

ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИХ ТОЛЩИН В ПОСТАВЕ

В. В. Огурцов, Е. В. Каргина, И. С. Матвеева

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: vogurtsov@mail.ru

При проектировании производственных процессов крупных лесопильных предприятий с пакетным обращением пиломатериалов решается задача оптимизации количества толщин досок в поставе. В настоящее время проблема выбора количества толщин в поставе получает новое звучание, поскольку всё более широкое распространение в лесопилении получает бревнопильное оборудование с гибкими поставами, когда для каждого бревна автоматически устанавливается оптимальный постав в соответствии с его формой и размерами. Такая посортиментная оптимизация вновь подталкивает лесопильщиков к увеличению количества толщин в поставе. В данной статье решается задача установления предельного (эталонного) влияния ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов без учёта снижающего влияния случайных характеристик. Установлено, что зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: участок слабой зависимости от «без ограничений» до «не более двух толщин» и участок сильной зависимости от «не более двух толщин» до «не более одной толщины». Ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %. Если можно пренебречь снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмотрения четырёхтолщинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтолщинных поставов. При некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода.

Ключевые слова: бревно, распиловка, постав, объёмный выход, пиломатериал.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 257–261

DEPENDENCE OF THE VOLUME YIELD OF SAWN WORK ON THE NUMBER OF THEIR THICKNESS IN THE SET

V. V. Ogurtsov, E. V. Kargina, I. S. Matveeva

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: vogurtsov@mail.ru

When designing the production processes of large sawmills with batch handling of sawn timber, there is a question of optimizing the number of thicknesses of boards in a set. Currently, the problem of choosing the number of thicknesses in the set is getting a new sound, since log sawing equipment with flexible sets is becoming more widespread in sawmilling, when the optimal set is automatically set for each log in accordance with its shape and size. This sort of assortment optimization is once again pushing sawmills to increase the number of thicknesses in the set. When designing the production processes of large sawmills with batch handling of sawn timber, there is a question of optimizing the number of thicknesses of boards in a set. Currently, the problem of choosing the number of thicknesses in the set is getting a new sound, since log sawing equipment with flexible sets is becoming more widespread in sawmilling, when the optimal set is automatically set for each log in accordance with its shape and size. This sort of assortment optimization is once again pushing sawmills to increase the number of thicknesses in the set. The tightening of restrictions from “no more than 4 thicknesses in the set” to “no more than 3” leads to a decrease in volumetric yield from 0 to 0.2072 %, and – from “no more than 3” to “no more than 2-x” – from 0 to 1.2639 %. The transition to the restriction “no more than 1 thickness” from “no more than 2” causes a very significant decrease in volume output by 3.6760 ... 6.5691 %. If it is possible to neglect the decrease in volume yield to 0.2 %, then four-thickness fittings should be excluded from consideration, and if it is acceptable for reasons of harmonization of the production process to reduce

the yield to 1.3 %, then it is advisable to also refuse three-thickness fittings. With some combinations of log sizes, when switching to small-thickness logs, a jump in volume output losses is observed.

Keywords: log, sorting, sawing, setting, optimization.

