

УДК 674.093

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.69

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПЛОЩАДЕЙ ПРОПИЛОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛЕЗНОГО ПИЛЕНИЯ БРЁВЕН

Д. А. Ладухин, А. Д. Голяков

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Российская Федерация, 163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17
E-mail: burbot2014@mail.ru, goliakov@atnet.ru

Предложен критерий энергоэффективности выпиловки разных досок поставка на примере развального способа раскроя пиловочных брёвен. Разработана методика его определения. Рассмотрен подробный вывод формул для расчёта площадей пропилов при формировании номинальных размеров пиломатериалов.

Ключевые слова: энергоэффективность лесопиления; оптимизация энергозатрат; коэффициент полезного пиления; постав.

Введение. Одним из главных показателей эффективности лесопиления является объёмный выход пиломатериалов, достижение максимума которого в условиях конкретного производства напрямую зависит от схем раскроя брёвен на пиломатериалы заданных размеров и качества согласно спецификации. Вопросы оптимизации раскроя пиловочных брёвен рассмотрены в работах Х. Л. Фельдмана, Д. Ф. Шапиро, Г. Т. Титкова, Г. Д. Власова и др. [1–4]. Однако при этом не учитывается энергия, затрачиваемая на распиловку брёвен и дальнейшую обработку пиломатериалов, в то время как её стоимость может составлять до 10 % от себестоимости готовой продукции [5]. Повышение энергоэффективности лесопильного производства может достигаться путём снижения удельного расхода энергии, затрачиваемой на работу основного оборудования [6,7], а также выбором наиболее рациональных схем раскроя брёвен с учётом энергетического фактора [8–10]. В качестве одного из возможных критериев оптимизации поставок по условию эффек-

тивности энергозатрат предложен коэффициент полезного пиления $k_{n.n.}$, определяемый как отношение площади пиленых поверхностей обрезной доски к необходимой площади пиления, которая зависит от размеров и местоположения доски в поставе, а также размеров и формы бревна [11, 12].

Цель исследования – разработка аналитического метода определения коэффициента полезного пиления $k_{n.n.}$ разных досок поставка на примере развального способа раскроя пиловочных брёвен.

Аналитическая модель. Коэффициент полезного пиления отдельной доски складывается из коэффициентов полезного пиления пласти, торца и кромки:

$$k_{n.n.} = \sum f_i k_{n.n.i.}, \quad (1)$$

где f_i – доля площади i -й поверхности обрезной доски от общей полезной площади пиления, необходимой для формирования номинальных размеров доски; $k_{n.n.i.}$ – коэффициент полезного пиления i -й поверхности доски (пласти, кромки, торца):

© Ладухин Д. А., Голяков А. Д., 2017.

Для цитирования: Ладухин Д. А., Голяков А. Д. Аналитический расчёт площадей пропилов при определении коэффициентов полезного пиления брёвен // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 1 (33). С. 69–77. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.69

$$k_{n.n.i} = S_{i.o.d.} / S_{i.n.d.}, \quad (2)$$

где $S_{i.o.d.}$ – площадь i -й поверхности обрезной доски (пласти, торца, кромки); $S_{i.n.d.}$ – площадь i -й поверхности необрезной доски (пропиливаемой части пласти, торца, кромки).

Рассмотрим формулу для определения коэффициента полезного пиления пласти $k_{n.n.n.}$:

$$k_{n.n.n.} = S_{n.o.d.} / S_{n.n.d.}, \quad (3)$$

где $S_{n.o.d.}$ – площадь пласти обрезной доски:

$$S_{n.o.d.} = b_0 l_0, \quad (4)$$

где b_0 – ширина обрезной доски; l_0 – длина обрезной доски; $S_{n.n.d.}$ – площадь наружной пласти необрезной доски.

Ниже представлен вывод формул для определения площади наружной пласти необрезной доски. В качестве модели бревна принят усечённый параболоид вращения (рис. 1), в котором $L_{\text{бп}}$ – длина бревна ($L_{\text{бп}} = x_3 - x_1$; $d = 2y_1$; $D = 2y_3$), d , D – вершинный и комлевой диаметры бревна соответственно, $l_{n.d.}$ – длина необрезной доски. Поверхность этого параболоида выражается уравнением:

$$cx = y^2 + z^2, \quad (5)$$

где c – параметр параболы.

