

$$w_{y_2} = -w_2; \quad (13)$$

$$w_{x_2} = w_2 (a_2/H_2)(\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma). \quad (14)$$

Третью компоненту находим из условия несжимаемости, полагая деформации малыми:

$$w_{z_2} = w_2 [1 - (a_2/H_2)(\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma)]. \quad (15)$$

После интегрирования уравнения (15) с учетом постоянства  $C_2 = 0$  получаем

$$u_{z_2} = w_2 z [1 - (a_2/H_2)(\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma)]. \quad (16)$$

Из условия сплошного твердого тела принимаем перемещения по линии  $Ox_1$  при повороте осей координат равными. Тогда имеем

$$\frac{w_1}{1-w_1} (\sqrt{2w_1-w_1^2}) \cos \gamma = \frac{w_2}{1-w_2} (\sqrt{2w_2-w_2^2}) \times \\ \times (\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma). \quad (17)$$

Пренебрегая величинами деформаций высших порядков вследствие их малости, окончательно получаем

$$w_1/w_2 = \sqrt{(\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \gamma)^2 / \cos^2 \gamma}. \quad (18)$$

Апробирование метода в рамках договорной тематики с АО «Северолесэкспорт» осуществляется в ходе решения задач по выявлению влияния на характер деформированного состояния бруса (пиломатериалов) следующих факторов: стадийности обработки; технологии производства пиломатериалов; ориентации; глубины (и ширины) обработки (технологических баз); формы ПТ. Это позволит уточнить степень зависимости качества пилопродукции от вышеперечисленных факторов; определить граничные условия их взаимодействия, т. е. подойти к разработке технологии, поставок, способов ориентации и распиловки по деформационному принципу; рекомендовать к эксплуатации новое оборудование.

Поступила 30 марта 1994 г.

УДК 674.093.

А. Е. АЛЕКСЕЕВ

Архангельский государственный технический университет

### УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСПИЛОВКИ БРЕВЕН ПО ОБРАЗУЮЩЕЙ

Приведен алгоритм продольного раскроя бревен по образующей на пиломатериалы стандартных размеров и дана оценка результатам распиловки при использовании ряда критериев выполнения распиловочных планов.

An algorithm of longitudinal log cutting line for lumber of standard dimensions is presented and an assessment of log sawing results using a number of criteria for carrying out sawing plans is given.

При ориентировании и последующей распиловке бревен параллельно образующей достигается более рациональное, по сравнению с осевым, использование древесины параболической зоны бревна для выра-

ботки пиломатериалов за счет увеличения эффективной ширины постава [2—4].

При ориентировании бревна по «сбегу», с одной стороны, увеличивается пифагорическая зона, расходуемая на выработку пиломатериалов, поскольку одна крайняя доска выпиливается параллельно образующей и ее положение определяется только минимальной допустимой шириной, с другой — эта зона имеет тенденцию к сокращению, вызванному выводом сбega в одну сторону. Суммарный эффект выражается в некотором увеличении «зоны неукорачиваемых» досок. В целом при ориентировании бревен по образующей ожидается улучшение показателей раскроя обусловлено увеличением доли «длинномерных» досок и возможностью выпилки досок минимальной допустимой длины и наименьшей ширины со стороны, противоположной установочной базе, за счет увеличения эффективной ширины постава.

При планировании результатов хозяйственной деятельности лесопильного производства применимы, как правило, комплексные критерии их оценки. Это обобщенные показатели пооперационного получения продукции. Решение задач повышения эффективного использования пиловочника для производства основного компонента баланса сырья (пиломатериалов) предусматривает оценку условий рационального использования древесины для выработки пиломатериалов и других высококвалифицированных видов пилопродукции. Ориентация на рациональное использование предполагает применение рангов критериев, при совместном рассмотрении которых и производится определение условий эффективного расходования древесины.