ВВЕДЕНИЕ

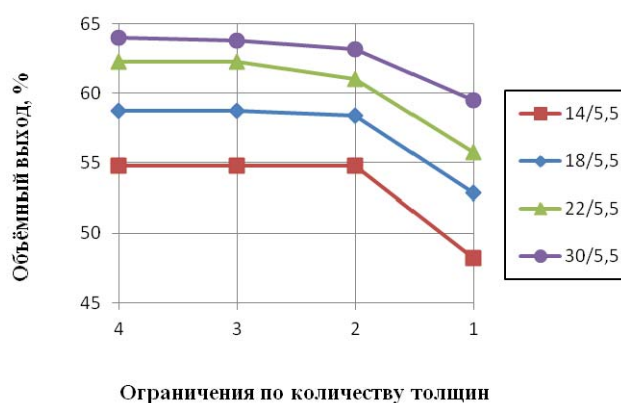
При проектировании производственных процессов крупных лесопильных предприятий с пакетным обращением пиломатериалов всегда [1–5] встаёт вопрос оптимизации количества толщин досок в поставе. С одной стороны, с увеличением количества толщин досок в поставе в соответствии с теорией раскря брёвен увеличивается объёмный выход пиломатериалов, а значит, возрастает выручка предприятия. С другой стороны, с увеличением количества толщин кратно возрастает число сорторазмеров пиломатериалов, а значит, увеличивается количество карманов-накопителей сортировочно-пакетирующего оборудования, растут габариты и металлоёмкость автоматизированных линий, а также объёмы межоперационных запасов между всеми цехами, участками и линиями лесопильного производства. В результате весьма значительно возрастают затраты на производство пиломатериалов. Данная проблема до сих пор теоретически не решена. На практике крупные производители пакетированных пиломатериалов эмпирически пришли к использованию, как правило, двухтолщинных поставов [1; 6; 7]. В настоящее время проблема выбора количества толщин в поставе получает новое звучание, поскольку всё более широкое распространение в лесопилении получает бревнопильное оборудование с гибкими поставами, когда для каждого бревна автоматически устанавливается оптимальный постав в соответствии с его формой и размерами [7; 9–18]. Такая посортиментная оптимизация вновь подталкивает лесопильщиков к увеличению количества толщин в поставе. В результате вновь назревает острая необходимость в решении ранее отложенной проблемы определения предельного количества толщин досок в поставе. Для сопоставления потерь от снижения объёмного выхода пиломатериалов с дивидендами от снижения производственных затрат на их производство необходимо прежде всего знать зависимость выхода пиломатериалов от ограничения по количеству досок в поставе. Опираясь на подобные исследования [1], можно предположить, что на эти зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Поэтому в данной статье решается задача установления предельного (эталонного) влияния ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов без учёта снижающего влияния случайных характеристик. В дальнейших работах авторов будет рассматриваться корректирующее влияние отмеченных вероятностных характеристик брёвен на объёмный выход пиломатериалов.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по максимальному количеству толщин досок в поставе прово-

дятся на брёвнах толщиной и длиной 14 см / 5,5 м, 18 см / 5,5 м, 22 см / 3,0 м, 22 см / 5,5 м, 22 см / 6,5 м, 26 см / 5,5 м, 30 см / 5,5 м. Форма бревна принимается за параболоид вращения, объём бревна определяется с помощью формулы, полученной путём математической обработки таблиц объёмов ГОСТ 2708–75 [1]. Толщины досок (мм): 16, 19, 22, 25, 32, 38, 40, 44, 50, 60, 63. Ширины досок: от 75 мм с градацией 25 мм. Длины досок: от 1,5 м с градацией длины – 0,3 м. Оптимальные поставки определяются методом полного перебора [1; 5]. Например, при «машинной распиловке брёвен» диаметром 26 см количество генерируемых конкурирующих поставов достигает 217150. Имитационные исследования процесса раскря брёвен на пиломатериалов осуществляются с использованием математических и имитационных моделей, описанных в работах [1; 3; 5]. Для установления предельного (эталонного) влияния ограничений по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов блоки генерирования случайных характеристик формы (кривизна, эллиптичность), размеров и базирования брёвен [5] отключаются. Не используются также технологические ограничения по согласованию проходов и минимальной разности толщин досок в поставе. При имитации продольной распиловки брёвен и обрезке боковых досок в компьютерной программе блокируется разделение брёвен на зоны (цилиндрическая и параболическая) и не используется операция искусственного формирования обзола. Так как блоки генерирования случайных характеристик брёвен и процессов их раскря в данных исследованиях не используются, то в машинных экспериментах каждым поставом «распиливается 1 бревно». При этом поочерёдно используется только одно технологическое ограничение из списка: «не более 4 толщин»; «не более 3 толщин»; «не более 2 толщин»; «не более 1 толщины».

Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.



Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в оптимальном поставе

Оптимальные поставки при различных ограничениях по количеству толщин пиломатериалов в поставе