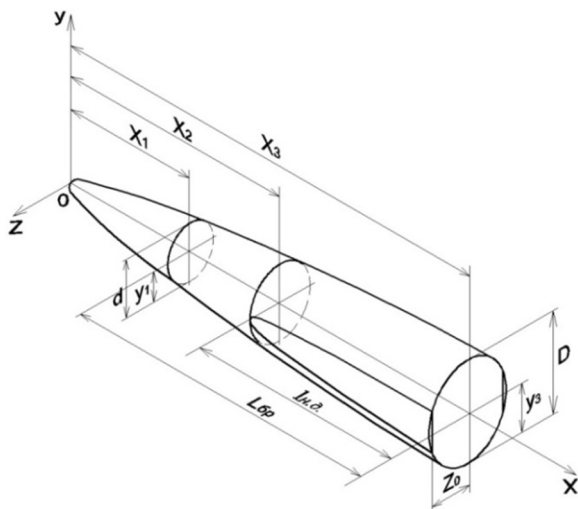


Рис. 1. Параболоид вращения

Сечения, пересекающие параболоид вращения параллельно координатной плоскости YOX , удалённые от неё на расстояние z , дают параболы, уравнения которых можно также получить по формуле (5). Подставляя в формулу (5) z_0 вместо z , получим:

$$cx = y^2 + z_0^2. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что для всех парабол параметр c остаётся постоянным.

При $z_0 = 0$ формула (6) примет вид:

$$y^2 = cx. \quad (7)$$

Откуда следует, что:

$$x_1 = y_1^2 / c, \quad (8)$$

$$x_3 = y_3^2 / c. \quad (9)$$

Заменяя в формулах (8) и (9) y_1 на $d/2$ и y_3 на $D/2$ соответственно, получим:

$$x_1 = d^2 / 4c, \quad (10)$$

$$x_3 = D^2 / 4c. \quad (11)$$

Из рис. 1 следует, что:

$$\begin{aligned} L_{\text{бп}} = x_3 - x_1 &= D^2 / 4c - d^2 / 4c = \\ &= (D^2 - d^2) / 4c \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{или } cL_{\text{бп}} = (D^2 - d^2) / 4.$$

Откуда:

$$c = (D^2 - d^2) / 4L_{\text{бп}}. \quad (13)$$

Из рис. 1 площадь наружной пласти необрезной доски можно найти по формуле:

$$S_{n.n.d.} = 2 \int_{x_1}^{x_3} y dx. \quad (14)$$

Если наружная пластя необрезной доски попадает в цилиндрическую зону бревна, т. е. $z_0 \leq d/2$, то её площадь находится по формуле (14). Если в сбеговую зону, т.е. $z_0 > d/2$, то по формуле:

$$S_{n.n.d.} = 2 \int_{x_2}^{x_3} y dx. \quad (15)$$

Рассмотрим случай, когда $z_0 \leq d/2$.

Если в формулу (14) вместо y подставить

уравнение параболоида вращения из формулы (6), заменив z_0 на m_2 , то получим:

$$S_{н.н.д.ц.} = 2 \int_{x_1}^{x_3} \sqrt{cx - m_2^2} dx = \frac{4}{3c} \left(\sqrt{(cx_3 - m_2^2)^3} - \sqrt{(cx_1 - m_2^2)^3} \right), \quad (16)$$

где $S_{н.н.д.ц.}$ – площадь наружной пласти необрезной доски, находящейся в пределах цилиндрической зоны бревна; m_2 – расстояние (перпендикуляр), проведённое от оси бревна до наружной пласти доски (далее по тексту работы m_1 – расстояние от оси бревна до внутренней пласти доски).

Подставляя значения x_1 и x_3 из формул (10) и (11) соответственно, а также значение параметра параболы c из формулы (13), получим:

$$S_{н.н.д.ц.} = \frac{4 \cdot 4L_{\text{оп}}}{3(D^2 - d^2)} \times \left(\sqrt{\left(c \frac{D^2}{4c} - m_2^2 \right)^3} - \sqrt{\left(c \frac{d^2}{4c} - m_2^2 \right)^3} \right). \quad (17)$$

