



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.09

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.117

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСПИЛОВКЕ БРУСА ПАРАЛЛЕЛЬНО ОБРАЗУЮЩЕЙ

*Е.В. Микрюкова, канд. техн. наук, доц.*

*А.С. Торопов, д-р техн. наук, проф.*

*В.М. Пекменов, магистрант*

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3,  
г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия, 424000;

e-mail: mikryukovaev@volgatech.net

Предлагается способ раскроя пиловочных бревен при распиловке бруса параллельно образующей. После выпиливания двухкантного бруса его делят вдоль на две части и каждый из полученных трехкантных брусьев распиливают на пиломатериалы параллельно образующей. Возможны два варианта распиловки: с получением укороченных пиломатериалов из сердцевинных частей бруса; с получением клиновидных пиломатериалов. При этом увеличивается не только объемный, но и качественный выход пиломатериалов. С помощью имитационной модели для сравнения проведены экспериментальные исследования объемного выхода пиломатериалов при распиловке бруса параллельно образующей и параллельно продольной оси бревна. Получены зависимости объемного выхода пиломатериалов от диаметра, длины и среднего сбега бревна. Диапазоны варьирования: диаметры – от 28 до 36 см, длина – от 4 до 6 м, средний сбег – от 1,0 до 2,8 см/м. Построены графики зависимости объемного выхода пиломатериалов от исследуемых факторов. Установлено, что наибольшее влияние на объемный выход пиломатериалов оказывает сбег бревна. Диаметр не оказывает сильного влияния на объемный выход пиломатериалов при распиловке бруса параллельно образующей по сравнению с распиловкой параллельно оси бревна, при значениях диаметра более 32 см выход увеличивается незначительно. При распиловке бруса параллельно образующей объемный выход пиломатериалов выше на 2...6 %, чем при распиловке параллельно оси. Увеличение длины бревна снижает объемный выход пиломатериалов при распиловке бруса параллельно как образующей, так и продольной оси. Низкие значения среднего сбега пиловочного бревна (1,0...1,3 см/м) не дают преимуществ ни тому, ни другому способу распиловки. С увеличением среднего сбега до 2,8 см/м при распиловке бруса параллельно образующей объемный выход возрастает на 4...6 %. Распиловка бруса параллельно образующей с получением клиновидных пиломатериалов по сравнению с получением укороченных пиломатериалов из сердцевинных частей бруса повышает объемный выход на 1,0...1,5 %.

---

*Для цитирования:* Микрюкова Е.В., Торопов А.С., Пекменов В.М. Исследование объемного выхода пиломатериалов при распиловке бруса параллельно образующей // Лесн. журн. 2018. № 3. С. 117–126. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.117

*Ключевые слова:* пиловочное бревно, брус, пиломатериалы, способ раскря параллельно образующей, способ раскря параллельно продольной оси, объемный выход пиломатериалов.

### *Введение*

Древесина как конструкционный материал не утратила своей популярности и до сегодняшних дней. Из нее строят дома, изготавливают мебель, предметы интерьера. Древесные ресурсы относятся к возобновляемым, но их запасы неуклонно сокращаются. Наша задача заключается в том, чтобы как можно более рационально использовать древесину на всех этапах ее обработки.

Производство пиломатериалов является начальной стадией деревопереработки. Очень важно уже на этом этапе получать как можно больший объем пиломатериалов при сохранении их качества. От рационального раскря пиловочных бревен зависит эффективность использования древесины в дальнейшем.

В настоящее время наиболее распространенными способами раскря на лесопильных предприятиях остаются развальный и брусово-развальный способы распиловки параллельно продольной оси бревна. Предшествующими исследованиями установлено, что распиловка параллельно образующей (или по сбегу) дает более высокие и качественные, и количественные показатели выхода пиломатериалов [6–10].

На основе брусово-развального способа раскря пиловочных бревен нами предлагается способ раскря [3] с получением двухкантного бруса, делением его на две части и выпиливанием обрезных пиломатериалов из каждой части бруса параллельно образующей (рис. 1), который производится по двум вариантам:

- получение укороченных пиломатериалов;
- получение пиломатериалов переменной толщины (клиновидных).

