

Н. А. БАТИН

## РАСКРОЙ НЕОБРЕЗНЫХ ДОСОК

Изучение и исследование наивыгоднейших условий раскроя необрезных досок имеет большое практическое значение в решении проблемы экономного использования сырья.

Поэтому вопросы раскроя необрезных досок рассматриваются в ряде работ [1—7]. Однако в них не дается общего решения поставленной задачи. Учитывая это, настоящая работа ставит целью расширить имеющиеся исследования, рассмотреть наиболее общий случай раскроя необрезной доски на  $n$  заготовок и выявить количественные изменения выхода пиломатериалов в зависимости от условий раскроя. Это позволит: установить основные положения и рекомендации раскроя необрезных досок, обеспечивающие наибольший объемный выход пиломатериалов, и выявить влияние условий раскроя на обоснование способа распиловки бревен (вразвал или с брусочкой) и основных исходных данных по расчету и составлению поставок.

Раскрой необрезной доски ведется по внешней (узкой) пласти, которая может быть ограничена усеченной или полной параболой в зависимости от местоположения ее в торцевом сечении бревна. Прежде чем перейти к раскрою, отметим некоторые свойства сегмента параболы.

При принятых обозначениях на рис. 1 будем иметь:

$$Z = \frac{B^2}{B^2 - b^2} \cdot L; \quad (1)$$

$$b_z = \sqrt{B^2 - \frac{B^2}{z} l_z}. \quad (2)$$

Площадь сегмента параболы

$$F_c = \frac{2}{3} BZ. \quad (3)$$

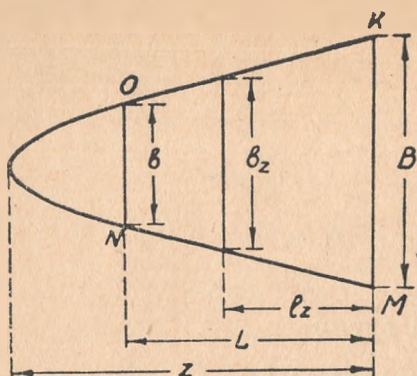


Рис. 1

Площадь криволинейной трапеции  $OKMN$  в сегменте параболы

$$F_n = \frac{2}{3} \left[ B + \frac{b^3}{B+b} \right] \cdot L. \quad (4)$$

При этом

$$B = \sqrt{D^2 - E^2}; \quad (5)$$

$$b = \sqrt{d^2 - E^2}. \quad (6)$$

где  $D$ —комлевой диаметр бревна;

$d$ —вершинный диаметр бревен;

$E$ —удвоенное расстояние от центра бревна до внешней пласти рассматриваемой необрезной доски.

Теперь рассмотрим раскрой необрезной доски, внешняя пласти которой ограничена полной параболой.

#### РАСКРОЙ НЕОБРЕЗНОЙ ДОСКИ, ВНЕШНЯЯ ПЛАСТЬ КОТОРОЙ ОГРАНИЧЕНА ПОЛНОЙ ПАРАБОЛОЙ, НА $n$ ЗАГОТОВОК

Задача раскроя необрезной доски на  $n$  заготовок сводится к получению наибольшего их объема.

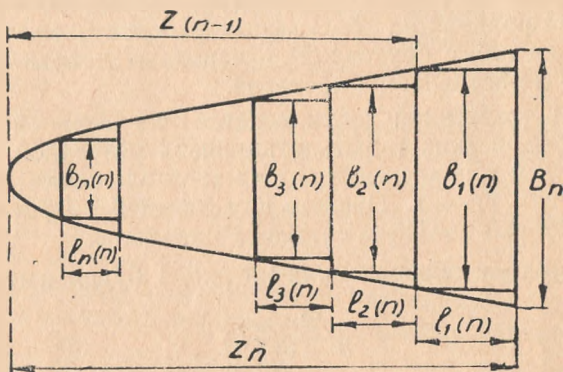


Рис. 2

При принятых обозначениях на рис. 2 объем выпиливаемых из необрезной доски  $n$  заготовок будет

$$V_n = a \left[ b_{1(n)} \cdot l_{1(n)} + b_{2(n)} \cdot l_{2(n)} + b_{3(n)} \cdot l_{3(n)} + \dots + b_{n(n)} \cdot l_{n(n)} \right], \quad (7)$$

