

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ И ДЛИНЫ БРЕВНА НА 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

Данная работа посвящена продолжению исследований авторов по установлению закономерностей влияния количества толщин досок в поставе на их объёмный выход. Результаты этих исследований представлены в данном журнале в статье «Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе». Для детализации обнаруженных не явных зависимостей определялись величины снижения объёмного выхода пиломатериалов в оптимальных поставках для различных диаметров и длин брёвен. Установлено, что при распиловке, например, брёвен диаметром 22 см. и длиной 3,0 м. ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» при оптимизации поставки приводит к снижению объёмного выхода на 1,43 %. Дальнейшее ужесточение до «не более 2-х толщин» приводит к снижению объёмного выхода на 1,37 %. Анализ полученных результатов показывает, что изменение объёмного выхода пиломатериалов при изменении диаметра и длины брёвен носит колебательный характер из-за непрерывности размеров бревна и дискретности размеров «вписываемых в бревно пиломатериалов». Для ослабления мешающего эффекта колебательности при определении влияния диаметра и длины бревна на величину снижения объёмного выхода пиломатериалов в следствие малотолщинности поставок расширили диапазоны сравниваемых диаметров и длин брёвен и перешли к средним значениям. Установили, что среднее снижение объёмного выхода для оптимальных поставок и диаметров 14 и 30 см. составляет соответственно 0,82 и 1,56 %, а для длин брёвен 3,0 и 6,5 м. – 1,57 и 0,83 %. Для поставок близких к оптимальным снижение составляет 1,3; 1,83 и 2,41; 1,24 %. Таким образом, ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе.

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

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 252–256

**INFLUENCE OF THE THICKNESS AND LENGTH OF A LOG ON THE 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

This work is devoted to the continuation of the research of the authors to establish patterns of influence of the number of thicknesses of boards in the set on their volume output. The results of these studies are presented in this journal in the article "Dependence of the volumetric yield of lumber on the number of their thicknesses in the set". To refine the revealed implicit dependencies, the values of the decrease in the volumetric yield of sawn timber in optimal sets for various diameters and lengths of logs were determined. It has been established that when sawing, for example, logs with a diameter of 22 cm and a length of 3.0 m, the tightening of restrictions from "no more than 4 thicknesses in the set" to "no more than 3" when optimizing the set leads to a decrease in volume output by 1.43 %. Further tightening to "no more than 2 thicknesses" leads to a decrease in volumetric yield by 1.37 %. The analysis of the obtained results shows that the change in the volumetric yield of sawn timber with a change in the diameter and length of the logs is oscillatory due to the continuity of the log dimensions and the discreteness of the dimensions of "lumber fit into the log". To reduce the interfering effect of fluctuations in determining the influence of the diameter and length of a log on the magnitude of the decrease in the volumetric yield of lumber due to the small thickness of the posts, we expanded the ranges of compared diameters and lengths of logs and switched to average values. It was found that the average decrease in volume output for optimal sets and diameters of 14 and 30 cm is 0.82 and 1.56 %, respectively, and for log lengths of 3.0 and 6.5 m – 1.57 and 0.83 %. For deliveries close to optimal, the reduction

is 1.3; 1.83 and 2.41; 1.24 %. Thus, tightening the limit on the number of thicknesses of boards in a set leads to a decrease in the volume yield of sawn timber by a value that depends on the diameter and length of the log: the larger the diameter and the shorter the length, the more the volume yield depends on the number of thicknesses of boards in the set.

Keywords: log, sawing, setting, volume output, lumber.

ВВЕДЕНИЕ

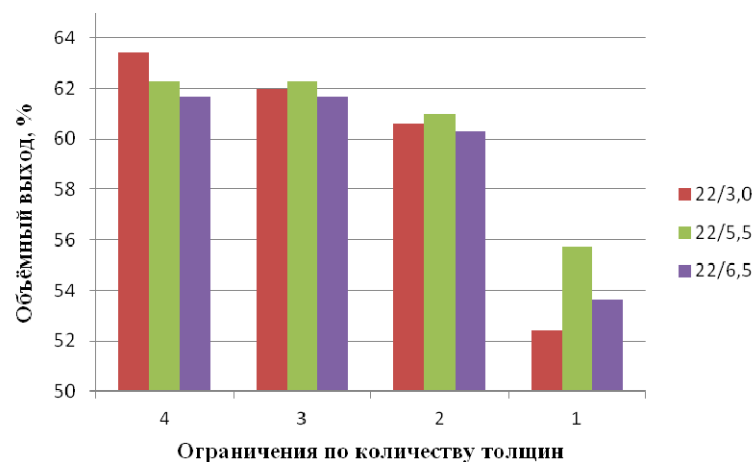
В настоящее время на лесопильных предприятиях с массовой крупно-поточной технологией бревно-пильное оборудование с посортиментной оптимизацией (с гибкими поставками) практически повсеместно вытесняет оборудование с жёсткими поставками. Генерирование оптимального поставка для каждого бревна с учётом его особенностей формы и размеров позволяет существенно повышать объёмный выход пиломатериалов [1; 5]. Однако использовать потенциал гибких поставок с оптимизацией по критерию объёмного выхода пиломатериалов на крупных предприятиях практически невозможно из-за технологических ограничений, основное из которых – количество толщин досок в поставе. Нужна оптимизация не в рамках лесопильного цеха, а в рамках всего производственного процесса, поскольку эффективность следующих за лесопильным цехом сортировочно-пакетирующих операций в решающей степени зависит от количества толщин досок в поставе [4–13]. Для глобальной оптимизации поставок необходимо, прежде всего, знать зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества толщин досок в поставе. Поэтому в статье авторов «Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе», опубликованной в данном журнале, исследуется влияние числа толщин на объёмный выход пиломатериалов. Установлено, что ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода до 0,2 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – до 1,3 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,68...6,57 %. При этом замечено, что на полученные результаты оказывает влияние толщина и длина бревна. Причём, влияние существенное, но его характер не определяется из проведённых исследований. Данная работа является продол-