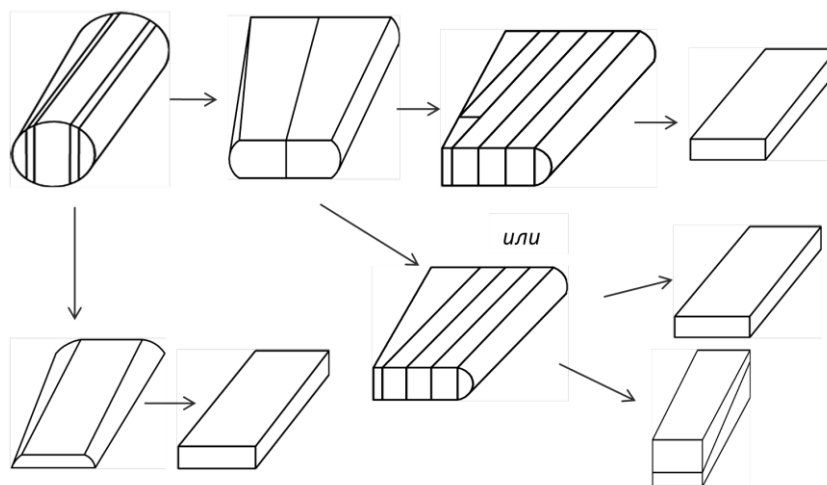


Рис. 1. Схема раскря пиловочных бревен при распиловке бруса параллельно образующей

При раскросе пиловочных бревен предлагаемым способом на первом проходе выпиливается двухкантный брус, наряду с которым попутно можно получать и необрезные пиломатериалы. На втором проходе двухкантный брус сначала распиливается вдоль по центру на две равные части, затем из каждого полученного трехкантного бруса параллельно его образующей выпиливаются обрезные пиломатериалы: либо укороченные, либо переменного прямоугольного поперечного сечения (клиновидные).

Современные тенденции в лесном бизнесе – это переход к глубокой переработке древесины. В связи с этим получение клееных материалов из клиновидных пиломатериалов весьма актуально.

Применение предлагаемого способа раскроса пиловочных бревен при распиловке брусьев параллельно образующей по сравнению с распиловкой параллельно продольной оси добавляет только одну дополнительную операцию – деление двухкантного бруса вдоль на две части, но при этом из технологического процесса исчезает операция обрезки укороченных пиломатериалов после станков второго прохода. В данном случае укороченные пиломатериалы не требуют обрезки, они получаются той же ширины, что и толщина бруса.

Распиловка бруса параллельно образующей имеет преимущества перед распиловкой параллельно продольной оси бревна или бруса. Например, получение пиломатериалов с большей прочностью вследствие меньшей степени перерезания годичных слоев [7, 8]. Пиломатериалы от распиловки параллельно образующей подвержены меньшему короблению в процессе сушки, соответственно, они могут иметь меньший припуск на дальнейшую механическую обработку [9].

Одним из критериев оценки эффективности способа раскроса является объемный выход получаемых из бревна пиломатериалов. Для его нахождения нужно знать геометрические размеры всех видов пиломатериалов. Методика их определения для наиболее распространенных способов распиловки, таких как распиловка с брусочкой и в развал, известна [1]. В качестве формы пиловочного бревна принимаем усеченный параболоид вращения.

Цель нашего исследования – определение влияния основных факторов на объемный выход пиломатериалов при распиловке бруса параллельно образующей.

#### *Объекты и методы исследования*

С использованием математической модели, предназначенной для установления размеров пиломатериалов, получаемых из трехкантных брусьев при распиловке параллельно образующей [2], в среде MS Excel была разработана имитационная модель, которая позволяет определять размеры и объемный выход пиломатериалов при распиловке бруса параллельно образующей в зависимости от различных факторов.

На основании проведенных ранее исследований в качестве независимых переменных (факторов) в имитационной модели приняты диаметр, длина и средний сбег пиловочных бревен. Случайными контролируруемыми переменными были толщины пиломатериалов. Уровни варьирования факторов представлены в таблице.

