



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.02

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.107

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ

В.Р. Фергин, д-р техн. наук, проф. (Россия, г. Мытищи)

e-mail: v.fergin@gmail.com

Теоретически установлено, что при раскросе с брусовкой оптимальный диаметр бревна зависит не только от заданной толщины бруса, но и от геометрических параметров бревна: длины и среднего сбега. При этом отношение заданной толщины бруса к оптимальному диаметру бревна отличается от классического, а сечение бруса максимального объема не является квадратным. Для практических расчетов оптимальных диаметров бревен при брусовом способе раскроя получены простые формулы. При раскросе пиловочного сырья с брусовкой толщина бруса соответствует ширине обрезных досок полной длины, которая определяется согласно спецификации производимых на лесопильном предприятии пиломатериалов. Именно для выработки этих толстых досок, получаемых из пропиленной пласти бруса, используется основная часть объема пиловочных бревен. Зона двухкантного бруса, ограниченная величиной пропиленной пласти в верхнем торце, представляет собой четырехкантный брус, из которого и получают обрезные доски полной длины, равной длине бревна. Стремление обеспечить наибольшую эффективность при выпилке таких досок из четырехкантного бруса, вписанного в окружность верхнего торца бревна, очевидно. Тогда коэффициент объемного выхода этого бруса из бревна должен быть максимальным. В статье методами математического анализа решается задача оптимизации диаметра бревен и относительных размеров бруса по толщине и ширине по отношению к оптимальному диаметру бревна, при котором коэффициент объемного выхода четырехкантного бруса достигает максимума.

Ключевые слова: лесопиление, пиловочное сырье, раскрой бревен на пиломатериалы, четырехкантный брус, обрезная доска, раскрой с брусовкой, коэффициент объемного выхода пиломатериалов.

Введение

Теория раскроя пиловочного сырья – это научное направление, которое устанавливает закономерности выхода пилопродукции из бревен с максимальной эффективностью использования древесины [1].

Основоположником этой теории считается математик Х.Л. Фельдман, разработавший в 30-х гг. прошлого столетия системы максимальных поставов. Им впервые определены оптимальные размеры пиломатериалов для основных схем раскроя бревен с брусовкой и в развал по критерию геометриче-

ского выхода досок (отношению суммарной площади их сечений к площади сечения верхнего торца бревна).

В дальнейшем значительный вклад в теорию раскроя был внесен Д.Ф. Шапиро, Г.Г. Титковым, М.Н. Гутерманом, В.А. Залгаллером, Н.А. Батыным, Г.Д. Власовым.

В последние десятилетия теорию раскроя совершенствовали П.П. Аксенов, А.Н. Песоцкий, Р.Е. Калитеевский, В.Ф. Ветшева, В.Г. Турушев, А.А. Пижурин, С.Н. Рыкунин, В.С. Шалаев, М.С. Розенблит, А.М. Копейкин, В.С. Петровский, А.А. Янушкевич, В.Г. Уласовец, А.Е. Алексеев, И.В. Соболев, Д.В. Иванов, А.К. Курицын, Б.И. Кошуняев, Л.В. Алексеева, О.И. Шако и др. Большинство работ этих ученых было посвящено увеличению эффективности раскроя пиловочного сырья, исследованиям качества пиловочного сырья и пиломатериалов.

В настоящей статье представлены разработанные автором теоретические основы повышения коэффициента объемного выхода наиболее ценных досок полной длины (равной длине бревна), для производства которых используется большая часть ресурсов пиловочного сырья.

Цель исследования – получение аналитическими методами для заданных размеров брусьев и досок полной длины соотношений, позволяющих определять оптимальные диаметры бревен при их раскрое с брусовкой.

Объекты и методы исследования

В условиях лесопильного производства при групповом раскрое пиловочного сырья заданным поставом распиливаются бревна одной сортировочной группы в определенном диапазоне их верхних диаметров. При этом параметры поставы постоянны, переменной величиной является диаметр поступающих в распиловку бревен.

