

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691.113
ББК 38.35

Каптелкин Александр Александрович, аспирант,
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал),
г. Мытищи

e-mail: kaptelkin94@mail.ru

Куликова Надежда Владимировна, канд. техн. наук, доцент,
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал),
г. Мытищи

e-mail: stelons@mail.ru

Новоселов Никита Александрович, студент 2 курса магистратуры,
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал),
г. Мытищи

e-mail: nikitahome02009@outlook.com

Рыкунин Станислав Николаевич, д-р техн. наук, профессор
Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал),
г. Мытищи

e-mail: rikunin@mgul.ac.ru

ПЕРЕРАБОТКА ТОНКОМЕРНЫХ БЕРЕЗОВЫХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ
В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО СПРОСА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЩЕПУ

Аннотация: В статье анализируется возможность использования тонких круглых лесоматериалов в деревянном домостроении и для малых архитектурных форм.

Ключевые слова: тонкие круглые лесоматериалы, объемный выход, сортировка лесоматериалов, оцилиндрованное бревно.

Kaptelkin Aleksandr Aleksandrovich, postgraduate,
Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)
e-mail: kaptelkin94@mail.ru

Kulikova Nadezhda Vladimirovna, candidate of technical Sciences, Associate Professor,
Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)
e-mail: stelons@mail.ru

Novoselov Nikita Aleksandrovich, student of the second postgraduate course,
Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)
e-mail: nikitahome02009@outlook.com

Rykunin Stanislav Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor
Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch)
e-mail: rikunin@mgul.ac.ru

PROCESSING OF THIN-SIZED BIRCH ROUNDWOOD UNDER CONDITIONS
OF LIMITED DEMAND FOR CHIPS

Abstract: The article analyzes the possibility of using thin round timber in wooden housing construction and for small architectural forms.

Keywords: thin roundwood, volume output, log, wood sorting, log reducing.

Около половины заготавливаемой в Российской Федерации древесины перерабатывается на пиломатериалы. В процессе производства пиломатериалов получают также технологическая щепа. Ее доля может достигать до 38% от объема перерабатываемых круглых лесоматериалов. На лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях с объемом производства менее 10000 м³ в год, круглые лесоматериалы перед распиловкой не подвергаются окорке, и качество щепы поэтому невысокое.

Удаленность лесопильно-деревообрабатывающего предприятия от потребителя щепы делает ее реализацию экономически невыгодной. При использовании щепы для получения тепловой энергии, для технологических нужд и отопления остается 40...60% от первоначального ее объема. Кроме этого, если лесопильно-деревообрабатывающее предприятие берет в аренду лесные участки, еще остается тонкомерная и низкокачественная древесина на лесосеке, которая должна быть вывезена из леса.

Предложение технологической щепы на рынке превышает спрос. Цена на складе лесопильно-деревообрабатывающего предприятия технологической щепы, производимой в лесопильном цехе из неокоренной древесины, составляет около 250 рублей за 1 м³, что значительно меньше затрат на ее производство.

Наращивание объемов переработки технологической щепы требует значительных инвестиций. Так, при производстве древесно-стружечных плит для создания одного рабочего места требуется инвестиций не менее 1 млн. евро. При этом, для создания одного рабочего места в современном деревообрабатывающем производстве требуется около 200 тыс. евро. На малых предприятиях деревообработки объем инвестиций может быть существенно меньше [1].

Исходя из вышеизложенного предлагается использовать тонкомерные круглые лесоматериалы диаметром 6...13 см для производства заготовок на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Такая практика имеется для круглых лесоматериалов диаметром 11...13 см. Это происходит в случае, если существующее предприятие не удастся обеспечить круглыми лесоматериалами диаметром от 14 см и выше.

При производстве пиломатериалов из тонких круглых лесоматериалов невозможно получить пиломатериалы из параболической зоны в соответствии с действующими ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры» [2; 3]. Пифагорическую зону также нельзя использовать полностью.