## Уровни варьирования факторов

Фактор	Условное обозначение фактора	Уровень варьирования			Интервал варьирования
		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)	
Диаметр бревна $d$ , см	$x_1$	28	32	36	4
Длина бревна $l$ , м	$x_2$	4	5	6	1
Средний сбеги бревна $s$ , см/м	$x_3$	1,0	1,9	2,8	0,9

Для проведения эксперимента был выбран план второго порядка  $B_3$  [4], позволяющий для трех факторов поставить 14 опытов. Для сравнения и определения эффективности способа распиловки пиловочных бревен при раскросе бруса параллельно образующей в качестве контрольного был взят брусом-развальный способ раскроса параллельно оси бревна.

Все расчеты производили в табличном редакторе MS Excel. Ширина пропила на первом проходе – 3,6 мм, на втором – 4,0 мм. В каждом опыте было по 6 повторений с разными поставками. Толщина пиломатериалов в поставках: 50, 40, 25 и 19 мм.

*Результаты исследования и их обсуждение*

В результате статистической обработки результатов эксперимента [4] были получены уравнения регрессии для определения объемного выхода пиломатериалов при распиловке бревен предлагаемым способом. Значимость коэффициентов уравнений регрессии определяли по критерию Стьюдента [4]. После отбрасывания незначимых коэффициентов уравнения в условных переменных стали выглядеть следующим образом:

распиловка бруса параллельно образующей с получением укороченных и клиновидных пиломатериалов

$$y_1 = 61,37 + 0,277x_1 - 0,354x_2 + 0,476x_3 + 1,017x_1^2 - 0,288x_1x_2 - 0,329x_2x_3 - 0,928x_1x_3;$$

$$y_2 = 63,10 + 0,524x_1 - 0,189x_2 + 0,770x_3 + 0,735x_1^2 + 0,440x_3^2 - 0,362x_1x_2 - 0,389x_2x_3 - 1,370x_1x_3;$$

распиловка бревна брусом-развальным способом

$$y_3 = 58,805 + 1,400x_1 - 1,001x_2 - 2,260x_3 + 1,063x_3^2 - 0,428x_1x_3.$$

Адекватность этих уравнений регрессии проверяли по критерию Фишера. Все уравнения оказались адекватными при уровне значимости 0,05. Из полученных уравнений видно, что наиболее значимым фактором во всех случаях является средний сбеги бревна, но если при распиловке бруса параллельно образующей его увеличение оказывает положительное влияние на объемный выход пиломатериалов, то при распиловке параллельно оси – отрицательное. Наименее значимым фактором при распиловке бруса параллельно боковой поверхности с получением укороченных пиломатериалов оказался диаметр пиловочного бревна, с получением клиновидных заготовок – его длина.

После преобразований в натуральные переменные уравнения регрессии для определения объемного выхода пиломатериалов ( $P$ ) имеют следующий вид:

распиловка бруса параллельно образующей с получением укороченных и клиновидных пиломатериалов

$$P_1 = 94,33 - 3,15d + 2,64l + 10,60s + 0,064d^2 - 0,072dl - 0,366ls - 0,258ds;$$

$$P_2 = 65,56 - 1,63d + 3,53l + 13,09s + 0,046d^2 + 0,548s^2 - 0,090dl - 0,432ls - 0,380ds;$$

распиловка брусом развальным способом

$$P_3 = 54,95 + 0,575d - 1,008l - 3,700s + 1,312s^2 - 0,119ds.$$

С использованием полученных уравнений регрессии были построены графики, отражающие влияние исследуемых факторов на объемный выход пиломатериалов (рис. 2).