где  $a$  — толщина доски и заготовок,

$$l_{2(n)} = l_{1(n-1)} = \gamma_{1(n-1)} Z_{(n-1)} = \gamma_{1(n-1)} [Z_n - l_{1(n)}];$$

$$l_{3(n)} = \gamma_{2(n-1)} [Z_n - l_{1(n)}];$$

.....

$$l_{n(n)} = \gamma_{(n-1)(n-1)} [Z_n - l_{1(n)}];$$

$$b_{1(n)} = B_n \sqrt{1 - \frac{l_{1(n)}}{Z_n}};$$

$$b_{2(n)} = B_n \sqrt{1 - \frac{l_{1(n)} + l_{2(n)}}{Z_n}} = B_n \sqrt{1 - \frac{l_{1(n)}}{Z_n}} \cdot \sqrt{1 - \gamma_{1(n-1)}};$$

$$b_{3(n)} = B_n \sqrt{1 - \frac{l_{1(n)}}{Z_n}} \cdot \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)}]};$$

.....

$$b_{n(n)} = B_n \sqrt{1 - \frac{l_{1(n)}}{Z_n}} \cdot \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)} + \dots + \gamma_{(n-1)(n-1)}]}.$$

Отметим, что  $b_{1(n)}$ ,  $b_{2(n)}$  ...  $b_{n(n)}$  определены по формуле (2), а  $\gamma_{1(n-1)}$ ,  $\gamma_{2(n-1)}$  ...  $\gamma_{(n-1)(n-1)}$  — постоянные коэффициенты, соответствующие раскрою необрезной доски, ограниченной полной параболой, на  $(n-1)$  заготовок наибольшего объема.

Подставляя значения  $l_{2(n)}$ ,  $l_{3(n)}$  ...  $l_{n(n)}$  и  $b_{1(n)}$ ,  $b_{2(n)}$ ,  $b_{3(n)}$ , ...  $b_{n(n)}$  в формулу (7), получим

$$V_n = a \frac{B_n}{\sqrt{Z_n}} \cdot \sqrt{Z_n - l_{1(n)}} \left\{ l_{1(n)} + [Z_n - l_{1(n)}] [\gamma_{1(n-1)} \sqrt{1 - \gamma_{1(n-1)}} + \right. \\ \left. + \gamma_{2(n-1)} \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)}]} + \dots \right. \\ \left. \dots + \gamma_{(n-1)(n-1)} \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)} + \dots + \gamma_{(n-1)(n-1)}]} \right\}.$$

Заменяя

$$\gamma_{1(n-1)} \cdot \sqrt{1 - \gamma_{1(n-1)}} + \gamma_{2(n-1)} \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)}]} + \dots \\ \dots + \gamma_{(n-1)(n-1)} \sqrt{1 - [\gamma_{1(n-1)} + \gamma_{2(n-1)} + \dots + \gamma_{(n-1)(n-1)}]} = \Delta_n.$$

получим

$$V_n = a \cdot \frac{B_n}{\sqrt{Z_n}} \cdot \sqrt{Z_n - l_{1(n)}} [l_{1(n)} + \Delta_n (Z_n - l_{1(n)})]. \quad (8)$$

Фиксируя значение  $Z_n$ , исследуем данную функцию на максимум в зависимости от  $l_{1(n)}$

$$\frac{dV_n}{dl_{1(n)}} = a \cdot \frac{B_n}{\sqrt{Z_n}} \left[ (1 - \Delta_n) \sqrt{Z_n - l_{1(n)}} - \frac{l_{1(n)} + \Delta_n (Z_n - l_{1(n)})}{2 \sqrt{Z_n - l_{1(n)}}} \right] = 0.$$

Откуда находим

$$l_{1(n)} = \frac{2 - 3\Delta_n}{3 - 3\Delta_n} \cdot Z_n = \gamma_{1(n)} Z_n; \quad (9)$$

где

$$\gamma_{1(n)} = \frac{2 - 3\Delta_n}{3 - 3\Delta_n}. \quad (10)$$

Подставляя значение  $l_{1(n)} = \frac{2 - 3\Delta_n}{3 - 3\Delta_n} \cdot Z_n$  в формулу (8), получим

$$V_n = \frac{0,385}{\sqrt{1 - \Delta_n}} \cdot a B_n Z_n = \varepsilon_n a B_n Z_n, \quad (11)$$