Например, имеются круглые лесоматериалы диаметром 10 см. Можно вписать двухкантный брус толщиной 0.7d, но не будет обеспечена минимальная ширина пиломатериалов 75 мм. Кроме этого, необходимо, чтобы ширина пласти бруса была на 20 мм шире для получения обрезных пиломатериалов без обзола.

Распиловка тонких круглых лесоматериалов вразвал приведет к резкому увеличению отходов в обзолные рейки [4].

Коэффициент отходов в обзолные рейки может быть рассчитан по формуле 1:

$$K_{обз} = F_T / F_H \quad (1)$$

где

$K_{обз}$ – коэффициент использования необрезных пиломатериалов, учитывающий отходы в обзолную рейку;

F_T – площадь поперечного сечения обрезной доски трапециевидального вида по пласти на середине длины;

F_H – площадь поперечного сечения необрезной доски на середине длины.

Определять F_T и F_H следует в зависимости от расположения доски в поставе (рис. 1).

$$F_T = (a_2 - a_1)(b_1 + b_2)/2 \quad (2.10)$$

где

a_1 – расстояние от оси до внутренней пласти доски;

a_2 – расстояние от оси до наружной пласти доски;

b_1 – ширина внутренней пласти доски;

b_2 – ширина наружной пласти доски;

r – радиус бревна.

Пусть $b_1/2 = y_1$; $b_2/2 = y_2$;

$$F_H = S_{BCDE} + 2S_{ABC} + 2S_{AB\text{сегмент}} \quad (2.11)$$

$$S_{BCDE} = 2y_2(a_2 - a_1) \quad (2.12)$$

$$2S_{ABC} = (a_2 - a_1)(y_1 - y_2) \quad (2.13)$$

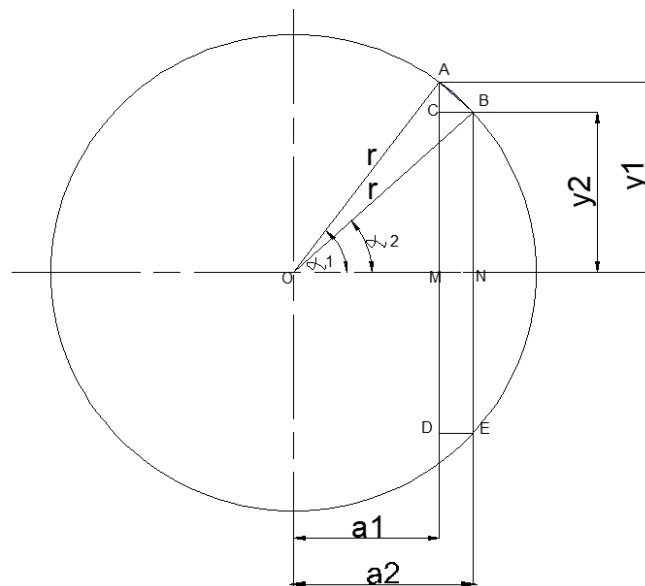


Рис. 1. Схема расчёта $K_{обз}$

$$2S_{AB\text{сегмент}} = r^2(\pi(\alpha_1 - \alpha_2)/180^\circ - \sin(\alpha_1 - \alpha_2)) = r^2((\alpha_1 - \alpha_2) - \sin(\alpha_1 - \alpha_2)) \quad (2.14)$$

$$\cos \alpha_1 = a_1/r; \rightarrow \alpha_1 = \arccos(a_1/r);$$

$$\cos \alpha_2 = a_2/r; \rightarrow \alpha_2 = \arccos(a_2/r);$$

$$2S_{AB\text{сегмент}} = r^2[(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r)) - \sin(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r))]; \quad (2.15)$$

$$F_n = 2y_2(a_2 - a_1) + (a_2 - a_1)(y_1 - y_2) + r^2[(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r)) - \sin(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r))] \\ F_n = (y_1 + y_2)(a_2 - a_1) + r^2[(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r)) - \sin(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r))]; \quad (2.16)$$