С учетом расчетной схемы (рис. 1) при распиловке бруса на доски двух толщин (одной для толстых и одной для тонких) число толстых чистообрезных досок в пропиленной части бруса

$$K_1 = \text{int} [(G + E(2))/t_2], \quad (1)$$

где

$$t_2 = h_2 + z_2 + E(2). \quad (2)$$

Оператор  $\text{int}$  означает выделение целой части числа, получающегося в результате выполнения действий в квадратных скобках.

Число тонких чистообрезных досок полной длины из недоиспользованной при выработке толстых досок пласти бруса

$$K_2 = \text{int} [(G - t_2 K_1 + E(2))/t_1], \quad (3)$$

где

$$t_1 = h_1 + z_1 + E(2). \quad (4)$$

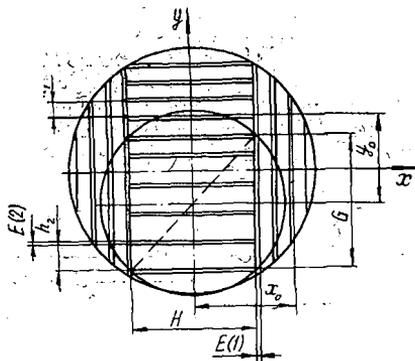


Рис. 1. Расчетная схема при базировании бревна по образующей

Координаты укорачиваемых досок, выпиливаемых из древесины параболической зоны бревна, рассчитывают по следующим формулам: для первой «верхней» доски, требующей обрезки, ( $y_0 > 0$ ),

$$y_0 = K_1 t_2 + K_2 t_1 + z_1 - G/2; \quad (5)$$

для первой «нижней» доски, требующей обрезки, ( $y_0 < 0$ ),

$$y_0 = -G/2 - t_1; \quad (6)$$

для первой боковой доски, выпиливаемой за брусом и требующей обрезки,

правой ( $x_0 > 0$ )

$$x_0 = H_0/2 + t_1; \quad (7)$$

левой ( $x_0 < 0$ )

$$x_0 = -H_0/2 - t_1. \quad (8)$$

В выбранной системе координат  $XOY$  относительное смещение центров торцов бревна  $\Delta$  в долях разности их диаметров составляет по осям  $x$  и  $y$  соответственно 0 и 0,5. Плоскости, ограничивающие брус, равноудалены от оси бревна.

Ширина доски в параболической зоне бревна: при первом проходе

$$b_0 = \sqrt{D^2 - 4(x_0 + \Delta)^2}; \quad (9)$$

при втором проходе

$$b_0 = \min \{ \sqrt{D^2 - 4(y_0 + \Delta)^2}, H_0 \}. \quad (10)$$

Формула для вычисления длины доски находится методом координат при решении системы, состоящей из уравнений параболоида, плоскости сечения и плоскости, перпендикулярной сечению и находящейся на расстоянии  $b'/2$  от оси параболоида. В общем случае длины укорачиваемых досок:

при  $\Delta \neq 0$

$$\tilde{l} = a_1 [a_4 + \text{sign}(\Delta) \sqrt{a_5 - (b')^2/4}]; \quad (11)$$

при  $\Delta = 0$

$$\tilde{l} = [d^2 - (b')^2]/d_1, \quad (12)$$

где  $\tilde{l}$  — длина прямоугольника шириной  $b'$ , вписывающегося в сечение параболоида плоскостью верхней пласти тонкой доски;

$$a_1 = \text{sign}(\Delta) \sqrt{1 + (L/\Delta)^2}; \quad (13)$$

$$a_2 = (D^2 - d^2)/4\Delta; \quad (14)$$

$$a_3 = a_2^2/4 + d^2/4; \quad (15)$$

$$a_4 = y_0 + \Delta - a_2/2; \quad (16)$$

$$a_5 = a_3 - a_2 y_0; \quad (17)$$

$$d_1 = (D^2 - d^2)/L; \quad (18)$$

$$d_2 = D^2 - 4x_0^2. \quad (19)$$

Оператор  $\text{sign}$  означает выделение дробной части числа, получающегося в результате выполнения математических действий.