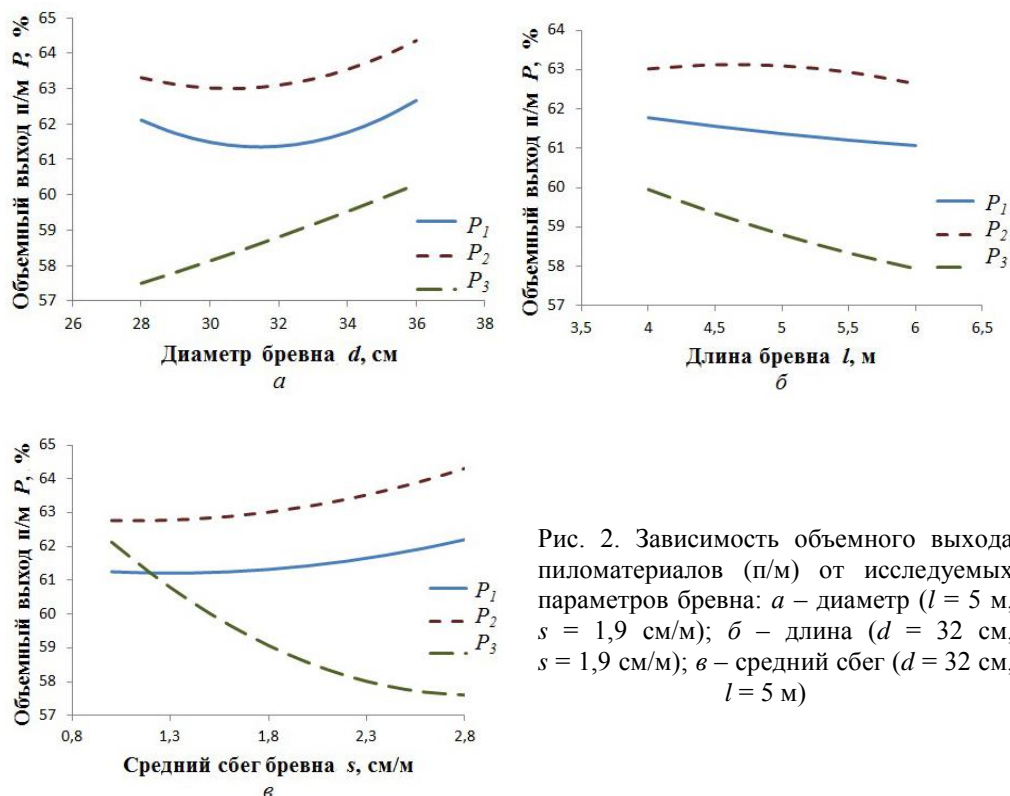


Рис. 2. Зависимость объемного выхода пиломатериалов (п/м) от исследуемых параметров бревна:  $a$  – диаметр ( $l = 5$  м,  $s = 1,9$  см/м);  $b$  – длина ( $d = 32$  см,  $s = 1,9$  см/м);  $v$  – средний сбег ( $d = 32$  см,  $l = 5$  м)

При распиловке бруса параллельно образующей при длине пиловочных бревен 5 м и среднем сбеге 1,9 см/м (рис. 2,  $a$ ) объемный выход пиломатериалов почти не изменяется до диаметра бревна 32 см, далее наблюдается небольшой рост выхода. Причем при получении клиновидных пиломатериалов объемный выход выше примерно на 1 % по сравнению с получением укороченных пиломатериалов. Скорость изменения объемного выхода при распиловке бруса параллельно продольной оси выше, а сами значения объемного выхода пиломатериалов на 2...6 % ниже. Меньшая разница в объемном выходе соответствует большим значениям диаметра бревен.

Характер изменения объемного выхода от длины пиловочных бревен схож для всех способов (рис. 2,  $b$ ). Происходит снижение объемного выхода пиломатериалов при увеличении длины пиловочных бревен, но скорость уменьшения несколько выше при распиловке параллельно оси.

Что касается влияния среднего сбега (рис. 2,  $v$ ), то при малых его значениях (1,0...1,3 см/м) эффективность распиловки брусьев параллельно образу-

ющей небольшая (менее 1 %) и только в случае получения клиновидных пиломатериалов. Но дальше, при увеличении сбега, объемный выход при распиловке бруса параллельно образующей начинает расти в обоих случаях, в то время как при распиловке параллельно продольной оси резко снижается.

Для наглядности совместного влияния двух наиболее значимых факторов на объемный выход пиломатериалов из пиловочных бревен были построены поверхности объемного выхода пиломатериалов (рис. 3). Третий (наименее значимый) фактор во всех случаях фиксировался на среднем уровне.