При раскрое с брусовкой из бревна выпиливается двухкантный брус, толщина которого равна ширине получаемых из него обычно толстых досок. Зона двухкантного бруса, ограниченная величиной пропиленной пласти в верхнем торце, представляет собой четырехкантный брус, из которого и получают обрезные доски полной длины, равной длине бревна. Очевидно стремление обеспечить наибольшую эффективность при выпилке таких досок из четырехкантного бруса, вписанного в окружность верхнего торца бревна. Тогда коэффициент объемного выхода четырехкантного бруса из бревна будет максимальным [2, 3, 8, 11–13].

При заданной толщине четырехкантного бруса в диапазоне диаметров сортировочной группы бревен его объем растет с возрастанием диаметра бревна из-за увеличения пропиленной пласти в верхнем торце (т. е. ширины бруса), в которую вписываются доски полной длины. Это изменение объема бруса фиксированной толщины с увеличением диаметра бревна происходит по закону, близкому к линейному, тогда как объем бревна растет по квадратичному закону.

Таким образом, при некотором диаметре бревна возможен экстремум коэффициента объемного выхода бруса. Возникает задача оптимизации диаметра бревен и относительных размеров бруса по толщине и ширине по отношению к оптимальному диаметру бревна, при котором коэффициент объемного выхода четырехкантного бруса достигает максимума.

При расчете коэффициента выхода пиломатериалов объем бревна может определяться по сложным формулам, которые представляют его геометрическую модель в виде усеченного параболоида вращения второго порядка [1]. Объем бревна можно также рассчитывать при заданном верхнем диаметре и постоянном среднем сбеге, исходя из простейшей модели в виде усеченного конуса [2–5, 7].

В лесной таксации и практике лесопиления объем бревна определяется как объем эквивалентного цилиндра с поперечным сечением, площадь которого вычисляется по срединному или по концевым сечениям бревна. Формулы для расчета объема бревна имеют следующий вид:

по срединному сечению

$$V_{\text{бр}} = \frac{\pi L}{16} (4d^2 + 4dsL + s^2 L^2); \quad (1)$$

по концевым сечениям

$$V_{\text{бр}} = \frac{\pi L}{8} (2d^2 + 2dsL + s^2 L^2),$$

где L – длина бревна;

d – верхний (вершинный) диаметр бревна;

s – средний сбег бревна, $s = \frac{D-d}{L}$;

D – нижний (комлевой) диаметр бревна.

Примем метод определения объема бревен для усеченного конуса по его срединному сечению (формула (1)), он обеспечивает меньшие ошибки относительно табличных объемов по ГОСТу.

Коэффициент объемного выхода k выпиленного сырого четырехкантного бруса толщиной H и шириной M пропиленной пласти в верхнем торце бревна (шириной бруса)

$$k = \frac{V}{V_{\text{бр}}} = \frac{16MHL}{\pi L(4d^2 + 4dsL + s^2 L^2)}, \quad (2)$$

где V – объем четырехкантного бруса, $V = MHL$.

Известно, что ширина пропиленной пласти бруса в верхнем торце бревна

$$M = \sqrt{d^2 - H^2},$$

тогда функция коэффициента выхода бруса $k = f(d)$ согласно (2) имеет следующий вид:

$$k = \frac{16LH\sqrt{d^2 - H^2}}{\pi L(4d^2 + 4dsL + s^2 L^2)}. \quad (3)$$

Для заданной толщины бруса определим оптимальный диаметр бревна, при котором максимизируется коэффициент объемного выхода бруса. Возьмем первую производную функции коэффициента выхода по диаметру бревна (3) и приравняем ее к нулю:

$$\frac{dk}{dd} = \frac{16H\pi d}{\sqrt{d^2 - H^2}} (4d^2 + 4dsL + s^2 L^2) - 16H\pi\sqrt{d^2 - H^2} (8d + 4sL) \over \pi^2 (4d^2 + 4dsL + s^2 L^2)^2} = 0.$$