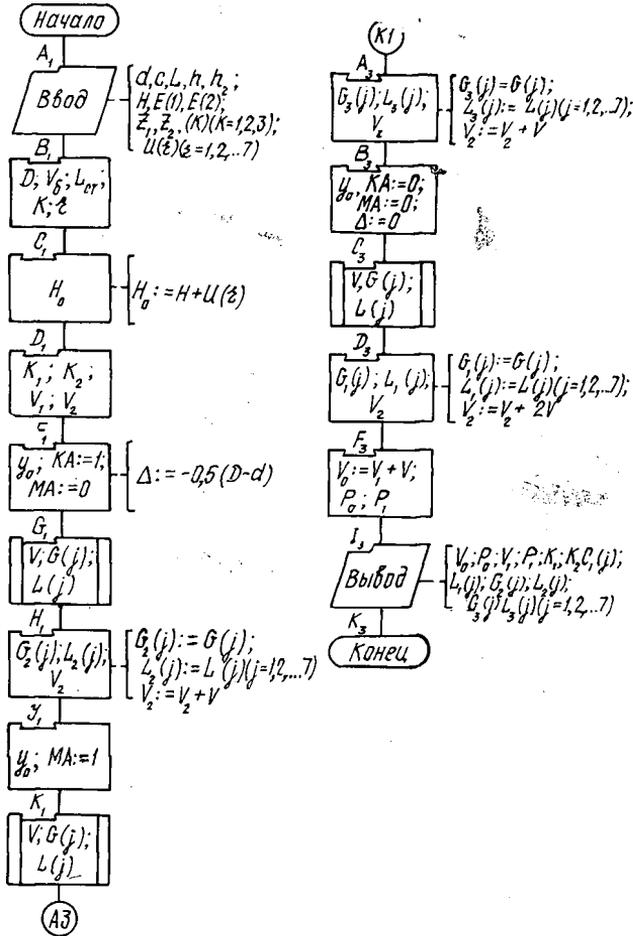


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программы распиловки бревен

Блок-схема алгоритма продольного раскроя бревен по образующей на экспортные пиломатериалы стандартных размеров приведена на рис. 2, а на рис. 3 — блок-схема подпрограммы, предназначенной для определения размеров и объемов досок. Подпрограмма « $n/n, V, G(j)$ » позволяет вычислить объем тонких досок  $V$ , требующих обрезки (или «верхних», или «нижних», или половины боковых), а также порядковый номер  $G(j)$  стандартной ширины для обрезки  $j$ -й доски в порядке отсчета от оси бревна.

Основные обозначения, принятые при написании блок-схем.

#### Алгоритм программы

- $H$  — номинальная толщина бруса (без припуска на усушку), мм;  
 $h_1, h_2$  — номинальная толщина тонкой и толстой досок (без припуска на усушку), мм;  
 $E(1), E(2)$  — ширина пропила при 1-м и 2-м проходах, мм;  
 $Z_1(K)$  — припуск на усушку в зависимости от толщины тонкой доски  $h_1$   $K$ -го стандарта, мм;  
 $Z_2(K)$  — припуск на усушку в зависимости от толщины толстой доски  $h_2$   $K$ -го стандарта, мм;

