

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СБЕГА БРЕВЕН
НА ОБЪЕМНЫЙ ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Н. А. БАТИН

Доцент, кандидат технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Коэффициент сбега бревен k , то есть отношение комлевого диаметра (D) к вершинному диаметру (d) оказывает существенное влияние на объемный выход пиломатериалов. В ряде работ указывается на изменение полезного выхода в зависимости от длины распиливаемых бревен, поскольку с изменением длины бревна будет меняться и его коэффициент сбега [1], [2], [3].

Следует отметить, что объем бревен определяется по таблицам ГОСТ 2708-44, составленным для средних значений коэффициента сбега, поэтому действительный объем бревен при повышенном сбеге будет больше табличного (то есть учетного), а при пониженном сбеге — меньше. Это послужило основанием для выводов, которые широко распространены в литературе и практике, что с увеличением сбега увеличивается и процент полезного выхода пиломатериалов. Такой вывод не отражает действительного влияния коэффициента сбега на процент полезного выхода пиломатериалов и не способствует правильному решению вопросов наивыгоднейшего раскроя сырья. Следовательно, выяснение характера и величины изменения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от отношения $\frac{D}{d}$ имеет большое практическое значение.

В настоящей работе мы попытались исследовать этот вопрос и сделать соответствующие выводы.

Полагаем, что бревно распиливается при безопилочном делении на длинномерные, обрзные доски бесконечно малой толщины.

Суммарный объем всех таких досок, получаемых из данного бревна, назовем приведенным объемом этого бревна. Тогда приведенный объем бревна цилиндрической формы (не имеющего сбега) равен действительному объему бревна. А приведенный объем бревна, имеющего сбега и распиливаемого вразвал, определится по формуле:

$$Q_p = 4FL,$$

где L — длина бревна;

F — площадь торцевого сечения (OAa_1a_2N на рис. 1).

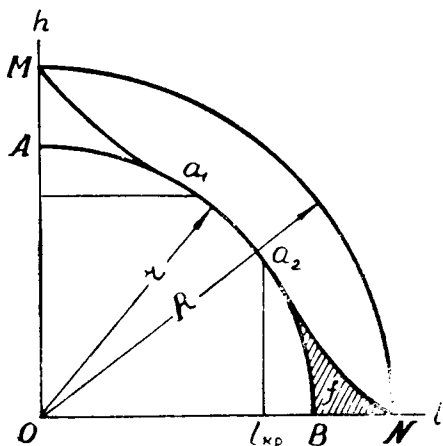


Рис. 1.

Если принять, что форма бревна близка к форме усеченного парабоида вращения, и исходить из теории раскря необрезных досок на длиномерные обрезные доски наибольшего объема, то уравнение кривой Aa_1a_2B запишется в виде $h = \sqrt{r^2 - l^2}$, а уравнение кривой a_2N может быть описано выражением:

$$h = \frac{0,385}{R^2 - r^2} \cdot [\sqrt{R^2 - l^2}]^3,$$

(смысл обозначений, употребляемых в формулах, становится очевидным при рассмотрении рис. 1).

Площадь торцевого сечения определится по формуле:

$$F = \frac{\pi r^2}{4} + f,$$

где f — площадь криволинейного треугольника Ba_2N .

Подставляя значение F в формулу (1) имеем:

$$Q_p = \pi r^2 L + 4fL. \quad (2)$$

Как явствует из формулы (2), Q_p складывается из двух величин: $\pi r^2 L$ и $4fL$, одна из которых ($\pi r^2 L$) есть объем цилиндра, диаметр которого соответствует вершинному диаметру бревна, а вторая ($4fL$) — приведенный объем, дополнительно полученный за счет раскря зоны сбega при распиловке бревен вразвал.

Для нахождения Q_p по формуле (2) необходимо вычислить величину площади криволинейного треугольника Ba_2N . Имея в виду уравнения кривых a_2B и a_2N определим эту площадь, производя интегрирование при соответствующих пределах:

$$f = \frac{0,385}{R^2 - r^2} \cdot \int_{l_{кр}}^R [\sqrt{R^2 - l^2}]^3 dl - \int_{l_{кр}}^r \sqrt{r^2 - l^2} dl.$$