После преобразований получим кубическое уравнение

$$-4d^3 + 8dH^2 + 4sLH^2 + ds^2L^2 = 0,$$

или

$$d^3 - H^2(2d + sL) - \frac{1}{4}ds^2L^2 = 0.$$

Отсюда толщина бруса будет связана с оптимальным диаметром бревна соотношением

$$H = \sqrt{\frac{4d^2 - s^2L^2}{4(2d + sL)}} d = \sqrt{\frac{2d^2 - dsL}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{2d^2 - dsL}. \quad (4)$$

Видно, что при $s = 0$ (цилиндрическая модель бревна)

$$H = \frac{1}{2}\sqrt{2d^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}d \approx 0,707d.$$

Здесь отношение толщины выпиленного бруса к оптимальному диаметру цилиндрического бревна равно 0,707, что не противоречит выводам классической теории раскря бревен. При этом сечение бруса – квадрат [1–5, 7].

Если геометрической моделью бревна служит усеченный конус, то при заданном значении толщины бруса оптимальный диаметр бревна уже не связан со сторонами сечения бруса классическими отношениями. Тогда при $s > 0$ согласно выражению (4) для оптимального диаметра бревна $H < 0,707d$. Следовательно, сечение бруса будет прямоугольным [8].

Из формулы (4) очевидно, что ширина бруса не является мнимым числом при неотрицательности подкоренного выражения, т. е. функция определена в области действительных положительных чисел при условии, когда $d \geq \frac{1}{2}sL$.

Первая производная функции $H(d)$:

$$\frac{dH}{dd} = \frac{4d - sL}{4\sqrt{2d^2 - dsL}}. \quad (5)$$

Тогда

$$\lim_{d \rightarrow \frac{1}{2}sL} \frac{dH}{dd} = \infty; \quad \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{dH}{dd} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

(при расчете второго предела производной при $d \rightarrow \infty$ принято $s \rightarrow 0$).

График функции $H(d)$, построенный по формуле (4), соответствует нижней кривой, отражающей характер этой функции на рис. 1.

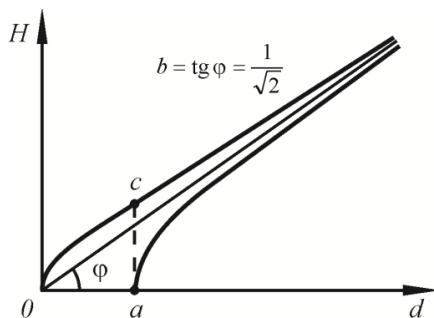


Рис. 1. График функции двойственной толщины бруса $H(d)$

Из полученных пределов производной (5) имеем угловой коэффициент кривой $H(d)$: $b = \operatorname{tg}\varphi = \infty$ при $H = 0$ в т. a с координатой $a = \frac{1}{2}sL$, т. е. в этой точке кривая $H(d)$ перпендикулярна к оси абсцисс. При возрастании диаметра d кривая $H(d)$ асимптотически приближается к прямой с угловым коэффициентом $b = \operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707$ и проходит через начало координат под углом к оси абсцисс, равным примерно 35° . По существу на рис. 1 можно представить семейство кривых, отражающих зависимости толщины бруса от оптимального диаметра бревна $H(d)$, каждая из которых определяется геометрическими параметрами бревна (его длиной и сбегом).

Результаты исследования и их обсуждение

В практике лесопиления при производстве пиломатериалов заданных размеров в первую очередь задается толщина бруса. Она равна ширине досок полной длины, выпиленных из пласти бруса согласно спецификации пиломатериалов.