Конечная формула для нахождения площади наружной пласти необрезной доски, выпиливаемой в пределах цилиндрической зоны бревна, примет вид:

$$S_{н.н.д.ц.} = \frac{16L_{\text{оп}}}{3(D^2 - d^2)} \times \left(\sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - m_2^2 \right)^3} - \sqrt{\left(\frac{d^2}{4} - m_2^2 \right)^3} \right). \quad (18)$$

Рассмотрим второй случай, когда $z_0 > d/2$. Если в формулу (15) вместо y подставить уравнение параболоида вращения из формулы (6), заменив z_0 на m_2 , то получим:

$$S_{н.н.д.с.} = 2 \int_{x_2}^{x_3} \sqrt{cx - m_2^2} dx = \frac{4}{3c} \left(\sqrt{(cx_3 - m_2^2)^3} - \sqrt{(cx_2 - m_2^2)^3} \right), \quad (19)$$

где $S_{н.н.д.с.}$ – площадь наружной пласти необрезной доски, находящейся в пределах сбеговой зоны бревна.

По формуле (6):

$$x_2 = (y_2^2 + z_0^2) / c. \quad (20)$$

Так как $z_0 > d/2$, то $y_2 = 0$. После замены z_0 на m_2 формула (20) примет вид:

$$x_2 = m_2^2 / c. \quad (21)$$

Подставляя значение x_2 из формулы (21), а также значение параметра параболы c из формулы (13) в формулу (19), получим:

$$S_{н.н.д.с.} = \frac{4 \cdot 4L_{\text{оп}}}{3(D^2 - d^2)} \times \left(\sqrt{\left(c \frac{D^2}{4c} - m_2^2 \right)^3} - \sqrt{\left(c \frac{m_2^2}{c} - m_2^2 \right)^3} \right). \quad (22)$$

После проведения преобразований конечная формула для нахождения площади наружной пласти необрезной доски, выпиливаемой в пределах сбеговой зоны бревна, примет вид:

$$S_{н.н.д.с.} = \frac{16L_{\text{оп}}}{3(D^2 - d^2)} \left(\sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - m_2^2 \right)^3} \right). \quad (23)$$

Из формул (18) и (23) следует, что площадь наружной пласти необрезной доски, выпиливаемой как в пределах цилиндрической, так и в пределах сбеговой зоны бревна, зависит от размеров бревна, а также от расстояния, на котором находится плась от оси бревна. Результаты вычислений показали (табл. 1), что эти формулы позволяют определить точное значение площади наружной пласти необрезной доски без учёта дополнительных факторов (кривизны, эллиптичности бревна и др.) по сравнению с найденным её значением методом моделирования в компьютерной программе AutoCAD. Разницы в методиках расчёта по выведенным формулам и в смоделированной компьютерной среде нет.

Таблица 1

Сравнение площади наружной пласти необрезной доски

d , мм	m_2 , мм	$S_{н.н.д.}$ по формулам (18) и (23), см ²	$S_{н.н.д.}$ по программе AutoCAD, см ²
140	60	6748	6748
	70	5019	5019
	80	2443	2443
	90	405	405

Подставляя найденные значения площади пласти обрезной доски из формулы (4) и необрезной доски из формул (18) или (23) в формулу (3), получим:

– для досок, выпиленных в пределах цилиндрической зоны бревна:

$$k_{н.н.н.} = \frac{b_0 l_0}{\frac{16L_{\text{об}}}{3(D^2 - d^2)} \left(\sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - m_2^2\right)^3} - \sqrt{\left(\frac{d^2}{4} - m_2^2\right)^3} \right)}; \quad (24)$$

– для досок, выпиленных в пределах сбеговой зоны бревна:

$$k_{н.н.н.} = \frac{b_0 l_0}{\frac{16L_{\text{об}}}{3(D^2 - d^2)} \left(\sqrt{\left(\frac{D^2}{4} - m_2^2\right)^3} \right)}. \quad (25)$$

Таким образом, значение коэффициента полезного пиления пласти $k_{н.н.н.}$ за-

висит от размеров доски, бревна, а также от расстояния, на котором выпиливается доска от оси бревна.

Теперь рассмотрим формулу для определения коэффициента полезного пиления кромки $k_{н.н.к.}$, задавшись некоторой толщиной доски.

$$k_{н.н.к.} = S_{к.о.д.} / S_{к.н.д.}, \quad (26)$$

где $S_{к.о.д.}$ – площадь кромки обрезной доски:

$$S_{к.о.д.} = a_0 l_0, \quad (27)$$

где a_0 – толщина обрезной доски; l_0 – длина обрезной доски; $S_{к.н.д.}$ – площадь пропиливаемой части кромки необрезной доски.