Диаметр/ длина, см/м	Ограничение количества толщин, не более	Оптимальный постав, мм	Объёмный выход, %
14/3,0	4	16*2-75-16*2; 16-32-40-32-16	55,1876
14/3,0	3	16*2-75-16*2; 16-32-40-32-16	55,1876
14/3,0	2	125; 16*2-44-16*2	53,0821
14/3,0	1		
14/5,5	4	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	3	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	2	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	1	125; 16*7	48,2317
14/6,5	4	125; 16-19-50-19-16	53,5404
14/6,5	3	125; 16-19-50-19-16	53,5404
14/6,5	2	125; 16*2-50-16*2	53,1765
14/6,5	1		
18/3,0	4	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	3	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	2	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	1		
18/5,5	4	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,7398
18/5,5	3	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,7398
18/5,5	2	16*2-100-16*2; 16-44*3-16	58,3600
18/5,5	1	16*2-100-16*2; 16*9	52,8577
18/6,5	4	16-19-100-19-16; 16-38-60-38-16	58,2558
18/6,5	3	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,0858
18/6,5	2	16*2-100-16*2; 16-44*3-16	57,8591
18/6,5	1		
22/3,0	4	16-22-125-22-16; 16*2-50-63-50-16*2	63,4168
22/3,0	3	16*3-125-16*3; 16*2-50-63-50-16*2	61,9882
22/3,0	2	19*2-125-19/2; 19*2-50*3-19*2	60,6162
22/3,0	1	16*3-100-16*3; 16*11	52,4297
22/5,5	4	16*2-22-100-22-16*2; 16-60*3-16	62,2512
22/5,5	3	16*2-22-100-22-16*2; 16-60*3-16	62,2512
22/5,5	2	16*3-100-16*3; 16-60*3-16	60,9873
22/5,5	1	22*2-125-22*2; 22*9	55,7554
22/6,5	4	16-19-150-19-16; 16*2-40-63-40-16*2	61,6637
22/6,5	3	16*2-150-16*2; 16*2-40-63-40-16*2	61,6444
22/6,5	2	16*2-150-16*2; 16*2-44*3-16*2	60,2797
22/6,5	1	16*3-100-16*3; 16*11	53,6248
26/3,0	4	19-22-150-22-19; 19-63*3-19	63,8489
26/3,0	3	19-22-150-22-19; 19-63*3-19	63,8489
26/3,0	2	19*2-150-19*2; 19-63*3-19	63,1491
26/3,0	1		
26/5,5	4	19-25-150-25-19; 16*2-63*3-16*2	63,5182
26/5,5	3	16*2-25-150-25-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,5014
26/5,5	2	16*3-150-16*3; 16*2-63*3-16*2	63,4760
26/5,5	1	19*3-150-19*3; 19*13	56,8730
26/6,5	4	16*2-22-150-22-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,1596
26/6,5	3	16*2-22-150-22-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,1596
26/6,5	2	16*3-150-16*3; 16*2-63*3-16*2	62,7547
26/6,5	1		
30/3,0	4	16-19-25-150-25-19-16; 16-25-60-63-60-25-16	64,5061
30/3,0	3	16-22*2-150-22*2-16; 16-22-63*3-22-16	64,1755
30/3,0	2	16*2-40-125-40-16*2; 16*2-40*5-16*2	62,2530
30/3,0	1		
30/5,5	4	16*2-38-150-38-16*2; 16-22*2-63*3-22*2-16	63,9779
30/5,5	3	16*2-38-16*2; 16*2-38-50*3-38-16,2	63,7707
30/5,5	2	16*4-150-16*4; 16*3-63*3-16*3	63,1362
30/5,5	1	25*3-150-25*3; 25*11	59,4602

Окончание таблицы

Диаметр/ длина, см/м	Ограничение количества толщин, не более	Оптимальный постав, мм	Объёмный выход, %
30/6,5	4	16*2-19-40-100-40-19-16*2; 16-38-60-63-60-38-16	63,8233
30/6,5	3	16*3-25-150-25-16*3; 16*2-25-60*3-25-16*2	63,3347
30/6,5	2	16*4-150-16*4; 16*3-63*3-16*3	62,2334
30/6,5	1		

По таблице и рисунку видно, что при всех представленных толщинах брёвен и наиболее распространённой [1] длине 5,5 м. зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: 4-3-2 – участок слабой зависимости и 2-1 – участок сильной зависимости. На первом участке максимально возможные объёмные выходы при ограничениях 4-3-2 соответственно составляют: для брёвен 14/5,5 – 54,8008; 54,8008; 54,8008; для брёвен 18/5,5 – 58,7398; 58,7398; 58,3600; для 22/5,5 – 62,2512; 62,2512; 60,9873; для 30/5,5 – 63,9779; 63,7707; 63,1362. На втором участке: для брёвен 14/5,5 – 54,8008; 48,2317; для 18/5,5 – 58,3600; 52,8577; для 22/5,5 – 60,9873; 55,7554; для 30/5,5 – 63,1362; 59,4602. Таким образом, ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %.