Из формулы (4) получим выражение для оптимального диаметра бревна при заданной толщине бруса, решая квадратное уравнение

$$2d^2 - dsL - 4H^2 = 0;$$

отсюда

$$d = \frac{sL}{4} + \sqrt{\frac{s^2L^2}{16} + 2H^2}. \quad (6)$$

Оптимальные диаметры бревен, а также оптимальные отношения номинальных размеров бруса к диаметру бревен для различных стандартных толщин бруса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов оптимальных диаметров бревен

№ п/п	Номинальная толщина бруса, мм	Оптимальный диаметр бревна, мм	Оптимальное отношение		Рекомендуемый диапазон диаметров бревен, см	Минимальная ширина пласти бруса, мм
			H/d	$H_{\text{ном}}/d$		
1	75	125	0,620	0,600	13...16	105
2	100	161	0,640	0,620	16...20	122
3	125	198	0,650	0,630	20...23	153
4	150	234	0,660	0,640	23...27	170
5	175	273	0,660	0,641	27...31	201
6	200	310	0,661	0,645	31...35	232
7	225	347	0,665	0,648	35...38	262
8	250	382	0,670	0,654	38...42	280
9	275	423	0,665	0,650	42...46	310
10	300	460	0,667	0,652	46	341

Приняты: длина бревен $L = 6$ м, средний сбег: $s = 1$ см/м (в диапазоне диаметров бревен 14...25 см), $s = 1,2$ см/м (в диапазоне 26...40 см), $s = 1,5$ см/м (при диаметрах свыше 40 см). При расчете оптимальных диаметров бревен

учитывалась усушка по толщине бруса для древесины хвойных пород при транспортной влажности [6, 10].

Из результатов расчетов следует, что оптимальные отношения номинальных размеров сухого бруса к диаметру бревен ($H_{\text{ном}}/d$) для среднемерного сырья (диаметр 14...25 см) составляют 0,60...0,64, для крупномерного сырья (свыше 25 см) – 0,64...0,65.

Доказательством того, что для всех вариантов, указанных в табл. 1, обеспечивается максимум коэффициента объемного выхода бруса, является отрицательность значений вторых производных функции (4).

Для практических расчетов оптимальных диаметров бревен без существенного ущерба для точности может быть рекомендована приближенная линеаризованная формула на основе выражения (6):

$$d = \sqrt{2}H + \frac{1}{4}sL. \quad (7)$$

Подставляя толщину бруса с усушкой (в миллиметрах), длину бревна (в метрах) и его средний сбеги (в сантиметрах на метр), получим простую формулу для практических расчетов оптимальных диаметров бревен (в миллиметрах):

$$d = 2,5sL + 1,414(H_{\text{ном}} + y_H), \quad (8)$$

где y_H – усушка по толщине бруса до транспортной влажности.

Из формулы (7) определим оптимальную толщину бруса:

$$H = \frac{\sqrt{2}}{2}d - \frac{\sqrt{2}}{8}sL. \quad (9)$$

Так как сумма квадратов ширины поставка для досок полной длины и толщины бруса равна квадрату диаметра бревна, то с учетом формулы (4) имеем:

$$M^2 + H^2 = M^2 + \frac{1}{4}(2d^2 - dsL) = d^2.$$

Отсюда получим выражение для ширины поставка при оптимальном диаметре бревна:

$$M = \sqrt{d^2 - \frac{1}{4}(2d^2 - dsL)} = \frac{1}{2}\sqrt{2d^2 + dsL}, \quad (10)$$

а из выражения (10) – приближенные линеаризованные формулы:

$$d = \sqrt{2}M + \frac{1}{4}sL; \quad (11)$$

$$M = \frac{\sqrt{2}}{2}d + \frac{\sqrt{2}}{8}sL. \quad (12)$$

В формулах (9) и (12) первое слагаемое соответствует квадратному сечению бруса, второе – является поправкой, которая прямо пропорциональна длине бревна и его среднему сбеги. При среднем сбеги бревна, равном 0 (цилиндрическое бревно), поправка исключается.

Сопоставление формул (9) и (12) показало, что при оптимальном диаметре бревна разница между размерами четырехкантного бруса по ширине и толщине составляет $\frac{\sqrt{2}}{4}sL$.