Откуда

$$4f = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,385}{R^2 - r^2} \left[\frac{3\pi}{2} R^4 - l_{кр} (5R^2 - 2l_{кр}^2) \sqrt{R^2 - l_{кр}^2} - 3R \arcsin \frac{l_{кр}}{R} \right] - 2 \left[\frac{\pi}{2} r^2 - l_{кр} \sqrt{r^2 - l_{кр}^2} - r^2 \arcsin \frac{l_{кр}}{r} \right], \quad (3)$$

где $l_{кр}$ — наибольшее (критическое) расстояние от центра торца бревна до внешней пласти досок, не подлежащих укорачиванию, то есть

$$l_{кр} = \sqrt{1,5r^2 - 0,5R^2}.$$

Значения величины $\frac{4f}{r^2}$, подсчитанные по формуле (3) даются в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

$\frac{D}{d}$	$\frac{4f}{r^2}$	γ_d в %	γ_p в %	$\gamma_{бр}$ в %	φ_p в %	$\varphi_{бр}$ в %
1,0	0,0000	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1,1	0,0357	105,0	101,0	102,0	91,5	92,3
1,2	0,1061	122,0	103,3	106,6	84,8	87,4
1,3	0,2042	134,5	106,5	113,0	79,2	84,0
1,4	0,3281	148,0	110,4	120,8	74,6	81,5

При распиловке бревен с брусковой указанная величина приведенного объема, как это видно из рис. 1, удвоится и будет равна

$$Q_{бр} = \pi r^2 L + 8fL. \quad (4)$$

Из этого следует, что распиловка с брусковой бревен со сбегом дает больший объемный выход, чем при распиловке их вразвал.

Исходя из понятия и определения приведенного объема бревна, практически можно принять, что при всех прочих равных условиях, выход пиломатериалов из бревна, отнесенный к его приведенному объему, будет одинаков.

Следовательно, с увеличением отношения

$$\varphi = \frac{Q_{пр}}{Q_d} \quad (5)$$

увеличится и выход пиломатериалов, отнесенный к действительному объему бревна.

В формуле (5) $Q_{пр}$ — приведенный объем бревна, Q_d — действительный объем бревна.

Теперь нетрудно выявить и влияние коэффициента сбега бревна

($= \frac{D}{d}$) на полезный выход пиломатериалов, а именно:

1. Действительный объем бревна, форма которого отождествляется с формулой усеченного параболоида вращения, определяется по формуле:

$$Q_d = \pi \cdot \frac{R^2 + r^2}{2} \cdot L. \quad (6)$$

Отметим, что и действительный объем бревна в свою очередь состоит из двух частей, то есть

$$Q_d = Q_{ц} + Q_{сб},$$

где $Q_{ц} = \pi r^2 L$ — объем цилиндрической части бревна;

$Q_{сб} = \pi \cdot \frac{R^2 - r^2}{2} \cdot L$ — объем зоны сбега бревна.

При этом объем цилиндрической части бревна в процентах от всего действительного объема бревна составит:

$$A_{ц} = \frac{Q_{ц}}{Q_d} \cdot 100 = \frac{200}{k^2 + 1} \%, \quad (7)$$

а объем зоны сбega в процентах от всего действительного объема бревна будет равен

$$A_{сб} = 100 - A_{ц} = 100 \cdot \frac{k^2 - 1}{k^2 + 2} \% . \quad (8)$$

2. Приведенный объем бревен, распиливаемых вразвал (Q_p), определяется по формуле (2), а распиливаемых с брусковкой ($Q_{бр}$) — по формуле (4).

Значение φ , определяемое формулой (5), будет равно:

а) При распиловке бревен вразвал:

$$\varphi_p = \frac{Q_p}{Q_d} \cdot 100 = 2 \cdot \frac{\pi r^2 + 4f}{\pi r^2 + R^2} \cdot 100 \% , \quad (9)$$

б) При распиловке бревен с брусковкой:

$$\varphi_{бр} = \frac{Q_{бр}}{Q_d} \cdot 100 = 2 \cdot \frac{\pi r^2 + 8f}{\pi(r^2 + R^2)} \cdot 100 \% \quad (10)$$

3. Если принять объем цилиндра ($\pi r^2 L$) за 100%, то относительное изменение величин Q_d , Q_p , $Q_{бр}$ определится выражениями:

$$\gamma_d = \frac{Q_d}{\pi r^2 L} \cdot 100 \% , \quad (11)$$

$$\gamma_p = \frac{Q_p}{\pi r^2 L} \cdot 100 \% , \quad (12)$$

$$\gamma_{бр} = \frac{Q_{бр}}{\pi r^2 L} \cdot 100 \% . \quad (13)$$

Все вышеуказанные величины вычислены и их значения даны в табл. 1.