Ниже представлен вывод формул для определения площади пропиливаемой части кромки необрезной доски (рис. 2).

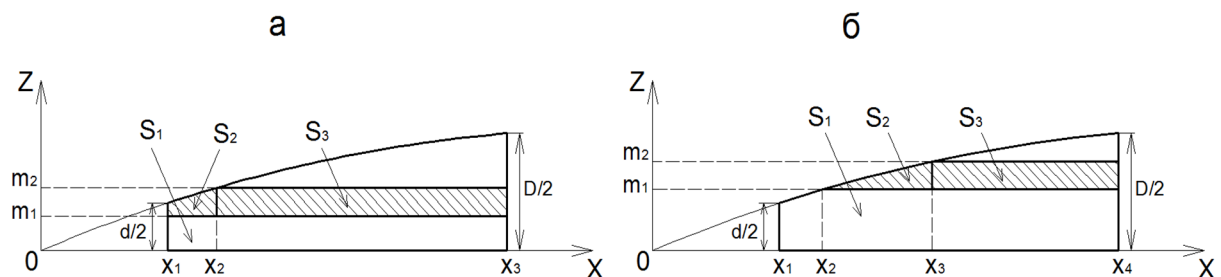


Рис. 2. Расчёт коэффициента полезного пиления кромки доски: а – для случая, когда $m_1 \leq d/2$, $m_2 > d/2$; б – для случая, когда $m_1 > d/2$, $m_2 > d/2$; заштрихованная часть – площадь кромки необрезной доски, которую необходимо пропилить для получения требуемой ширины обрезной доски; m_1 и m_2 – расстояния от оси бревна до внутренней и наружной пласти доски; d и D – вершинный и комлевой диаметры бревна соответственно; для конкретной доски – $y = 0,5b_0 = const$; b_0 – ширина обрезной доски (на рисунке не показана)

Может быть всего три случая изменения размеров m_1 и m_2 :

- 1) $m_1 < d/2, m_2 \leq d/2$; 2) $m_1 \leq d/2, m_2 > d/2$; 3) $m_1 > d/2, m_2 > d/2$.

В первом случае (на рис. 2 не показан) $k_{н.к.} = 1$, так как длина досок, выпиленных в пределах цилиндрической зоны бревна, как правило, равна длине этого бревна.

Рассмотрим второй случай, когда $m_1 \leq d/2, m_2 > d/2$. Из рис. 2, а следует, что:

$$S_{к.н.д.} = S_2 + S_3; \tag{28}$$

$$S_3 = (x_3 - x_2)(m_2 - m_1). \tag{29}$$

По формуле (6):

$$x_2 = (y_2^2 + z_0^2) / c. \tag{30}$$

Подставляя в формулу (30) m_2 вместо z_0 и $b_0/2$ вместо y , получим:

$$x_2 = (b_0^2 / 4 + m_2^2) / c. \tag{31}$$

По формуле (11):

$$x_3 = D^2 / 4c. \tag{32}$$

С учётом формул (31) и (32) формула (29) примет вид:

$$S_3 = (D^2 / 4c - (b_0^2 / 4 + m_2^2) / c)(m_2 - m_1) = ((D^2 - b_0^2 - 4m_2^2) / 4c)(m_2 - m_1). \tag{33}$$

Из рис. 2, а следует, что:

$$S_1 + S_2 = \int_{x_1}^{x_2} z dx. \tag{34}$$

Решая данный интеграл, получим:

$$S_1 + S_2 = \frac{2}{3c} \left(\sqrt{(cx_2 - y^2)^3} - \sqrt{(cx_1 - y^2)^3} \right). \tag{35}$$

Отсюда:

$$S_2 = \frac{2}{3c} \left(\sqrt{(cx_2 - y^2)^3} - \sqrt{(cx_1 - y^2)^3} \right) - S_1. \tag{36}$$