Следует заметить, что формула (2) для коэффициента объемного выхода бруса обладает двойственностью. Если развернуть четырехконтный брус на 90° , то ширина пропиленной пласти станет его толщиной, а толщина бруса H будет соответствовать ширине пропиленной пласти M . При этом из четырехконтного бруса будут выпилены более широкие толстые доски, но их будет меньше, чем при более глубоком брус.

Тогда при заданной ширине поставы M для досок полной длины изменятся отношения номинальных размеров бруса к оптимальным диаметрам бревен.

Оптимальные диаметры бревен могут быть найдены по формуле

$$d = \frac{sL}{4} + \sqrt{\frac{s^2 L^2}{16} + 2M^2}, \quad (13)$$

или приближенно:

$$d = \frac{sL}{4} + \sqrt{2}M; \quad M = \frac{\sqrt{2}}{2}d - \frac{\sqrt{2}}{8}sL. \quad (14)$$

Оптимальная двойственная толщина бруса по аналогии с формулой (10) будет определяться следующим образом:

$$H = \sqrt{d^2 - \frac{1}{4}(2d^2 - dsL)} = \frac{1}{2}\sqrt{2d^2 + dsL}. \quad (15)$$

График функции двойственной толщины бруса $H(d)$, построенный по формуле (15), показан на рис. 1 (верхняя кривая), он начинается от 0 и далее с ростом диаметра асимптотически приближается к прямой. Здесь нижняя кривая будет соответствовать ширине более глубокого бруса. Поэтому двойственная толщина бруса не должна быть меньше, чем в т. с (рис. 1), т. е. $H > 0,5sL$. Это условие всегда должно выполняться в расчетах для реальных исходных данных.

Достаточно точные формулы для оптимального диаметра бревен и двойственной толщины бруса будут аналогичны формулам (9) и (10):

$$d = \sqrt{2}H - \frac{sL}{4}; \quad H = \frac{\sqrt{2}}{2}d + \frac{\sqrt{2}}{8}sL. \quad (16)$$

В табл. 2 для двойственной толщины бруса указаны: размеры некоторых толстых досок, выпиливаемых из бруса; рассчитанные оптимальные

Таблица 2

**Результаты расчетов оптимальных диаметров бревен
(для двойственного бруса)**

Постав	Ширина поставы, мм	Оптимальный диаметр бревна, мм	Номинальная толщина бруса, мм	Оптимальное отношение	
				$H_{\text{ном}}/d$	H/d
40-40	86	134	100	0,75	0,77
50-50	107	166	125	0,75	0,77
40-40-40	131	202	150	0,74	0,76
50-40-40	151	234	175	0,75	0,76
60-40-60	173	268	200	0,75	0,76
60-75-60	209	312	225	0,72	0,74
75-75-75	241	342	250	0,73	0,75
60-60-60-60	260	384	275	0,72	0,73
50-50-60-50-50	284	420	300	0,72	0,73

диаметры бревна; подобранные стандартные толщины бруса и отношения толщин бруса к диаметру бревна. Отношения номинальных толщин бруса к оптимальным диаметрам бревен составляют 0,72...0,75, для сырого бруса – 0,73...0,77.

Ниже приведены примеры расчетов для различных толщин бруса [9].

Пример 1. Задана номинальная толщина бруса $H_{\text{ном}} = 125$ мм. Толщина сырого бруса из древесины хвойных пород с учетом усушки и распиловочного припуска $H = 128$ мм. Такой брус может быть выпилен из среднемерного пиловочного сырья. Примем длину бревна $L = 6$ м, средний сбеги $s = 1$ см/м. При вписывании в верхний торец бревна бруса квадратного сечения верхний диаметр бревна составит 181 мм. Согласно расчетам, коэффициент объемного выхода бруса номинальной толщины с квадратным сечением $k = 43,9$ % (объем бревна определялся по формуле (1)).

Оптимальный диаметр бревна вычисляется по формуле (8): $d = 196$ мм.