где

$$\varepsilon_n = \frac{0,385}{\sqrt{1 - \Delta_n}}. \quad (12)$$

Подставляя значение  $B = \sqrt{D^2 - E^2}$  и  $Z = \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2} \cdot L$  в формулу (11), будем иметь:

$$V_n = \frac{\varepsilon_n}{D^2 - d^2} \sqrt{(D^2 - E^2)^3} \cdot a \cdot L. \quad (13)$$

Рассмотрим частный случай, когда  $n = 1$ , т. е. случай раскроя необрезной доски на одну длинномерную обрезную доску.

При  $n = 1$  будем иметь:

$$\Delta_n = \Delta_1 = 0 \quad \text{и} \quad \varepsilon_n = \varepsilon_1 = 0,385.$$

Тогда

$$l_1 = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3} L \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2};$$

$$V_1 = \frac{0,385}{D^2 - d^2} \sqrt{(D^2 - E^2)^3} \cdot a \cdot L.$$

При раскрое необрезной доски на  $(n-1)$  заготовок объем их  $V_{(n-1)}$ , как это следует из формулы (8) и (11) и рис. 2, где  $b_{1(n)} = B_{(n-1)}$  определится:

$$V_{(n-1)} = \Delta_n a \cdot B_{(n-1)} Z_{(n-1)} = \varepsilon_{(n-1)} \cdot a B_{(n-1)} Z_{(n-1)},$$

откуда следует, что между коэффициентами  $\Delta$  и  $\varepsilon$  имеется следующая взаимосвязь

$$\Delta_n = \varepsilon_{(n-1)}; \quad (14)$$

или 
$$\Delta_{n+1} = \varepsilon_n. \quad (15)$$

Ниже даются значения коэффициентов  $\Delta_n$ ,  $\varepsilon_n$  и  $\gamma_{1(n)}$  (табл. 1).

Таблица 1

Количество ( $n$ ) выпиливаемых заготовок из не- обрезных досок	$\Delta_n = \varepsilon_{n-1}$	$\varepsilon_n = \frac{0,385}{\sqrt{1-\Delta_n}}$	$\gamma_{1(n)} = \frac{2-3\Delta_n}{3-3\Delta_n}$
1	$\Delta_1 = 0,0$	$\varepsilon_1 = 0,385$	$\gamma_{1(1)} = 0,667$
2	$\Delta_2 = \varepsilon_1 = 0,385$	$\varepsilon_2 = 0,491$	$\gamma_{1(2)} = 0,458$
3	$\Delta_3 = \varepsilon_2 = 0,491$	$\varepsilon_3 = 0,5396$	$\gamma_{1(3)} = 0,345$
4	$\Delta_4 = \varepsilon_3 = 0,5396$	$\varepsilon_4 = 0,5674$	$\gamma_{1(4)} = 0,276$
5	$\Delta_5 = \varepsilon_4 = 0,5674$	$\varepsilon_5 = 0,58535$	$\gamma_{1(5)} = 0,23$
6	$\Delta_6 = \varepsilon_5 = 0,58535$	$\varepsilon_6 = 0,5979$	$\gamma_{1(6)} = 0,196$
7	$\Delta_7 = \varepsilon_6 = 0,5979$	$\varepsilon_7 = 0,60714$	$\gamma_{1(7)} = 0,171$
8	$\Delta_8 = \varepsilon_7 = 0,60714$	$\varepsilon_8 = 0,61425$	$\gamma_{1(8)} = 0,152$
9	$\Delta_9 = \varepsilon_8 = 0,61425$	$\varepsilon_9 = 0,62$	$\gamma_{1(9)} = 0,136$
10	$\Delta_{10} = \varepsilon_9 = 0,62$	$\varepsilon_{10} = 0,62455$	$\gamma_{1(10)} = 0,123$

Пользуясь приведенными в табл. 1 коэффициентами  $E_n$  и  $\gamma_{1(n)}$ , нетрудно определить длину каждой заготовки при раскросе необрезной доски на  $n$  заготовок, а также их общую длину и объем. Этот расчет сведен в табл. 2.