По формуле (10):

$$x_1 = d^2 / 4c. \tag{37}$$

Из рис. 2, а также следует, что:

$$S_1 = (x_2 - x_1)m_1. \tag{38}$$

С учётом формул (31), (37) и (38), а также подставляя $b_0/2$ вместо y , получим:

$$S_2 = \frac{2}{3c} \left(\sqrt{\left(c \frac{b_0^2}{4} + m_2^2 - \frac{b_0^2}{4} \right)^3} - \sqrt{\left(c \frac{d^2}{4c} - \frac{b_0^2}{4} \right)^3} \right) - \left(\frac{b_0^2}{4} + m_2^2 - \frac{d^2}{4c} \right) m_1. \tag{39}$$

После преобразований формула (39) примет вид:

$$S_2 = \frac{2}{3c} \left(m_2^3 - \sqrt{\left(\frac{d^2 - b_0^2}{4} \right)^3} \right) - \left(\frac{b_0^2 + 4m_2^2 - d^2}{4c} \right) m_1. \tag{40}$$

Конечная формула для нахождения площади кромки необрезной доски с учётом формул (13), (33) и (40) для второго случая (рис. 2, а) будет следующей:

$$S_{к.н.д.} = \frac{8L_{оп}}{3(D^2 - d^2)} \left(m_2^3 - \sqrt{\left(\frac{d^2 - b_0^2}{4} \right)^3} \right) - \left(\frac{L_{оп}(b_0^2 + 4m_2^2 - d^2)}{D^2 - d^2} \right) m_1 + \left(\frac{L_{оп}(D^2 - b_0^2 - 4m_2^2)}{D^2 - d^2} \right) (m_2 - m_1). \tag{41}$$

Результаты вычислений показали (табл. 2), что формула (41) позволяет определить точное значение площади кромки необрезной доски без учёта дополнительных факторов (кривизны, эллиптичности бревна и др.) по сравнению с найденным её значением методом моделирования в компьютерной программе AutoCAD. Разницы в методиках расчёта по выведенным формулам и в смоделированной компьютерной среде нет.

Таблица 2

Сравнение площади кромки необрезной доски (второй случай)

Исходные значения параметров для расчёта							Значение $S_{к.н.д.}, см^2$	
$d, см$	$D, см$	$L_{\text{об}}, м$	$m_1, мм$	$m_2, мм$	$a_0, мм$	$b_0, мм$	по формуле (41)	по программе AutoCAD
14	18,8	6,0	50	72	22	75	1159	1159
20	25,4	6,0	80	105	25	100	1192	1192
26	32,0	6,0	110	135	25	125	1131	1131
32	38,9	6,0	140	162	22	125	1158	1158

Рассмотрим третий случай, когда $m_1 > d/2$ и $m_2 > d/2$. Вывод формулы для нахождения площади кромки необрезной доски в случае, когда длина необрезной доски меньше длины бревна, осуществляется также по формулам (28) – (41) с незначительными изменениями. Конечная формула для нахождения площади кромки необрезной доски для третьего случая (рис. 2, б) будет выглядеть следующим образом:

$$S_{к.н.д.} = \frac{4L_{\text{об}}(2m_2^3 - 3m_1m_2^2 + m_1^3)}{3(D^2 - d^2)} + \left(\frac{L_{\text{об}}(D^2 - b_0^2 - 4m_2^2)}{D^2 - d^2} \right) (m_2 - m_1). \tag{42}$$

Результаты вычислений показали (табл. 3), что эта формула позволяет определить точное значение площади кромки необрезной доски по сравнению с найденным её значением методом моделирования в компьютерной программе AutoCAD. Разницы в методиках расчёта по выведенным формулам и в смоделированной компьютерной среде нет.

Из формул (41) и (42) следует, что площадь пропиливаемой части кромки при обрезке необрезной доски зависит от размеров бревна, доски, а также от расстояния, на котором выпиливается доска от оси бревна. Подставляя найденные значения площади кромки обрезной доски из формулы (27) и необрезной доски из формул (41) или (42) в формулу (26), получим:

– для второго случая (рис. 2, а):

$$k_{н.н.к.} = \frac{a_0 l_0}{\frac{8L_{\text{об}}}{3(D^2 - d^2)} \left(m_2^3 - \sqrt{\left(\frac{d^2 - b_0^2}{4} \right)^3} \right) - \left(\frac{L_{\text{об}}(b_0^2 + 4m_2^2 - d^2)}{D^2 - d^2} \right) m_1 + \left(\frac{L_{\text{об}}(D^2 - b_0^2 - 4m_2^2)}{D^2 - d^2} \right) (m_2 - m_1)}; \tag{43}$$