Если принять, $y_1 = \sqrt{r^2 - a_1^2}$ и $y_2 = \sqrt{r^2 - a_2^2}$, то можно вывести зависимость $K_{обз}$ от удалённости доски от пласти и радиуса бревна на середине длины доски

$$F_n = (\sqrt{r^2 - a_1^2} + \sqrt{r^2 - a_2^2})(a_2 - a_1) + r^2[(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r)) - \sin(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r))] \quad (2.17)$$

$$K_{обз} = F_n / F_n = (\sqrt{r^2 - a_1^2} + \sqrt{r^2 - a_2^2})(a_2 - a_1) / [(\sqrt{r^2 - a_1^2} + \sqrt{r^2 - a_2^2})(a_2 - a_1) + r^2[(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r)) - \sin(\arccos(a_1/r) - \arccos(a_2/r))]] \quad (2.18)$$

Вместо получения двухкантного или четырехкантного бруса из тонкомерных круглых лесоматериалов предлагается вырабатывать заготовки цилиндрической формы.

В качестве примера далее рассматривается получение заготовок цилиндрической формы из березовых круглых лесоматериалов диаметром $d = 6 \dots 13$ см, длиной 3 м, со сбегом S в диапазоне от 0,2 см/м до 0,8 см/м. Припуски на обработку круглых лесоматериалов для получения цилиндра принимались равными 10 мм, 15 мм, 20 мм.

Для определения объемного выхода заготовок цилиндрической формы использовались методы компьютерного имитационного моделирования. Припуски на усушку принимались для влажности заготовок 20%.

Круглые лесоматериалы сортировались по диаметрам на следующие группы:

— с градацией 1 см: 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12 см.

— с градацией 2 см: 6; 8; 10; 12 см.

Указан минимальный диаметр круглых лесоматериалов в группе.

Расчет диаметра цилиндра выполняется по минимальному диаметру в группе. При расчете объемного выхода принималось, что в группе круглые лесоматериалы по диаметрам имеют равномерное распределение [5].

Полученные результаты сведены в таблицы 1-6.

Таблица 1. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 1 см и припуском на обработку 10 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м ³	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
6,5	0,005891	54,07%	49,59%	45,65%	42,17%
7,5	0,008482	59,17%	54,87%	51,02%	47,56%
8,5	0,011545	63,27%	59,17%	55,45%	52,08%
9,5	0,015080	66,64%	62,74%	59,17%	55,90%
10,5	0,019085	69,44%	65,74%	62,33%	59,17%
11,5	0,023562	71,82%	68,30%	65,04%	62,00%
12,5	0,028510	73,85%	70,51%	67,39%	64,47%

Таблица 2. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 1 см и припуском на обработку 15 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м ³	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
6,5	0,004771	43,79%	40,17%	36,98%	34,15%
7,5	0,007128	49,72%	46,11%	42,87%	39,97%
8,5	0,009955	54,56%	51,02%	47,82%	44,90%
9,5	0,013254	58,57%	55,14%	52,01%	49,13%
10,5	0,017024	61,94%	58,64%	55,59%	52,78%
11,5	0,021265	64,82%	61,64%	58,70%	55,96%
12,5	0,025977	67,29%	64,24%	61,40%	58,74%

Таблица 3. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 1 см и припуском на обработку 20 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м3	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
6,5	0,003770	34,60%	31,74%	29,22%	26,99%
7,5	0,005891	41,09%	38,10%	35,43%	33,03%
8,5	0,008482	46,49%	43,47%	40,74%	38,26%
9,5	0,011545	51,02%	48,03%	45,30%	42,80%
10,5	0,015080	54,87%	51,94%	49,25%	46,75%
11,5	0,019085	58,17%	55,32%	52,68%	50,22%
12,5	0,023562	61,04%	58,27%	55,69%	53,28%