жение указанной выше статьи и посвящается детализации влияния толщины и длины бревна на зависимости объёмного выхода от количества досок в поставе.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование влияния толщины и длины бревна на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по максимальному количеству толщин досок в поставе проводятся 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. Основные методические положения описаны в работе авторов, опубликованной в данном журнале. Имитационные исследования процесса раскроя брёвен на пиломатериалы осуществляются с использованием математических и имитационных моделей, представленных в работах авторов [1-3]. Для детализации обнаруженных не явных зависимостей определяются величины снижения объёмного выхода пиломатериалов в оптимальных поставках для различных диаметров и длин брёвен. Результаты представлены на рисунке и в табл. 1.

По рисунку видно, что длина бревна оказывает некоторое влияние на степень зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по количеству толщин досок в поставе. Переход от четырёхтолщинных поставок на двухтолщинные для брёвен толщиной 22 см. и длиной 3; 5,5; 6,5 м. снижает объёмный выход пиломатериалов соответственно на 2,8 %; 1,26 %; 1,38 %. То есть, характер зависимостей при шаге длин 1...1,5 м явно не определяется. Можно уверенно говорить лишь о некой тенденции увеличения степени влияния количества толщин в ограничении математической модели оптимизационной задачи на объёмный выход пиломатериалов из короткомерных брёвен.



Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе при различных длинах брёвен

В табл. 1 элемент, например, 1,43 означает, что при распиловке брёвен диаметром 22 см. и длиной 3,0 м. ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» (вариант 4-3) при оптимизации поставка приводит к снижению объёмного выхода на 1,43 %. Дальнейшее ужесточение до «не более 2-х толщин» (вариант 3-2) приводит к снижению объёмного выхода на 1,37 %.

Анализ табл. 2 показывает, что изменение объёмного выхода пиломатериалов при изменении диаметра и длины брёвен носит колебательный характер. Дело в том, что известные зависимости объёмного выхода пиломатериалов от диаметра и длины бревна также имеют колебательную составляющую из-за непрерывности размеров бревна и дискретности размеров «вписываемых в бревно пиломатериалов». Так, если, например, для диаметра бревна № 1 определён оптимальный постав, а у бревна № 2 диаметр несколько больше, но не настолько, что бы «получилась» дополнительная доска, то объёмный выход снижается, так как объём бревна увеличивается, а объём досок не меняется. При дальнейшем увеличении диаметра наступает момент, когда «в бревно уже вписывается дополнительная доска» и возникает скачок объёмного выхода пиломатериалов, который перекрывает предшествующее его снижение. При дальнейшем увеличении диаметра бревна процесс повторяется. А, если объёмный выход имеет колебательную составляющую, то и изменение объёмного выхода должно иметь такую составляющую. Для ослабления мешающего эффекта колебательности при определении влияния диаметра бревна на величину снижения объёмного выхода пиломатериалов в следствие малотолщинности поставов суммируются столбцы для диаметра 14 и 30 см. и определяются средние значения. То есть, увеличивается шаг диаметров и сглаживается колебательность результатов. Получаем: 0,82 и 1,56 %. Для определения влияния длины бревна суммируются строки 3,0 и 6,5 и

находятся средние значения. Получаем: 1,57 и 0,83 %. Таким образом, анализ показывает, что ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе. Эта закономерность весьма ожидаема, поскольку объёмный выход также возрастает с увеличением диаметра и уменьшением длины бревна. Следует всегда иметь в виду, что эти зависимости носят некий «пилообразный характер», не позволяющий «разглядеть» объективные закономерности на коротком диапазоне длин и толщин брёвен.