– для третьего случая (рис. 2, б):

$$k_{н.н.к.} = \frac{a_0 l_0}{\frac{4L_{\text{об}}(2m_2^3 - 3m_1m_2^2 + m_1^3)}{3(D^2 - d^2)} + \left(\frac{L_{\text{об}}(D^2 - b_0^2 - 4m_2^2)}{D^2 - d^2} \right) (m_2 - m_1)}. \tag{44}$$

Таблица 3

Сравнение площади кромки необрезной доски (третий случай)

Исходные значения параметров для расчёта							Значение $S_{к.н.д.}, см^2$	
$d, см$	$D, см$	$L_{\text{об}}, м$	$m_1, мм$	$m_2, мм$	$a_0, мм$	$b_0, мм$	по формуле (41)	по программе AutoCAD
26	32,0	6,0	131	150	19	75	5796	5796
32	38,9	6,0	140	162	22	125	6158	6158
32	38,9	6,0	140	162	22	125	5540	5540

Таким образом, коэффициент полезного пиления кромки зависит от размеров доски и бревна, а также от расстояния, на котором выпиливается доска от оси бревна. Так как доля площади торца доски в общей полезной площади пиления не превышает 1 %, то значением коэффициента полезного пиления торца можно пренебречь. Подставляя найденные значения коэффициентов полезного пиления пласти и кромки в формулу (1), можно найти общий коэффициент полезного пиления доски.

Выводы. При оптимизации поставов на раскрой пиловочных брёвен коэффициент полезного пиления позволяет в первом приближении (без учёта ширины пропилов) оценить относительную энергоэффективность выпилки отдельных досок и всего постава наряду с рациональным использованием пиловочного сырья. Коэффициент полезного пиления – относительная величина и он не учитывает реальных производственных условий, где сечения пиломатериалов формируются инструментами различных конструкций – пилами или фрезами той или иной толщины, поэтому при практических расчётах лучше использовать обратную величину коэффициента полезного пиления ($1/k_{н.н.}$) – относительный расход энергии на формирование дос-

ки конкретных размеров в соответствии с её местоположением в поставе (на основе «объёмной формулы» для расчёта мощности привода механизма резания) [12]. Это позволит сравнивать в реальных величинах энергоёмкость различных поставов и таким образом оптимизировать их по условию минимизации энергозатрат, повышая тем самым энергоэффективность работы основного оборудования. В реальных производственных условиях это означает, к примеру, подбор оптимальных размеров крайних (укорачиваемых) боковых досок, выпилка которых может оказаться нецелесообразной с точки зрения затрачиваемой энергии (в противном случае горбыль перерабатывается на щепу), или выбор наиболее энергоэффективного способа раскрой: с брусочкой или вразвал. Преимущество аналитического метода определения $k_{н.н.}$ доски в сравнении с графическим [11] заключается в том, что он позволяет получить более точный результат. Кроме того, алгоритмизация открывает возможность использования ЭВМ. Это позволит создать программу для автоматического составления оптимальных поставов с минимальными затратами энергии на формирование номинальных размеров пиломатериалов.

Список литературы

1. Фельдман Х. Л. Система максимальных поставов на распиловку. М.: Гослестехиздат, 1932. 275 с.
2. Шапиро Д. Ф. Лесопильно-строгальное производство. М.: Гослестехиздат, 1935. 507 с.
3. Тутков Г. Г. Краткое руководство по составлению и расчету поставов. М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. 50 с.
4. Власов Г. Д., Куликов В. А., Родионов С. В. Технология деревообрабатывающих производств. М.: Гослесбумиздат, 1960. 566 с.
5. Gopalakrishnan B. Establishing baseline electrical energy consumption in wood processing sawmills for lean energy initiatives: a model based on energy analysis and diagnostics // Energy Engineering. 2012. No 109. Pp. 40-80.
6. Агеев С. П. Линейная модель процесса электропотребления лесопильной рамы // Известия вузов. Лесной журнал. 2015. № 5. С. 126-134.
7. Агеев С. П. Нормирование электроэнергии, потребляемой обрезными станками // Известия вузов. Лесной журнал. 2016. № 2. С. 91-102.
8. Якимович С. Б., Ефимов Ю. В. Оптимизация раскroев на сортименты и пиломатериалы в условиях лесосеки // Лесной вестник. 2008. № 6. С. 125-129.
9. Ефимов Ю. В. Оценка эффективности лесопиления в условиях лесосеки по критерию удельной энергоёмкости // Отраслевые аспекты технических наук. Издательство ИНГН. 2012. № 12. С. 67-70.
10. Агеев С. П. Многокритериальная оптимизация объёмного выхода с учетом энергетического фактора // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015. № 42. С. 35-37.
11. Голяков А. Д., Ладухин Д. А. Критерий эффективности использования энергозатрат на производство пиломатериалов разных размеров // Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов САФУ им. М. В. Ломо-