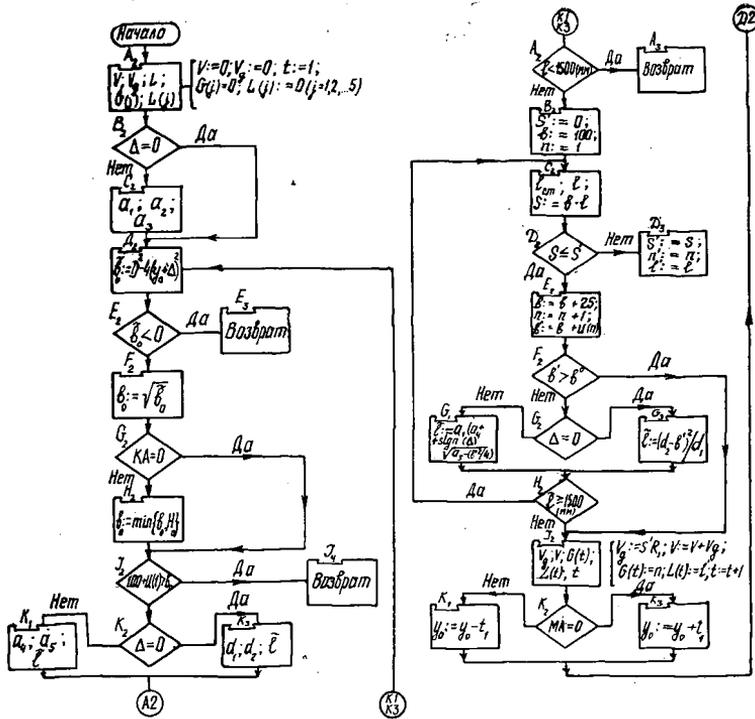


Рис. 3. Блок-схема подпрограммы

$U(r)$  — припуск на усушку  $r$ -го стандарта ширины доски (нумерация начинается со 100 мм в порядке возрастания с шагом 25 мм), мм;

$V_6$  — объем бревна, м<sup>3</sup>;

$L_{ст}$  — наибольшая стандартная длина, уместяющаяся в длине бревна  $L$ , м;

$H_0$  — толщина бруса с припуском на усушку, мм;

$K_1$  — число толстых досок, шт.;

$V_1$  — объем толстых досок, м<sup>3</sup>;

$K_2$  — число тонких досок, не требующих обрезки (выпиленных из пласти бруса), шт.;

$V_2$  — объем тонких досок, м<sup>3</sup>;

$y_0$  — координата наружной пласти первой боковой (верхней или нижней) тонкой доски, требующей обрезки, мм;

$G_1(j), G_2(j), G_3(j)$  — номер стандартной ширины для обрезки  $j$ -й боковой (верхней, нижней) тонкой доски, требующей обрезки, соответственно (нумерация начинается от центра торца);

$L_1(j), L_2(j), L_3(j)$  — стандартная длина  $j$ -й боковой (верхней, нижней) тонкой доски, м;

$V_0$  — общий объем пиломатериалов, м<sup>3</sup>;

$P_0$  — процент выхода пиломатериалов;

$P_1$  — процент выхода толстых досок.

Алгоритм подпрограммы

$V$  — объем боковых (верхних, нижних) тонких досок, м<sup>3</sup>;

$V_g$  — объем тонкой доски, м<sup>3</sup>;

$b_0$  — верхняя граница для стандарта ширины выпиливаемой тонкой доски;

$l$  — длина тонкой выпиливаемой доски, м.

Сырье — лесоматериалы круглые хвойных пород (ГОСТ 9463). Породы — ель. Диапазон диаметров бревен в вершинном торце — 16... 40 см. Сбег — нормальный, дифференцированный по диаметрам. Средняя длина бревен для условий «Северолесэкспорт» — 5,2 м. Продукция — пиломатериалы транспортной влажности (20... 22 %) двух толщин и шести ширин по ГОСТ 26002—Э с учетом укорочения до стандартной длины. Толщина толстых досок в поставе характеризуется рядом 32, 36, 38, 44, 50, 63, 75 мм; тонких — 16, 19, 22, 25 мм. Ширина пиломатериалов, начиная со 100 мм, изменяется через 25 мм. Диапазон толщин бруса — 100... 275 мм. Наименьшая длина доски — 1,5 (изменяется через 0,3 м). Усушка выбирается в соответствии с ГОСТ 6782.1. Ширина пропила при первом и втором проходах выбирается исходя из условий рамной распиловки бревен средних диаметров на экспортные пиломатериалы в унифицированной размерной сетке для условий Архангельского промышленного узла.

Предпочтительные параметры поставов, характеризующие условия рационального использования древесины бревна при распиловке его по образующей, приведены в [4]. К ним относятся толщины толстых досок и брусьев при необходимом количестве их сечений. Они определены на основании параметрической оценки формоизменяемости размеров пиломатериалов по программе, описание алгоритма которой дано в работе [1].