Для этого диаметра бревна ширина сырого бруса $M = 148$ мм, а коэффициент объемного выхода сухого бруса прямоугольного сечения (при транспортной влажности 20 %) $k = 44,9$ %. При этом отношение номинальной толщины бруса к оптимальному диаметру бревна $H_{\text{ном}}/d = 0,638$.

На рис. 2 показан график зависимости коэффициента объемного выхода сухого бруса от диаметров бревен (градация диаметров через 2 мм). Согласно расчетным данным и графику, при оптимальном диаметре бревна 196 мм коэффициент объемного выхода бруса превышает на 1,0 % коэффициент выхода бруса квадратного сечения при диаметре бревна 182 мм.

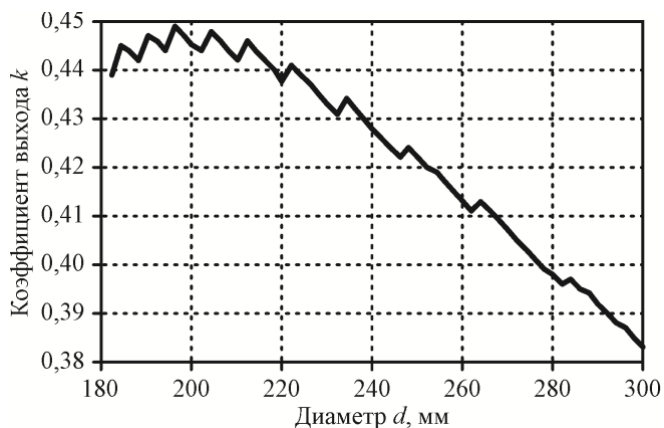


Рис. 2. График зависимости коэффициента объемного выхода сухого бруса от диаметра бревна ($d > 180$ мм)

Толщина двойственного сырого бруса равна 148 мм, а ширина – 128 мм, оптимальный диаметр бревна – 196 мм (по формулам (16)), коэффициент объемного выхода сухого бруса – 44,9 %.

Пример 2. Задана номинальная толщина бруса $H_{\text{ном}} = 250$ мм. Толщина сырого бруса из древесины хвойных пород с учетом припусков $H = 257$ мм. Такой брус может быть выпилен из крупномерного пиловочного сырья, приняты длина бревна $L = 6$ м, средний сбеги $s = 1,2$ см/м. Для бруса квадратного сечения верхний диаметр бревна составит 364 мм.

Коэффициент объемного выхода квадратного бруса номинальной толщины $k = 49,6$ %. Оптимальный диаметр бревна вычисляем по формуле (8): $d = 382$ мм. При этом ширина сырого бруса $M = 282$ мм, а коэффициент объ-

емного выхода сухого бруса прямоугольного сечения $k = 49,9 \%$. Отношение номинальной толщины бруса к оптимальному диаметру бревна – $H_{\text{ном}}/d = 0,655$.

На рис. 3 приведен график зависимости коэффициента объемного выхода сухого бруса от диаметров бревен (градация диаметров через 2 мм).

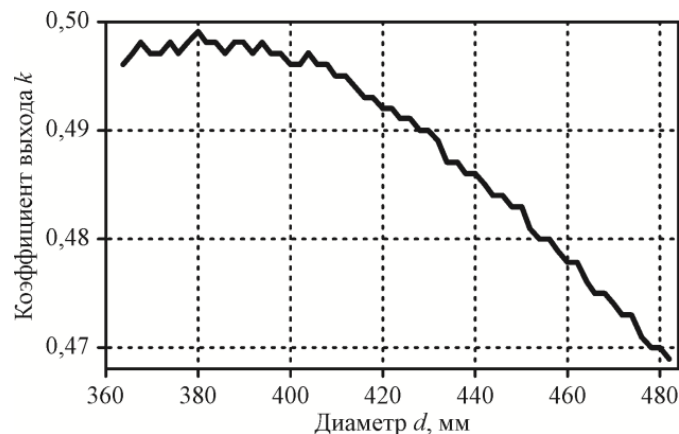


Рис. 3. График зависимости коэффициента объемного выхода сухого бруса от диаметра бревна ($d > 360$ мм)

Согласно расчетным данным и графику, коэффициент объемного выхода бруса при оптимальном диаметре бревна 380 мм превышает на 0,3 % коэффициент выхода бруса квадратного сечения при диаметре бревна 364 мм.