В связи с организационно-технологическими причинами и контрактными обязательствами производителям пиломатериалов приходится отказываться от поставов, оптимизированных по критерию максимизации объёмного выхода пиломатериалов. Поэтому, исследования, представленные в табл. 1, повторяются с использованием вместо оптимальных поставов пяти лучших поставов для каждой размерной группы брёвен. Результаты представлены в табл. 2.

Для ослабления описанного выше мешающего эффекта колебательности суммируются столбцы для диаметра 14 и 30 см и определяются средние значения. Получаем: 1,3 и 1,83 %. Для определения влияния длины бревна суммируются строки 3,0 и 6,5 м и находятся средние значения. Получаем: 2,41 и 1,24 %. Видим, что, чем толще и короче бревно, тем значительнее влияние количества толщин досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов. То есть, закономерности, выявленные выше для оптимальных поставов, сохраняют свою силу и для поставов, близких к оптимальным. Таким образом, толщина и длина бревна может усиливать или ослаблять зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе в среднем в 1,5...2 раза.

Таблица 1
Величины снижения объёмного выхода пиломатериалов при изменении ограничения по количеству толщин пиломатериалов в оптимальном поставе

Длина бревна, м	Изменение максимального количества толщин	Величина снижения объёмного выхода (%) для диаметра бревна (см)				
		14	18	22	26	30
3,0	4-3	0	0	1,43	0	0,33
	3-2	2,11	0	1,37	0,70	1,92
5,5	4-3	0	0	0	0,02	0,21
	3-2	0	0,38	1,26	0,03	0,63
6,5	4-3	0	0,17	0,02	0	0,49
	3-2	0,36	0,23	1,36	0,40	1,10

Таблица 2
Величины среднего (из пяти лучших поставов) снижения объёмного выхода пиломатериалов при изменении ограничения по количеству толщин пиломатериалов в поставе

Длина бревна, м	Изменение максимального количества толщин	Величина снижения объёмного выхода (%) для диаметра бревна (см)				
		14	18	22	26	30
3,0	4-3	0,42	0,03	1,08	0,28	0,64
	3-2	2,12	2,73	1,66	1,33	1,76
5,5	4-3	0	0,1	0,1	0,15	0,36
	3-2	0,97	0,99	1,81	1,19	0,95
6,5	4-3	0	0,1	0,08	0,08	0,64
	3-2	0,49	1,05	1,48	1,13	1,13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе.

2. Закономерности, выявленные для оптимальных поставов, сохраняют свою силу и для поставов, близких к оптимальным.

3. Изменение толщины и длины бревна может усиливать или ослаблять зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе в среднем в 1,5...2 раза.

4. Результаты аналогичных исследований позволяют предположить, что на выявленные зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Поэтому полученные результаты, представленные в двух статьях данного журнала, показывают предельное 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Огурцов В. В. Теория брусо-развальной распиловки брёвен : монография. Красноярск : СибГТУ, 2011. 230 с.
- 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.
- 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.
- Калитеевский Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное. СПб. : ПРОФИКС, 2008. 496 с.
- Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9. P. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.
- 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. P. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.
- Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawed Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3). P. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.

9. 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). P. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

10. 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). P. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

11. 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. P. 556–563. ref. 7.

12. Petutschnigg A. J., Katz H. A loglinear model to predict lumber quality depending on quality parameters of logs // *Holz als Roh – und Werkstoff*. 2005. Vol. 63. P. 112–111. DOI: 10.1007/s00107-004-0537-3.

13. Blatner K. A., Keegan III C. E., Daniels J. M., Morgan T. A. Trends in Lumber Processing in the Western United States. Part III: Residue Recovered versus Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2012. No 62 (6). P. 429–433. DOI: 10.13073/FPJ-D-12-00024.1.

REFERENCES

- Ogurtsov V. V. Theory of bar-breaking sawing of logs : monograph. Krasnoyarsk : SibGTU, 2011. 230 p.
- 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.
- 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.
- Turushev VG Technological foundations of automated production of lumber. M. : Lesnaya promyshlennost', 1975. 208 p.
- Kaliteevsky R. E. Sawmilling in the XXI century. Technology, equipment, management. Second edition, corrected and enlarged. St. Petersburg : PROFIX, 2008. 496 p.
- 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.
- 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.
- Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawed Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3). P. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.
- 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). P. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

10. 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). P. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

11. 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.

12. Petutschnigg A. J., Katz H. A loglinear model to predict lumber quality depending on quality parameters of logs // *Holz als Roh – und Werkstoff*. 2005. Vol. 63, pp. 112–111. DOI: 10.1007/s00107-004-0537-3.

13. Blatner K. A., Keegan III C. E., Daniels J. M., Morgan T. A. Trends in Lumber Processing in the Western United States. Part III: Residue Recovered versus Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2012. No 62 (6), pp. 429–433. DOI: 10.13073/FPJ-D-12-00024.1.

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

Поступила в редакцию 20.01.2023
Принята к печати 10.05.2023