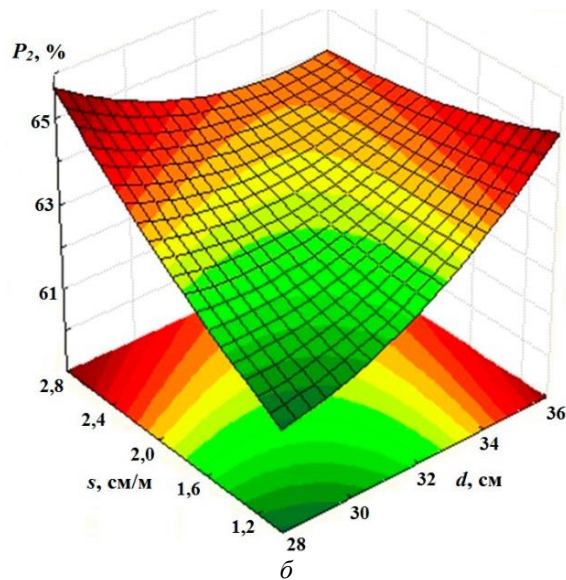
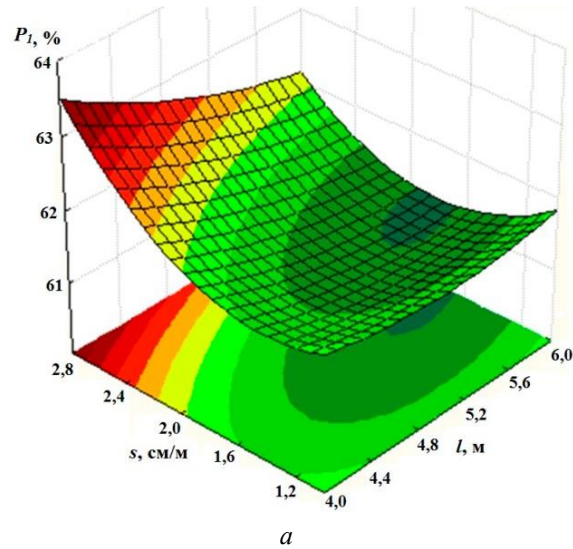


Рис. 3. Поверхности объемного выхода пиломатериалов в зависимости от наиболее значимых факторов при распиловке бруса параллельно образующей: *a* – с получением укороченных пиломатериалов; *б* – клиновидных пиломатериалов

При распиловке бруса параллельно образующей с получением укороченных пиломатериалов из центральной части бруса наибольший объемный выход пиломатериалов ( $P_1$ ) достигается при минимальной длине 4 м и максимальном сбеге 2,8 см/м.

При распиловке бруса параллельно образующей с получением клиновидных заготовок наибольший объемный выход пиломатериалов ( $P_2$ ) наблюдается при минимальном диаметре 28 см и максимальном сбеге 2,8 см/м или при максимальном диаметре 36 см и минимальном сбеге 1,0 см/м.

Распиловка бруса параллельно образующей эффективнее при больших значениях среднего сбega. В основном это характерно для комлевых бревен, которые в периферийной части содержат наиболее ценную (не содержащую сучков и имеющую наибольшую плотность древесины [5, 11–13]). При распиловке пиловочных бревен параллельно продольной оси эта древесина попадает либо в тонкие и укороченные пиломатериалы, либо в горбыли, которые считаются кусковыми отходами лесопильного производства.

Таким образом, применение предлагаемого способа позволит наиболее эффективно использовать ценную древесину заболонной части комлевых пиловочных бревен, которая попадает в обрезные пиломатериалы полной длины. Сердцевинная же часть бруса, которая, кроме заросших сучков, может содержать еще и гниль, будет использована для получения менее ценных укороченных или клиновидных пиломатериалов.

#### *Выводы*

1. Раскрой сильно сбежистых пиловочных бревен эффективнее при распиловке бруса параллельно образующей. Это нужно планировать еще на стадии раскряжевки хлыстов, чтобы из зон с наибольшим средним сбегом получать наиболее короткие бревна.

2. Если планируется получение клиновидных пиломатериалов, то максимального объемного выхода пиломатериалов можно достичь при минимальных значениях среднего сбega (1,0 см/м) и диаметра бревна (32 см) в рассматриваемых диапазонах факторов или при максимальном значении среднего сбega (2,8 см/м) и минимальном значении диаметра бревна (28 см).