носова, Архангельск, 22-25 марта 2015 г. Архангельск: САФУ, 2015. С. 36-39.

12. Голяков А.Д., Ладухин Д.А. К вопросу об оптимизации поставок по энергозатратам // Развитие Северо-Арктического региона: проблемы

и решения: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов САФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск, 21-25 марта 2016 г. Архангельск: САФУ, 2016. С. 41-45.

Статья поступила в редакцию 12.05.16.

Информация об авторах

ЛАДУХИН Даниил Александрович – аспирант кафедры технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – механическая технология древесины. Автор двух публикаций.

ГОЛЯКОВ Александр Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов – механическая технология древесины и показатели механических свойств пилопродукции. Автор 80 публикаций.

UDC 674.093

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.69

ANALYTICAL ESTIMATION OF THE BACK CUT AREA WHEN DEFINING THE COEFFICIENT OF USEFUL LOG SAWING

D. A. Ladukhin, A. D. Goliakov

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
17, Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation
E-mail: burbot2014@mail.ru; goliakov@atnet.ru

Key words: *energy efficiency of saw milling; energy cost optimisation; coefficient of useful sawing; sawing pattern.*

ABSTRACT

Introduction. *When optimising sawing schedule of saw log cuttings the key efficiency indicator is the yield of cut lumber. In real industrial conditions the edged board sections are formed using high-power energy-intensive equipment. However, the energy efficiency used to operate this equipment is not taken into consideration. We suggest using the coefficient of useful sawing defined as the relation of the cut boards surface area to the required sawing area depending on the place of boards in the sawing pattern and the size of sawing logs as the optimisation criteria for sawing pattern in terms of energy efficiency. In other words, the energy directly used to make the sawing board faces is considered effective, while the energy used to make only wood laths or logging slabs is considered ineffective. The coefficient of useful sawing includes the coefficients of useful sawing of board face, edges and crosscut end and allows evaluating the relative energy efficiency of the equipment involved (without taking into consideration the cutting thickness) in terms of a certain sawing pattern or otherwise, make improvements in the sawing pattern in terms of its energy efficiency, thus, reducing its energy intensity necessary to produce the sawn wood. The work aims to develop the method for definition of useful sawing coefficient for different types of boards. The paper reveals a detailed derivation of formulas enabling to calculate the surface of the external sawn face of the untrimmed board and the edge area, which should be sawn in order to gain the edged board. Based on these formulas it is possible to obtain the accurate value of useful sawing coefficient for any board in the sawing pattern. We took the log model as the cut paraboloid of revolution. It has been established that the value of the useful sawing coefficient depends on the size of a log and an edged board as well as on the distance between the sawn board and the log axis. In order to validate the obtained formulas the paper refers to comparative tables of analytically defined areas and graphically defined areas obtained using AutoCAD software. We argue that fine precision obtained as a result of this comparison confirms the accuracy of the suggested analytical formulas. **Conclusion.** Analytical calculation of the useful sawing coefficient allows accurate definition of the relative energy efficiency of sawing different boards of the sawing pattern. In addition, the algorithmic approach makes it possible to computerise calculations, which significantly eases the process. With the knowledge of the efficiency of energy use when producing different types of boards on the sawing pattern it is possible to optimise the cutting plan in order to minimise energy consumption.*

