 20 кН.



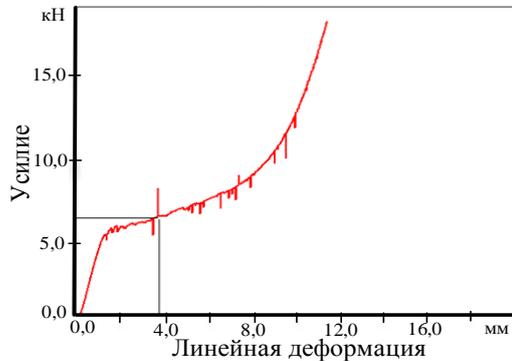
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Диаграммы «усилие – деформация» образцов: а, б — образцы первой партии (традиционный способ раскрой); в, г — образцы второй партии (раскрой параллельно образующей ствола)

По результатам испытаний было установлено, что при максимальном усилии образцы, полученные способом стандартного раскря, деформировались на величину до 16 мм. Деформация образцов второй группы не превышала 12,5 мм. Условный предел прочности, выраженный через критическую нагрузку, на графиках характеризуется переходом линейной части графика в криволинейный с явным увеличением нагрузки. По представленным графикам видно, что для образцов партии 1 критическая нагрузка — менее 5 кН, а для образцов второй партии это значение выше 5 кН.

**Исследование влияния способа раскря на плотность и качество сушки древесины.** Изучение влияния способа раскря пиловочника на плотность и качество сушки пиломатериалов также выполнялось экспериментально.

Опыты проводились в соответствии с ГОСТ 16483.1-84 (БЗ 1-99). Из пиломатериалов были изготовлены по 20 образцов каждого из вида распиловки с размерами 20x20x30 мм. Выполнялись точные измерения массы и геометрические размеры (рис. 7 а, б) образцов.



а)



б)

**Рис. 7.** Исследование образцов на плотность древесины: а — взвешивание образцов; б — измерение геометрических размеров образцов

Для определения плотности древесины необходимо измерить три основных параметра — это масса, объем и влажность древесины. Образцы, взятые для исследования, имели транспортную влажность 20 %. Первоначально для вычисления плотности влажность образцов должна составлять не более 12 % [2], поэтому проводилась сушка образцов в лабораторном эксикаторе. После

достижения необходимой влажности образцы взвешивались, и измерялись их геометрические размеры.

Согласно полученным данным, плотность образцов из пиломатериалов обоих вариантов распила варьировалась при влажности 12 % от 510 до 540 кг/м<sup>3</sup>.

Дальнейшее исследование проводилось аналогично, при влажности 6 %. Плотность древесины образцов в этом случае была в пределах 590–610 кг/м<sup>3</sup>, данные значения также распространялись на заготовки, полученные из разных способов распила.

В результате испытаний установлено, что плотность древесины не зависит от способа раскря пиловочника.

Аналогичные исследования были выполнены и для оценки равномерности сушки древесины, где образцы были подвержены регулярному измерению влажности. Равномерность сушки древесины также не зависит от способа раскря, однако времени для высыхания образцов до 6 % влажности образцам, выпиленным традиционным способом, понадобилось на 5 % больше, чем образцам древесины из пиломатериалов, раскрянных параллельно боковой оси бревна. Это обусловлено более равномерной структурой клеточного строения древесины.

**Анализ результатов.** В результате исследований было установлено значительное влияние способа раскря пиловочника на физико-механические параметры древесины.

Анализируя полученные результаты экспериментов, можно утверждать, что образцы из пиломатериалов, полученных способом раскря параллельно боковой оси бревна, имеют более высокий предел прочности, а значит, и более высокую несущую способность на сжатие поперек волокон.

Мы полагаем, что это происходит за счет изменения ориентации волокон древесины. Волокна образцов второй партии (рис. 6, в, г) находятся в приблизительно одинаковых напряженных состояниях, располагаясь перпендикулярно к направлению нагрузки. Волокна первой партии образцов (рис. 6, а, б), располагаясь под некоторым углом к нагрузке, испытывают деформации сдвига, что приводит к большей деформации.