3. Применение способа раскроя пиловочных бревен при распиловке бруса параллельно образующей позволяет повысить объемный выход пиломатериалов на 2...6 % по сравнению с распиловкой параллельно оси. Причем объемный выход при получении клиновидных пиломатериалов выше в среднем на 1,5 % по сравнению с укороченными из центральных частей бруса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов П.П. Технология пиломатериалов. М.: Гослесбумиздат, 1963. 578 с.
2. Микрюкова Е.В., Пекменов В.М. Особенности определения выхода пилопродукции при раскрое бруса параллельно образующей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 2-2(7-2). С. 336–340.
3. Пат. 2529169 Российская Федерация, МПК В 27 В 1/00. Способ раскроя бревен / Микрюкова Е.В., Торопов А.С., Разумов Е.Ю., Яналова Н.А., Пекменов В.М. № 2013104479/13; заявл. 01.02.2013; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27.

4. Пижурин А.А., Пижурин А.А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: МГУЛ, 2005. 305 с.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
6. Сидоров И.И. Распиловка двухкантных брусьев параллельно образующей // Лесн. журн. 1975. № 3. С. 76–81. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Уласовец В.Г. Сравнение объемов необрезных досок при различных способах распиловки бревен // Лесн. журн. 2005. № 5. С. 69–74. (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Уласовец В.Г. Сравнительный анализ двух способов распиловки бревен на необрезные пиломатериалы // Деревообаб. пром-сть. 2005. № 1. С. 5–7.
9. Храброва О.Ю. Исследование поперечного коробления пиломатериалов, получаемых при распиловке параллельно образующей и традиционным способом // Изв. СПбЛТА. 2016. Вып. 214. С. 233–246.
10. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Швец В.Л. Анализ влияния качественных характеристик круглых лесоматериалов на выбор бревнопильного оборудования // Изв. СПбЛТА. 2014. Вып. 208. С. 63–72.
11. Heräjärvi H. Variation of Basic Density and Brinell Hardness within Mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* Stems // Wood and Fiber Science. 2004. No. 2. Pp. 216–227.
12. Grekin M., Verkasalo E. Variations in and Models for Brinell Handness of Scots Pine Wood from Finland and Sweden // Baltic Forestry. 2013. Vol. 19, no. 1. Pp. 128–136.
13. Nikulshin S., Semishkur S., Tambi A., Chubinsky A. Strength of Spruce Wood // Internationale Studierenkonferenz “SPRUNGBRETT” / Center for Development and Cooperation CDC, Berner Fachhochschule. Schweiz, Biel, 2015. Vol. 0. Pp. 133–138.

Поступила 15.12.17

UDC 674.09

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.117

#### Study of the Board Output from the Saws when Cant Sawing Parallel to Generatrix

*E.V. Mikryukova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*

*A.S. Toropov, Doctor of Engineering Sciences, Professor*

*V.M. Pekmenov, Graduate Student*

Volga State University of Technology, pl. Lenina, 3, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, 424000, Russian Federation; e-mail: mikryukovaev@volgatech.net

The paper proposes the method of cutting the sawlogs when cant sawing parallel to generatrix. Dull-edged timber is ripped into two parts after cutting, and each of the obtained three-side edged cants is sawn parallel to generatrix. Two methods of sawing are possible: with the production of cut sawn timber from the heart parts of a squared beam or wedge-shaped sawn timber. At the same time not only the volume, but also the quality output of sawn timber increases. With the help of the simulation model for comparison, the authors carry out experimental studies of the lumber yield when sawing parallel to generatrix and parallel to the longitudinal axis of the log. Dependences of the board output from the saws on the diameter, length and average taper are obtained. The ranges of variation of the diameter is from 28 to 36 cm, the length is from 4 to 6 m, the average taper is from 1.0 to 2.8 cm/m. The dependency graphs of the board output from the saws from the investigated factors are constructed. The greatest effect on the lumber yield is provided by