Рекомендуемые параметры поставов при получении наибольшего выхода толстых досок приведены в табл. 1. Рекомендуемые показатели раскроя, обеспечивающие получение наибольшего объемного выхода пиломатериалов из бревна, приведены в табл. 2.

Принимая за критерий оценки назначаемых поставов получение наибольшего числа толстых досок, следует предусматривать в них наименьшие допустимые толщины. Рекомендуемые параметры раскроя с учетом назначения наименьших допустимых толщин досок, назначаемых в зависимости от диаметра перерабатываемых бревен и толщин брусьев, приведены в табл. 3.

Таблица 1

Рекомендуемые параметры поставов для распиловки бревен на пиломатериалы при получении наибольшего выхода толстых досок

Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Выход, %	Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Выход, %
16	100	32	36,19	30	175	75	45,19
18	100	44	40,44	30	200	50	45,91
18	125	38	43,66	30	225	50; 75	38,73
20	100	38	37,66	32	175	75	39,87
20	125	44	40,83	32	200; 225	75; 50	45,56
22	125	38	39,68	34	200	75	40,80
22	150	44	41,35	34	225	75	45,90
24	125	44	38,45	36	200	50	40,25
24	150	50	39,33	36	225	50	45,28
26	150	44	39,97	38	200	50	36,46
26	175	50; 75	39,74	38	225	50	41,02
28	150	50	39,00	40	200	50; 75	39,83
28	175	50; 75	34,12	40	225	75	44,80
28	200	50; 75	39,00				

Таблица 2

Рекомендуемые параметры поставов для распиловки бревен при получении наибольшего объемного выхода пиломатериалов

Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Выход, %	Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Выход, %
16	100	44	50,74	30	175	75*	62,72
18	100	44*	54,32	30	200	50*	64,36
18	125	50	53,37	30	225	75*	63,46
20	100	44	56,69	32	175	75*	63,68
20	125	50	55,67	32	200	75*	64,53
22	125	50	55,10	32	225	50*	64,27
22	150	44*	58,38	34	200	75*	65,65
24	125	44*	57,97	34	225	75*	65,03
24	150	44	57,80	36	200	75	65,32
26	150	44*	60,89	36	225	50*	65,31
26	175	75*	61,49	38	200	50*	62,87
28	150	50*	61,12	38	225	75	65,19
28	175	75*	63,27	40	200	75*	64,29
28	200	75*	61,04	40	225	75*	65,79

\* Толщины, при назначении которых варианты раскроя бревен при этой целевой установке дают наибольший выход толстых досок (см. табл. 1).

Таблица 3

Рекомендуемые параметры поставов для распиловки бревен при получении наибольшего числа толстых досок

Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Число толстых досок, шт.	Диаметр бревна, см	Толщина бруса, мм	Толщина толстой доски, мм	Число толстых досок, шт.
16	100	32	3	30	175	50	4
18	100	32	4	30	200	50	4
18	125	32(38)	3(3)	30	225	50	3
20	100	38	4	32	175	50	4
20	125	38(44)	3(3)	32	200	50	4
22	125	38	4	32	225	50	4
22	150	38(44)	3(3)	34	200	50	4
24	125	44	4	34	225	50	4
24	150	44(50)	3(3)	36	200	50	5
26	150	44	4	36	225	50	5
26	175	44(50)	3(3)	38	200	50	5
28	150	50	4	38	225	50	5
28	175	50	3	40	200	50	6
28	200	50	3	40	225	50	5

Как следует из анализа табл. 1—3, принятие за критерий оценки поставов комплекса показателей раскроя неадекватно влияет на конечный результат реализации распиловочных планов. Получение максимального конечного результата может быть достигнуто при условии подчинения плана выполнению одного из заданных показателей.

Результаты работы позволяют разработать научно-обоснованный подход к планированию основных показателей раскроя бревен на экспортные пиломатериалы, не абстрагируясь от поставов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Алексеев А. Е., Рогатых А. Л., Царев Е. Г. Расчет рациональных поставов на распиловку бревен при их ориентации по образующей // Лесн. и дере-