Таблица 4. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 2 см и припуском на обработку 10 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м3	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
7	0,005891	46,91%	43,28%	40,06%	37,18%
9	0,011545	56,65%	53,17%	49,99%	47,10%
11	0,019085	63,43%	60,20%	57,20%	54,42%
13	0,028510	68,40%	65,42%	62,63%	60,01%

Таблица 5. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 2 см и припуском на обработку 15 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м3	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
7	0,004771	38,00%	35,06%	32,45%	30,12%
9	0,009955	48,85%	45,84%	43,11%	40,61%
11	0,017024	56,58%	53,69%	51,02%	48,54%
13	0,025977	62,33%	59,61%	57,06%	54,68%

Таблица 6. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов длиной 3 м с градацией при сортировке 2 см и припуском на обработку 20 мм, %

Средний диаметр круглых л/м, см	Объемный выход заготовок цилиндрической формы, м3	Сбег, см/м			
		0,2	0,4	0,6	0,8
7	0,003770	30,02%	27,70%	25,64%	23,80%
9	0,008482	41,62%	39,06%	36,73%	34,60%
11	0,015080	50,12%	47,56%	45,19%	43,00%
13	0,023562	56,53%	54,07%	51,76%	49,59%

Объемный выход заготовок цилиндрической формы относительно бревна изменяется в диапазоне от 23,80% до 73,85%.

Наибольшее влияние на объемный выход оказывает диаметр, припуск на обработку и градация при сортировке круглых лесоматериалов.

Припуск на обработку тонких круглых лесоматериалов зависит от величины их кривизны. Допускаемые величины кривизны не должны превышать определенных параметров в каждой сортировочной группе.

Не все березовые круглые лесоматериалы пригодны для выработки из них заготовок цилиндрической формы. Доля пригодных круглых лесоматериалов зависит от таксационных характеристик насаждения.

Полученные заготовки цилиндрической формы могут быть использованы в деревянном домостроении и в малых архитектурных формах.

Заготовки цилиндрической формы могут подвергаться продольному раскрою. Возможны следующие схемы раскроя:

1. Для производства штакетника, диаметром до 60 мм (рис. 1, А).
2. Для производства деталей обшивочных из древесины с имитацией оцилиндрованного бревна (блок-хаус) (рис. 2, Б).
3. Для получения заготовок и деталей обшивочных из древесины с имитацией оцилиндрованного бревна (блок-хаус) (рис. 3, В). Основание блок-хауса составляет 12,5 мм.