---

*For citation:* Mikryukova E.V., Toropov A.S., Pekmenov V.M. Study of the Board Output from the Saws when Cant Sawing Parallel to Generatrix. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 3, pp. 117–126. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.117



taper. The diameter does not exert a strong influence on the board output from the saws when cant sawing parallel to generatrix in comparison with the sawing parallel to the longitudinal axis of the log; with a diameter greater than 32 cm, the lumber yield increases insignificantly. Compared with sawing parallel to the axis, the board output from the saws when sawing parallel to generatrix is 2...6 % higher. Increasing the length of the log reduces the lumber yield when cant sawing parallel to generatrix and the longitudinal axis. Low values of the average taper (1.0...1.3 cm/m) do not give advantages to both sawing methods. With an increase in the average taper to 2.8 cm/m, the lumber yield when sawing parallel to generatrix increases by 4...6 %. Cant sawing parallel to generatrix to produce wedge-shaped sawn timber in comparison with the production of cut sawn timber from the heart parts of a squared beam increases the board output from the saws by 1.0...1.5 %.

*Keywords:* sawlog, squared beam, sawn timber, method of cutting parallel to generatrix, method of cutting parallel to the longitudinal axis, output of lumber.

#### REFERENCES

1. Aksenov P.P. *Tekhnologiya pilomaterialov* [Lumber Technology]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1963. 578 p. (In Russ.)
2. Mikryukova E.V., Pekmenov V.M. Osobennosti opredeleniya vykhoda piloproductsii pri raskroe brusa parallel'no obrazuyushchey [Features of Determining the Output of Lumber Cutting of Squared Timber in Parallel Generatrix]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual Directions of Scientific Researches of the 21st Century: Theory and Practice], 2014, no. 2-2(7-2), pp. 336–340.
3. Mikryukova E.V., Toropov A.S., Razumov E.Yu., Yanalova N.A., Pekmenov V.M. *Sposob raskroya breven* [Method of Round Timber Cutting]. Patent RF, no. 2529169, 2014.
4. Pizhurin A.A., Pizhurin A.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke* [Fundamentals of Scientific Research in Woodworking]. Moscow, MSFU Publ., 2005. 305 p. (In Russ.)
5. Poluboyarinov O.I. *Plotnost' drevesiny* [Wood Density]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 160 p. (In Russ.)
6. Sidorov I.I. Raspilovka dvukhkantnykh brus'ev parallel'no obrazuyushchey [Cutting of Dull-Edged Timber Parallel to Generatrix]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 1975, no. 3, pp. 76–81.
7. Ulasovets V.G. Sravnenie ob'emov neobreznykh dosok pri razlichnykh sposobakh raspilovki breven [Comparison of Unedged Boards Volumes under Different Methods of Log Sawing]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2005, no. 5, pp. 69–74.
8. Ulasovets V.G. Sravnitel'nyy analiz dvukh sposobov raspilovki breven na neobreznye pilomaterialy [Comparative Analysis of Two Methods of Breaking-Down of Logs into Unedged Lumber]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking Industry], 2005, no. 1, pp. 5–7.
9. Khrabrova O.Yu. Issledovanie poperechnogo korobleniya pilomaterialov, poluchaemykh pri raspilovke parallel'no obrazuyushchey i traditsionnym sposobom [The Study of Transverse Warpage of Lumber Produced when Cutting Parallel to Taper and Traditional Way]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii (Izvestia SPbLTA)* [News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy], 2016, no. 214, pp. 233–246.
10. Chubinskiy A.N., Tambi A.A., Shvets V.L. Analiz vliyaniya kachestvennykh kharakteristik kruglykh lesomaterialov na vybor brevnopil'nogo oborudovaniya [Analysis of Sawlogs Shape Influence on Sawmill Equipment Choice]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii (Izvestia SPbLTA)* [News of the Saint Petersburg State Forest Technical Academy], 2014, no. 208, pp. 63–72.

11. Heräjärvi H. Variation of Basic Density and Brinell Hardness within Mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* Stems. *Wood and Fiber Science*, 2004, no. 2, pp. 216–227.

12. Grekin M., Verkasalo E. Variations in and Models for Brinell Handness of Scots Pine Wood from Finland and Sweden. *Baltic Forestry*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 128–136.

13. Nikulshin S., Semishkur S., Tambi A., Chubinsky A. *Strength of Spruce Wood*. Internationale Studierenkonferenz “SPRUNGBRETT”, Center for Development and Cooperation CDC, Berner Fachhochschule. Schweiz, Biel, 2015, vol. 0, pp. 133–138.

Received on December 15, 2017

---