Для того, чтобы иметь лучшее представление о характере изменения γ и φ в зависимости от $\frac{D}{d}$, по формулам (9), (10), (11), (12), (13) построены графики, представленные на рис. 2. Кривая 1 построена по формуле (11), кривая 2 — по формуле (13), кривая 3 — по формуле (12), кривая 4 — по формуле (10), кривая 5 — по формуле (9).

Данные, приводимые в табл. 1, и график (рис. 2) позволяют сделать следующие выводы:

1. С увеличением коэффициента сбega $\left(\frac{D}{d}\right)$ увеличивается как действительный объем бревна, так и приведенный. Однако увеличение действительного объема бревна идет более интенсивно, чем приведенного.

Следовательно значение φ , а соответственно и объемный выход пиломатериалов при распиловке бревен на длинномерные обрезные доски с увеличением коэффициента сбega будет резко уменьшаться. Так, например, объемный выход пиломатериалов из бревен, имеющих коэффициент сбega $k = 1,1; 1,2; 1,3; 1,4$; и распиливаемых вразвал, будет составлять соответственно 91,5%, 84,8%, 79,2%, 74,6% от выхода пиломатериалов из цилиндрических бревен. Правильность закономерности изменения выходов, описываемая кривыми 4 и 5 графика (рис. 2) подтверждается и опытными распиловками, проведенными летом 1956 года на Борисовском лесокombинате.

2. При распиловке бревен с брусковкой обеспечивается лучшее использование зоны сбega бревна, чем при разделке с развалом, и за счет

этого увеличивается приведенный объем бревна, а следовательно, и полезный выход пиломатериалов. Относительное увеличение процента полезного выхода при распиловке бревен с брусковкой в зависимости от коэффициента сбега бревна, в сравнении с распиловкой вразвал, показывает график на рис. 3. (Выход при распиловке бревен вразвал принят за 100%, то есть график на рис. 3 построен нами по формуле $\eta = \frac{Q_{бр}}{Q_p} \cdot 100\%$). Этот график наглядно показывает, что эффективность брусковки возрастает с увеличением отношения $\frac{D}{d}$. При отношении $\frac{D}{d} = 1$ объемный выход при распиловке бревен вразвал и при раскрое с брусковкой теоретически одинаков.

Необходимо отметить, что распиловка бревен с брусковкой, как следует из рис. 1 и настоящих выводов, будет давать больший выход в сравнении с раскроем вразвал за счет использования зоны сбега бревна, если полная ширина постава будет больше $2l_{кр}$.

3. С увеличением коэффициента сбега процент объема цилиндрической кубатуры от всего действительного объема бревна уменьшается, а процент объема зоны сбега увеличивается. Это наглядно показывают подсчитанные по формулам (7) и (8) и приведенные в табл. 2 значения $A_{ц}$ и $A_{сб}$.

4. При распиловке бревен, не имеющих сбега, приведенный объем равен объему распиливаемого бревна, то есть для данного случая приведенный объем составляет от действительного 100%.

При распиловке сбежистых бревен приведенный объем меньше действительного объема распиливаемого бревна и больше объема вписанного цилиндра, диаметр которого равняется вершинному диаметру бревна. Увеличение приведенного объема по сравнению с объемом цилиндра,

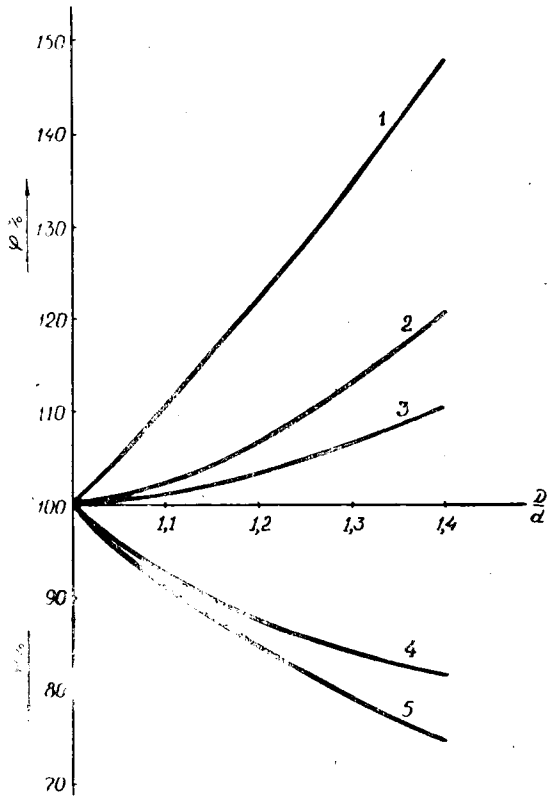


Рис. 2.