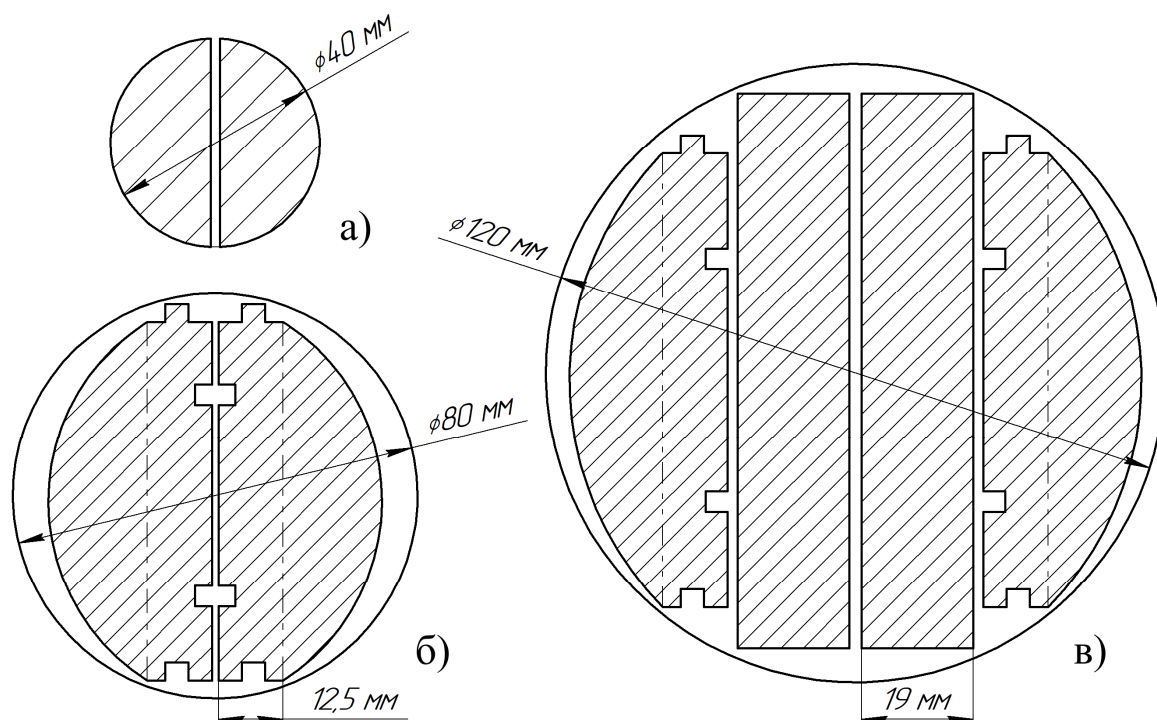


Рис. 2. Схема раскря круглых лесоматериалов для производства штакетника

(а – заготовки для производства штакетника, б – заготовки для производства деталей обшивочных из древесины с имитацией оцилиндрованного бревна, в – заготовки для получения заготовок и деталей обшивочных из древесины с имитацией оцилиндрованного бревна)

Заключение

1. Объемный выход заготовок цилиндрической формы из тонких березовых круглых лесоматериалов изменятся в диапазоне от 34,15% до 81,41%. Это является хорошим показателем, так как объемный выход пиломатериалов из средних и крупных круглых лесоматериалов хвойных пород в современных технологиях составляет 48...52%.
2. Для раскря оцилиндрованных заготовок по схемам, представленным на рис. 2 можно использовать отечественные горизонтальные ленточнопильные станки.
3. Для повышения производительности на столе горизонтального ленточнопильного станка следует размещать несколько заготовок цилиндрической формы. В связи с этим, требуется модернизация устройства базирования заготовок горизонтального ленточнопильного станка.
4. Для массового использования тонких сортиментов цилиндрической формы требуется разработка конструкции изделий с использованием заготовок цилиндрической формы и элементов, получаемых в результате их раскря.
5. Тонкие оцилиндрованные лесоматериалы могут использоваться в малых жилых архитектурных формах.

Литература

1. Рыкунин С.Н., Харитонов Г.К. Особенности технологии производства пиломатериалов для деревянного домостроения на малых предприятиях // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы третьей международной научно-технической конференции / Под ред. В.М. Гедьо. – СПб.: Изд-во СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2018. – С. 222-224.
2. ГОСТ 24454-80 Пиломатериалы хвойных пород. Размеры. – Введ. 01.03.1988. – М.: Стандартинформ, 2007. – 3 с.
3. Рыкунин С.Н., Харитонов Г.К., Кривошёков Н.В. Использование параболической зоны круглых лесоматериалов при производстве пиломатериалов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2017. – № 4. – С. 6-10.
4. Куликова Н.В. Расчёт коэффициента использования необрезной доски // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы третьей международной научно-технической конференции / Под ред. В.М. Гедьо. – СПб.: Изд-во СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2018. – С. 295-298.
5. Пенескин М.В., Рыкунин С.Н. Влияние кривизны круглых лесоматериалов на объёмный и ценностный выход оцилиндрованных брёвен // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы третьей международной научно-технической конференции / Под ред. В.М. Гедьо. – СПб.: Изд-во СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, 2019. – С. 240-242.