Диаграммы испытаний с большей деформацией образцов первой партии при одинаковой нагрузке подтверждают такое теоретическое положение.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Способ раскря параллельно боковой оси бревна в сравнении с традиционным способом вдоль оси бревна значительно влияет на физико-механические параметры древесины пиломатериалов. При этом способе обеспечивается более высокий (до 12 %) предел прочности древесины.

2. При исследуемом способе раскря плотность древесины и равномерность сушки не снижаются.

3. Время высыхания древесины пиломатериалов, полученных способом раскря параллельно образующей ствола, снижается до 5 %, что может обеспечить эффект в технологиях сушки древесины.

## Литература

## References

- ГОСТ 16483.2-70. Древесина. Метод определения условного предела прочности при местном смятии поперек волокон. Введ. 09.01.1999. М.: Изд-во стандартов, 1999. 6 с.
- ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Методы определения влажности. Введ. 03.07.2006. М.: Изд-во стандартов, 2006. 5 с.
- ГОСТ 16483.0-89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям. Введ. 01.07.1990. М.: Изд-во стандартов, 1999. 9 с.
- ГОСТ 16588-91. Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности. Введ. 01.01.1993. М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.
- Агапов А.И., Пovyшев А.В. Алгоритм решения задачи оптимизации раскроя пиловочник с выпиливанием трех брусьев разной толщины и трех пар боковых досок // Актуальные направления науч. исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. С. 36-42.
- Белозеров И.Л., Кибякова С.И. Методика расчета поставок при раскрое пиловочного сырья параллельно образующей // Науч. обеспечение технического и социального развития Дальневосточного региона: сб. науч. ст. к 55-летию Тихоокеанского гос. ун-та (13-15 апр. 2013 г.) Хабаровск, 2013. С. 297-300.
- Волков Ю.В., Тартаковский В.А. Алгоритм анализа площадей годичных слоев деревьев // Изв. Томского политехнического ун-та. 2011. Т. 319. № 5. С. 112-117.
- Глухих В.Н., Храброва О.Ю. Сравнение показателей распиловки бревен традиционным способом и параллельно образующей // Современные проблемы переработки древесины: материалы Междунар. науч.-практической конф. (март 2011 г.). СПб., 2012. С. 27-32.
- Куликова Н.В., Рыкунин С.Н., Кривошеков Н.В. Методика расчета поставок с заданной величиной обзола // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 91-99.
- Харитонов Г.К., Рыкунин С.Н., Кривошеков Н.В. Использование параболической зоны круглых лесоматериалов при производстве пиломатериалов // Деревообрабатывающая пром-сть. 2017. № 4. С. 6-11.
- Храброва О.Ю. Исследование поперечного коробления пиломатериалов, получаемых при распиловке параллельно образующей и традиционным способом // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2016. Вып. 214. С. 233-246.
- Уласовец В.Г. Влияние способов раскроя пиловочника на коэффициенты сбега необрезных пиломатериалов // Лесотехнический журнал. 2014. Т. 4. № 1 (13). С. 142-146.
- Oceña L.G., Tanchoco J.M.A. Computer graphics simulation of hardwood log sawing // Forest Products Journal. 1988. V. 38 (10). P. 72-76.
- Galvez JLAP., Borenstein D., Farias E.D. Application of optimization for solving a sawing stock problem with a cant sawing pattern / 2018. V. 12. № 8. P. 1755-1772.
- Mikryukova E.V., Toropov A.S., Pekmenov V.M. Study of the Board Output from the Saws when Cant Sawing Parallel to Generatrix // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2018. № 3. P. 117-126.
- Vergara F.P., Palma C.D., Sepulveda H. A comparison of optimization models for lumber production planning // BOSQUE. 2015. V. 36. № 2. P. 239-246.
- Piazza M., Riggio M. Visual strength-grading and NDT of timber in traditional structures // Journal of Building Appraisal. 2008. V. 3. № 4. P. 267-296.
- Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года в новой редакции: распоряжение от 11 февр. 2021 г. № 312-р. URL: <http://government.ru/news/41539/> (дата обращения: 12.05.2023).
- Пятков В.Е., Рыкунин С.Н. Способ раскроя бревен на пиломатериалы: пат. 2217300 РФ, МПК 7B 27B 1/00 A; заявл. 08.12.2002; опубл. 09.10.2004.
- GOST 16483.2-70. Wood. Method for determining the conditional strength limit for local crumpling across the fibers. Vved. 09.01.1999. M.: Izd-vo standartov, 1999. 6 p.
- GOST 16483.7-71. Wood. Methods for determining humidity. Vved. 03.07.2006. M.: Izd-vo standartov, 2006. 5 p.
- GOST 16483.0-89. Wood. General requirements for physical and mechanical tests. Vved. 01.07.1990. M.: Izd-vo standartov, 1999. 9 p.
- GOST 16588-91. Saw products and wooden parts. Methods for determining humidity. Vved. 01.01.1993. M.: Standartinform, 2009. 5 p.
- Agapov A.I., Povyshev A.V. Algorithm for solving the optimization problem of cutting a sawmill with sawing three bars of different thickness and three pairs of side boards // Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice. 2015. V. 3. P. 36-42.
- Belozеров I.L., Kibyakova S.I. Method of calculation of deliveries when cutting sawn raw materials parallel to the forming // Nauch. obespechenie tekhnicheskogo i social'nogo razvitiya Dal'nevostochnogo regiona: sb. nauch. st. k 55-letiyu Tihookeanskogo gos. un-ta (13-15 apr. 2013 g.) Habarovsk, 2013. P. 297-300.
- Volkov YU.V., Tartakovskij V.A. Algorithm for analyzing the areas of annual tree layers // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2011. V. 319. № 5. P. 112-117.
- Gluhikh V.N., Hrabrova O.YU. Comparison of indicators of sawing logs in the traditional way and in parallel forming // Sovremennye problemy pererabotki drevesiny: materialy Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (mart 2011 g.). SPb., 2012. P. 27-32.
- Kulikova N.V., Rykunin S.N., Krivoshchekov N.V. Method of calculation of deliveries with a given amount of the survey // Forestry Engineering Journal. 2016. V. 6. № 3 (23). P. 91-99.
- Haritonov G.K., Rykunin S.N., Krivoshchekov N.V. The use of the parabolic zone of round timber in the production of lumber // Derevoobrabatavaya promishlennost' (Woodworking industry). 2017. № 4. P. 6-11.
- Hrabrova O.YU. Investigation of the transverse warping of lumber obtained by sawing in parallel with the forming and traditional method // Izvestia SPbLTA. 2016. Vyp. 214. P. 233-246.
- Ulasovec V.G. The influence of sawmill cutting methods on the escape coefficients of uncut lumber // Forestry Engineering Journal. 2014. V. 4. № 1 (13). P. 142-146.
- Oceña L.G., Tanchoco J.M.A. Computer graphics simulation of hardwood log sawing // Forest Products Journal. 1988. V. 38 (10). P. 72-76.
- Galvez JLAP., Borenstein D., Farias E.D. Application of optimization for solving a sawing stock problem with a cant sawing pattern / 2018. V. 12. № 8. P. 1755-1772.
- Mikryukova E.V., Toropov A.S., Pekmenov V.M. Study of the Board Output from the Saws when Cant Sawing Parallel to Generatrix // Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal). 2018. № 3. P. 117-126.
- Vergara F.P., Palma C.D., Sepulveda H. A comparison of optimization models for lumber production planning // BOSQUE. 2015. V. 36. № 2. P. 239-246.
- Piazza M., Riggio M. Visual strength-grading and NDT of timber in traditional structures // Journal of Building Appraisal. 2008. V. 3. № 4. P. 267-296.
- The strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030 in a new edition: rasporyazhenie ot 11 fevr. 2021 g. № 312-r. URL: <http://government.ru/news/41539/> (data obrashcheniya: 12.05.2023).
- Pyatkov V.E., Rykunin S.N. The method of cutting logs into lumber: pat. 2217300 RF, MPK 7B 27B 1/00 A; zayavl. 08.12.2002; opubl. 09.10.2004.