Толщина двойственного сырого бруса равна 282 мм, ширина – 258 мм, оптимальный диаметр бревна – 382 мм, коэффициент объемного выхода сухого бруса – 49,9 %.

Заключение

Исходя из разработанных положений, развивающих отдельные аспекты теории раскря пиловочного сырья, можно сформулировать следующие практические рекомендации по совершенствованию лесопильного производства.

Для обеспечения максимума коэффициента объемного выхода бруса при раскря с брусом минимальный диаметр бревен в сортировочной группе при заданных значениях толщины бруса следует назначать близким к оптимальному диаметру, который рассчитывается по полученным выше формулам. Окончательно минимальный диаметр бревен в сортировочной группе должен уточняться по ширине постава для досок полной длины, вписанных в пласть бруса по его ширине.

Концепция двойственности оптимальной толщины бруса также имеет практическое значение. Например, если по спецификации пиломатериалов необходима выпилка более широких досок полной длины, то следует рекомендовать поставки с брусом двойственной толщины.

Положения, изложенные выше, применимы при раскря пиловочного сырья с брусом на лесопильных рамах, круглопильных и сдвоенных ленточнопильных станках, а также на однопильных ленточнопильных станках при круговом способе раскря бревен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксенов П.П., Макарова Н.С., Прохоров И.К., Тюкина Ю.П.* Технология пиломатериалов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 480 с.
2. *Алексеев А.Е., Алексеева Л.В.* Организация малых лесопильных предприятий: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 732 с.
3. *Калитеевский Р.Е.* Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 480 с.
4. *Рыкунин С.Н., Тюкина Ю.П., Шалаев В.С.* Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств. М.: МГУЛ, 2005. 226 с.
5. *Турушев В.Г., Иванов Д.В.* Технология и оборудование для обработки пиломатериалов и подготовки их к реализации. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 120 с.
6. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение и лесное товароведение. М.: МГУЛ, 2007. 352 с.
7. *Уласовец В.Г.* Технологические основы производства пиломатериалов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 510 с.
8. *Фергин В.Р.* К теории раскроя пиловочного сырья // *Деревообраб. пром-сть*. 2009. № 6. С. 5–8.
9. *Шако О.И.* Модель и программа расчета поставок для раскроя бревен на обрезные пиломатериалы заданных размеров // *Технология и оборудование для переработки древесины: науч. тр. Вып. 326*. М.: МГУЛ, 2005. С. 37–40.
10. *Бльскова Г.* Древесиноведение. София: ЛТУ, 2003. 287 с.
11. *Brown T.D.* Determining Lumber Target Sizes and Monitoring Sawing Accuracy // *Forest Products Journal*. 1979. Vol. 29, no. 4. Pp. 48–54.
12. *Bowyer J.I., Shmulsky R., Haygreen J.G.* Forest Products and Wood Science: an Introduction. USA: Iowa State Press, 2003. 554 p.
13. *Fergin V.R.* Optimization of Sawwood Production by Means of Mathematical Programming // *Scientific Reports from the Agricultural College of Norway*. 1978. Vol. 57, no. 14. 20 p.