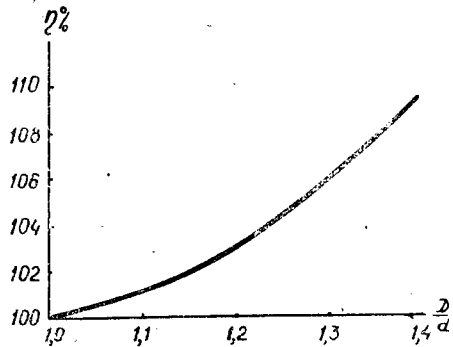


Рис. 3.

Таблица 2

$k = \frac{D}{d}$	1,1	1,2	1,3	1,4
$A_{цв} \%$	90,5	82,0	74,4	67,6
$A_{сбв} \%$	9,5	18,0	25,6	32,4

как это было указано выше, происходит за счет использования зоны сбега.

Зная эти величины, можно определить выход приведенного объема из зоны сбега, то есть

$$\gamma_{сб} = \frac{Q_{пр} - Q_{ц}}{Q_{сб}} 100\%,$$

где $\gamma_{сб}$ — выход приведенного объема из зоны сбега;
 $Q_{пр}$ — приведенный объем распиливаемого бревна;
 $Q_{ц}$ — объем вписанного цилиндра (цилиндрическая кубатура);
 $Q_{сб}$ — объем зоны сбега.

В табл. 3 приведены значения $\gamma_{сб}$, подсчитанные по формуле (14) для различных способов раскряга бревна и в зависимости от величины коэффициента сбега. При подсчете использованы данные табл. 1.

Таблица 3

Способ распиловки бревен	Значение $\gamma_{сб}$ в %			
	$k = 1,1$	$k = 1,2$	$k = 1,3$	$k = 1,4$
Вразвал . .	10,8	15,4	18,9	21,8
С брусковкой	21,6	30,8	37,8	43,6

Данные табл. 3 говорят о весьма низком проценте выхода пиломатериалов из зоны сбега.

Из этого следует вывод, что при раскряжке хлыстов следует стремиться получать бревна с наибольшей цилиндрической кубатурой, или прибегать к раскрягу необрезных досок на заготовки.

5. При раскряге необрезных досок, выпиливаемых из сбежистых бревен на заготовки, форма бревна по условиям раскряга приближается к цилиндру, а следовательно, и повышается полезный выход пиломатериалов.

Если необрезные доски раскрягаются на n заготовок, то коэффициент сбега k_n , соответствующий этим условиям раскряга бревна, определяется по формуле:

$$k_n = \sqrt[n]{k},$$

где k — коэффициент сбега распиливаемого бревна;
 k_n — средний расчетный коэффициент сбега, оценивающий условия распиловки бревна при раскряге необрезных досок на n заготовок.

По формуле (15) построен график (рис. 4), который наглядно показывает изменение k_n в зависимости от k и n . Зная k и n , по этому графику легко определить и k_n .

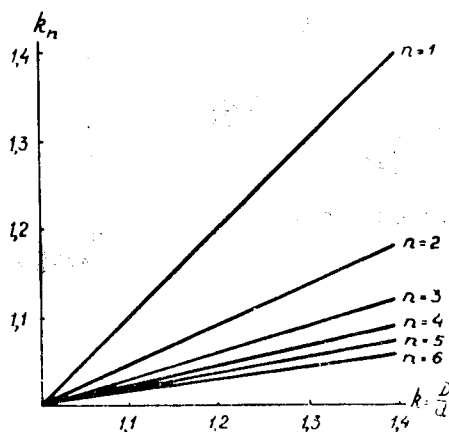


Рис. 4.

Из формулы (15) и графика (рис. 4) следует, что с увеличением n значение k стремится к единице, то есть в пределе выход заготовок будет стремиться к выходу пиломатериалов, получаемых при распиловке цилиндрических (не имеющих сбега) бревен. Резкое уменьшение k_n падает на $n = 2$. При дальнейшем увеличении n уменьшение k_n постепенно затухает.