REFERENCES

1. Feldman KH. L. *Sistema maksimalnykh postavov na raspilovku* [The system of maximum cutting patterns]. Moscow: Goslestekhzdat, 1932. 275 p.
2. Shapiro D. F. *Lesopilno-strogalnoe proizvodstvo* [Wood sawing panel planer production]. Moscow: Goslestekhzdat, 1935. 507 p.
3. Titkov G.G. *Kratkoe rukovodstvo po sostavleniyu i raschetu postavov* [Summary guide on compiling and calculation of sawing patterns]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat, 1955. 50 p.
4. Vlasov G. D., Kulikov V. A., Rodionov S. V. *Tekhnologiya derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv* [Technology of woodworking industries]. Moscow: Goslesbumizdat, 1960. 566 p.
5. Gopalakrishnan B. Establishing baseline electrical energy consumption in wood processing sawmills for lean energy initiatives: a model based on energy analysis and diagnostics. *Energy Engineering*. 2012. No 109. Pp. 40-80.
6. Ageev S.P. Lineynaya model protsessa elektropotrebleniya lesopilnoy ramy [Linear model of energy consumption process of a saw frame]. *Izvesti vuzov. Lesnoy zhurnal* [Izvestiya of Higher Education Institutions. Forest Journal]. 2015. No 5. Pp. 126-134.
7. Ageev S.P. Normirovanie elektroenergii, potrebyaemoy obreznymi stankami [Standardization of energy consumed by cutting machines]. *Izvesti vuzov. Lesnoy zhurnal*. [Izvestiya of Higher Education Institutions. Forest Journal]. 2016. No 2. Pp. 91-102.
8. Yakimovich S.B., Efimov Iu.V. Optimizatsiya raskroev na sortimenty i pilomaterialy v usloviyakh lesoseki [Optimisation of cutting patterns for wood assortment and industrial wood on the logging site]. *Lesnoy vestnik* [Forest Vestnik]. 2008. No 6. Pp. 125-129.
9. Efimov Iu.V. Otsenka effektivnosti lesopileniya v usloviyakh lesoseki po kriteriyu udelnoy energoemkosti [Efficiency evaluation of sawmilling on the logging site by the criteria of energy intensity]. *Ot-raslevye aspekty tekhnicheskikh nauk* [Sectorial aspects of technical sciences]. INGN Publishing House. 2012. No 12. Pp. 67-70.
10. Ageev S.P. Mnogokriterialnaya optimizatsiya obemnogo vykhoda s uchedom energeticheskogo faktora [Multi-criteria optimisation of the volume yield with due regard to the energy factor]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa* [Urgent problems of the forestry complex]. 2015. No 42. Pp. 35-37.
11. Golyakov A. D., Ladukhin D.A. Kriteriy effektivnosti ispolzovaniya energozatrat na proizvodstvo pilomaterialov raznykh razmerov [Criteria for energy consumption efficiency used to produce industrial wood of various dimensions]. *Razvitie Severo-Arkticheskogo regiona: problemy i resheniya: materialy nauchnoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov SAFU im. M.V. Lomonosova, 22-25 marta 2015 g.* [Development of the North-Arctic region: problems and solutions: proceedings of the research conference for the teaching staff, research fellows, and postgraduates of NArFU, 22-25 March 2015]. Arkhangelsk: NArFU, 2015. Pp. 36-39.
12. Golyakov A.D., Ladukhin D.A. K voprosu ob optimizatsii postavov po energozatratam [To the issue of wood pattern optimisation in terms of energy efficiency]. *Razvitie Severo-Arkticheskogo regiona: problemy i resheniya: materialy nauchnoy konferentsii professorsko-prepodavatelskogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov SAFU im. M.V. Lomonosova, 21-25 marta 2016 g.* [Development of the North-Arctic region: problems and solutions: proceedings of the research conference for the teaching staff, research fellows, and postgraduates of NArFU, 22-25 March 2015], Arkhangelsk: NArFU, 2016. Pp. 41-45.

The article was received 12.05.16.

Citation for an article: Ladukhin D. A., Goliakov A. D. Analytical Estimation of the Back Cut Area when Defining the Coefficient of Useful Log Sawing. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest Ecology. Nature Management*. 2017. No 1(33). Pp. 69-77. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.69

Information about the authors

LADUKHIN Daniil Aleksandrovich – Postgraduate student of the Department of Forest Harvesting and Wood Working Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Research interests – mechanical processing of timber. Author of 2 publications.

GOLIAKOV Aleksandr Dmitrievich – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Forest Harvesting and Wood Working Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. Research interests – mechanical processing of timber and indicators of mechanical properties of sawn products. Author of 80 publications.