Поступила 17.01.18

UDC 674.02

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.107

Development of the Sawing Process Theory

V.R. Fergin, *Doctor of Engineering Sciences, Professor* (Mytishchi, Russian Federation)
e-mail: v.fergin@gmail.com

When slabbing, the optimal diameter of the log depends not only on the given thickness of the beam, but also on the geometric parameters of the log: length and average taper. In this case, the ratio of the specified thickness of the beam to the optimal diameter of the log differs from the classical one, and the cross-section of a beam of a maximum volume is not square. For practical calculations of the optimal log diameters for the beam-cutting method, short formulas are obtained. When cutting saw logs with slabbing, the thickness of the beam corresponds to the width of edging boards of full length, which is determined according to the specification of sawn timber produced at the sawmill. The bulk of the sawlogs is used for the production of these thick boards, obtained from the sawed beam face. The area of a double-edged timber, limited by the size of the sawed face in the upper end, is a four-edged beam, from which the edged boards of the total length equal to the length of the log are pro-

For citation: Fergin V.R. Development of the Sawing Process Theory. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 4, pp. 107–117. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.107

duced. The desire to ensure the greatest efficiency when sawing out such boards of four-edged cant, inscribed in the circumference of the upper end of the log, is obvious. Then the coefficient of the board output from the saws should be maximum. By the methods of mathematical analysis the paper solves the problem of optimizing the diameter of logs and the relative dimensions of the beam in terms of thickness and width relative to the optimal diameter of the log, at which the coefficient of the volume yield of the four-cant timber reaches a maximum.

Keywords: sawmilling, saw logs, sawing process, four-edged cant, edged board, slabbing, relative log-scale factor.

REFERENCES

1. Aksenov P.P., Makarova N.S., Prokhorov I.K., Tyukina Yu.P. *Tekhnologiya pilomaterialov* [Lumber Technology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 480 p. (In Russ.)
2. Alekseev A.E., Alekseeva L.V. *Organizatsiya malykh lesopil'nykh predpriyatiy: monogr.* [Small Sawmills Organization]. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2007. 732 p. (In Russ.)
3. Kaliteevskiy R.E. *Lesopilenie v XXI veke. Tekhnologiya, oborudovanie, menedzhment* [Sawmill in the 21st Century. Technology, Equipment, Management]. Saint Petersburg, PROFI-INFORM Publ., 2005. 480 p. (In Russ.)
4. Rykunin S.N., Tyukina Yu.P., Shalaev V.S. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv* [Technology of Sawmilling and Woodworking Industries]. Moscow, MSFU Publ., 2005. 226 p. (In Russ.)
5. Turushev V.G., Ivanov D.V. *Tekhnologiya i oborudovaniye dlya obrabotki pilomaterialov i podgotovki ikh k realizatsii* [Technology and Equipment for Lumber Processing and Preparing Them for Sales]. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2002. 120 p. (In Russ.)
6. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie* [Wood Science and Forest Commodity Science]. Moscow, MSFU Publ., 2007. 352 p. (In Russ.)
7. Ulasovets V.G. *Tekhnologicheskie osnovy proizvodstva pilomaterialov* [Technological Fundamentals of Lumber Production]. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2002. 510 p. (In Russ.)
8. Fergin V.R. K teorii raskroya pilovochnogo syr'ya [On the Sawing Process Theory]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking Industry], 2009, no. 6, pp. 5–8.
9. Shako O.I. Model' i programma rascheta postavov dlya raskroya breven na obreznyye pilomaterialy zadannykh razmerov [The Model and Program for Sawing Pattern Calculating of Log Cutting for Square Edged Timber of Target Sizes]. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny: nauch. tr. Vyp. 326* [Technology and Equipment for Wood Processing. Issue 326]. Moscow, MSFU Publ., 2005, pp. 37–40. (In Russ.)
10. Bl'skova G. *D''rvesinoznaniye* [Wood Science]. Sofia, LTU Publ., 2003. 287 p.
11. Brown T.D. Determining Lumber Target Sizes and Monitoring Sawing Accuracy. *Forest Products Journal*, 1979, vol. 29, no. 4, pp. 48–54.
12. Bowyer J.I., Shmulsky R., Haygreen J.G. *Forest Products and Wood Science: an Introduction*. USA, Iowa State Press, 2003. 554 p.
13. Fergin V.R. Optimization of Sawwood Production by Means of Mathematical Programming. *Scientific Reports from the Agricultural College of Norway*, 1978, vol. 57, no. 14. 20 p.

Received on January 17, 2018