Итак, анализ показывает, что если можно пренебрегать снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмотрения четырёхтолщинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтолщинных поставов. Однако следует иметь в виду, что при некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода. Например, как видно по таблице, для брёвен 22/3 замена четырёхтолщинного оптимального постава на трёхтолщинный оптимальный постав вызывает снижение объёмного выхода на 1,43 %. Для брёвен 14/3 отказ от трёхтолщинного постава обуславливает снижение выхода на 2,1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: 4-3-2 толщины досок в поставе – участок слабой зависимости и 2-1 – участок сильной зависимости.

2. Ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %.

3. Если можно пренебрегать снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмот-

рения четырёхтолщинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтолщинных поставов.

4. При некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода.

5. Можно предположить, что на выявленные зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Тогда они показывают предельное (эталонное) влияние ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов. В дальнейших работах авторов будет рассматриваться корректирующее влияние отмеченных вероятностных характеристик брёвен на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества толщин досок в поставе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

- Огурцов В.В. Теория брусо-развальной распиловки брёвен : монография. Красноярск : СибГТУ, 2011. 230 с.
- Фергин В. Р. Развитие теории раскря пиловочного сырья // Лесн. журн. (Изв. высш. учеб. заведений) 2018. № 4. С. 107–117.
- Каргина Е. В., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 141–145.
- Агапов А. И. Оптимизация раскря пиловочника крупных размеров : монография. Киров : Вятский государственный университет, 2021. 407 с.
- Каргина Е. В., Ридель Л. Н., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Алгоритм имитационных исследований экономической эффективности лесопильных предприятий // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 146–153.
- Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М. : Лесная промышленность, 1975. 208 с.
- Калитевский Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное. СПб. : ПРОФИКС, 2008. 496 с.
- Бегункова Н. О. Применение информационно-математического моделирования для прогнозирования выхода радиальных пиломатериалов при развальном способе раскря бревен. Текст: непосредственный // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 155–159.
- Глебов И. Т. Развитие лесопильного производства в России : учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 180 с.

10. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.

11. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.

12. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12), pp. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.

13. Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9, pp. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.

14. Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2, pp. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.

15. Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3), pp. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.

16. Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products Journal*. 2011. No 61 (3), pp. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

17. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6), pp. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

18. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4, pp. 556–563. ref. 7.

REFERENCES

1. Ogurtsov V. V. Theory of bar-breaking sawing of logs : monograph. Krasnoyarsk : SibGTU, 2011. 230 p.

2. Fergin V. R. Development of the theory of cutting sawlog raw materials // *Lesn. magazine* (News of higher educational institutions) 2018. No. 4. P. 107–117.

3. Kargina E. V., Matveeva I. S., Ogurtsov V. V. Theoretical bases of calculation of stands for sawing logs with shape defects // *Coniferous boreal zone*. 2011. Vol. 28, No. 1-2, pp. 141–145.

4. Agapov A. I. Optimization of sawlog cutting of large sizes : monograph. Kirov : Vyatka State University, 2021. 407 p.

5. Kargina E. V., Ridell L. N., Matveeva I. S., Ogurtsov V. V. Algorithm for simulation studies of the economic efficiency of sawmill enterprises. 2011. Vol. 28, No. 1-2, pp. 146–153.

6. Turushev V. G. Technological foundations of automated production of lumber. M. : Lesnaya promyshlennost', 1975. 208 p.

7. Kaliteevsky R. E. Sawmilling in the XXI century. Technology, equipment, management. Second edition, corrected and enlarged. St. Petersburg : PROFIX, 2008. 496 p.

8. Begunkova N. O. Application of information-mathematical modeling to predict the output of radial lumber in the breakup method of cutting logs. Text: direct // *Systems. Methods. Technologies*. 2022. No. 2 (54), pp. 155–159.

9. Glebov I. T. The development of sawmill production in Russia: a tutorial. St. Petersburg : Lan, 2022. 180 p.

10. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.

11. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.

12. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12), pp. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.

13. Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9, pp. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.

14. Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2, pp. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.

15. Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3), pp. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.

16. Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products Journal*. 2011. No 61 (3), pp. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

17. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6), pp. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

18. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4, pp. 556–563. ref. 7.

© Огурцов В. В., Каргина Е. В.,
Матвеева И. С., 2023