Не представляет трудности, пользуясь формулой (15) и кривыми 4 и 5 графика (рис. 2), определить относительное изменение выхода пиломатериалов из бревна при раскросе необрезных досок на заготовки по сравнению с выходом при раскросе необрезной доски на одну оптимальной длины обрезную доску.

Это относительное изменение выхода иллюстрирует график (рис. 5). Кривые графика построены по формуле:

$$\eta = \frac{\varphi_1}{\varphi_n} \cdot 100.$$

Значение φ_1 — соответствует коэффициенту сбега бревна k и значение φ_n — расчетному коэффициенту сбега k_n , определяемому формулой (15); φ_1 и φ_n берутся для распиловки бревна вразвал по кривой 5 графика (рис. 2) и для распиловки с брусковкой — по кривой 4.

Таблица 4

Способ распиловки	Размерная характеристика распиливаемых бревен		По Ф. Л. Фишкиной			Значение по графику (рис. 5)
			максимальный объемный выход в % от сырья при раскросе необрезных досок		относительное изменение выхода $\eta = \frac{\varphi_1^2}{\varphi_n^2}$ в %	
	d см	$\frac{D}{d}$	на одну обрезную доску φ_{11}	на две обрезные доски φ_{12}		
Вразвал	14	1,38	53,16	60,21	113,5	114,6
"	16	1,34	54,19	61,22	113,5	113,3
"	18	1,33	57,58	64,59	112,0	112,9
С брусковкой	22	1,27	64,03	68,21	106,5	106,8
"	26	1,25	65,98	69,94	106,0	106,5
"	30	1,24	66,58	70,15	105,3	106,3

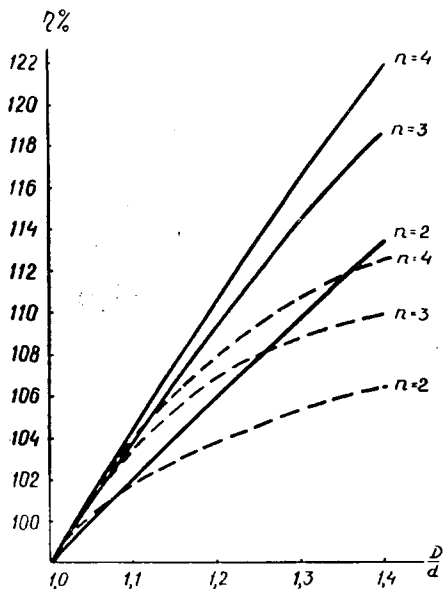


Рис. 5.

— — — — — распиловка бревен вразвал;
 - - - - - распиловка бревен с брусовкой;
 n — количество выпиленных заготовок из необрезной доски.

В подтверждение правильности установленной зависимости, представленной графиком на рис. 5, в табл. 4 приводим данные кандидата технических наук Ф. Л. Фишкиной [4] по объемному выходу в процентах от сырья при различных вариантах раскроя необрезных досок. Это подтверждается и другими работами [1].

График (рис. 5) показывает, что с увеличением коэффициента сбегания и увеличением количества выпиленных заготовок эффективность раскроя необрезных досок на заготовки возрастает. Резкое увеличение максимального выхода падает на $n = 2$. При дальнейшем увеличении n относительный рост выхода затухает.

Необходимо отметить, что распиловка сбежистых бревен с брусовкой при раскрое необрезных досок на заготовки, как было указано выше, обеспечивает высокий выход пиломатериалов при значительном проценте длинномерных спецификационных обрезных досок (до 65% от всей пилопродукции), получаемых из бруса, то есть распиловка сбежистых бревен с брусовкой при раскрое необрезных досок на заготовки обеспечивает наиболее рациональное использование сырья.

Установленные закономерности и количественные зависимости дают возможность наиболее правильно подойти к раскрою сырья и тем самым обеспечить более высокие показатели по его использованию.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. П. П. Аксенов. Раскрой бревен на пиломатериалы. Гослесбумиздат, 1951.
 [2]. Г. Д. Власов. Лесопильное производство, ГЛТИ, 1948. [3]. А. Н. Песоцкий. Лесопильно-строгальные производства. Гослесбумиздат, 1949. [4]. Ф. Л. Фишкина. Исследование раскроя необрезных досок (автореферат). М., 1954.