Длина данной заготовки, как это следует из предыдущих выводов, определяется по формуле

$$l_{m(n)} = \gamma_{(m-1)(n-1)} [Z_n - l_{1(n)}]. \quad (16)$$

Индексы обозначают:

$n$ —количество заготовок, на которое раскраивается необрезная доска;

$m$ —порядковый номер выпиливаемой заготовки, считая от комлевого сечения при раскросе необрезной доски на  $n$  заготовок.

Данные табл. 2 устанавливают оптимальную длину заготовок и указывают на эффективность раскрося необрезных досок на заготовки.

Общая длина заготовок  $(\sum l = \gamma_n Z = \gamma_n \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2} \cdot L)$  может быть как равной длине бревна  $L$ , так и меньше. Предельное (критическое) расстояние между двумя симметрично расположенными внешними пластями необрезных досок ( $E_{кр}$ ),

Таблица 2

Количество выпиливаемых заготовок	Длина заготовок в полях Z										Общая длина заготовки $\Sigma l = \sum_{i=1}^n Z$	Объем заготовок $V_n = \varepsilon_n \cdot a B_n Z_n$	Относи- тельное из- менение $V_n$ в %
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$l_8$	$l_9$	$l_{10}$			
1	0,667	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,667 Z	0,385 aBZ	100
2	0,458	0,362	—	—	—	—	—	—	—	—	0,82 Z	0,491 aBZ	127
3	0,345	0,300	0,237	—	—	—	—	—	—	—	0,882 Z	0,5396 aBZ	140
4	0,276	0,250	0,217	0,172	—	—	—	—	—	—	0,915 Z	0,5674 aBZ	147
5	0,23	0,213	0,192	0,167	0,132	—	—	—	—	—	0,934 Z	0,58535 aBZ	152
6	0,196	0,185	0,171	0,154	0,134	0,106	—	—	—	—	0,946 Z	0,5979 aBZ	156
7	0,171	0,163	0,153	0,142	0,128	0,111	0,088	—	—	—	0,956 Z	0,60714 aBZ	158
8	0,152	0,145	0,139	0,13	0,121	0,109	0,094	0,075	—	—	0,965 Z	0,61425 aBZ	160
9	0,136	0,131	0,125	0,12	0,112	0,104	0,094	0,081	0,065	—	0,968 Z	0,62 aBZ	161
10	0,123	0,119	0,115	0,11	0,105	0,098	0,091	0,082	0,071	0,057	0,971 Z	0,62455 aBZ	162

при котором общая длина заготовок будет еще равна длине бревна, определится из равенства

$$\sum l = \gamma_n Z = \gamma_n \cdot \frac{D^2 - E_{кр}^2}{D^2 - d^2} \cdot L = L,$$

откуда находим

$$E_{кр} = \sqrt{\frac{1}{\gamma_n} \cdot d^2 - \left(\frac{1}{\gamma_n} - 1\right) D^2}. \quad (17)$$

Значение  $E_{кр}$ , подсчитанное по формуле (17), дается в табл. 3.

Таблица 3

n	$\gamma_n$	Расчетная формула	$E_{кр}$ в долях $d$ при $D/d$			
			1,1	1,2	1,3	1,4
1	0,667	$E_{кр} = \sqrt{1,5 d^2 - 0,5 D^2}$	0,946	0,883	0,81	0,721
2	0,82	$E_{кр} = \sqrt{1,22 d^2 - 0,22 D^2}$	0,977	0,95	0,921	0,888
3	0,882	$E_{кр} = \sqrt{1,13 d^2 - 0,13 D^2}$	0,986	0,971	0,954	0,935
4	0,915	$E_{кр} = \sqrt{1,09 d^2 - 0,09 D^2}$	0,99	0,98	0,968	0,956
5	0,934	$E_{кр} = \sqrt{1,07 d^2 - 0,07 D^2}$	0,992	0,984	0,975	0,966
6	0,946	$E_{кр} = \sqrt{1,06 d^2 - 0,06 D^2}$	0,993	0,987	0,979	0,971

Таким образом, при раскрое необрезных досок, внешняя плась которых находится вне зоны  $E_{кр}$ , т. е. когда  $E > E_{кр}$  общая длина заготовок будет определяться по формуле

$$\sum l = \gamma_n Z = \gamma_n \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2} \cdot L, \quad (18)$$

а длина рассматриваемой  $m$ -й заготовки будет равна

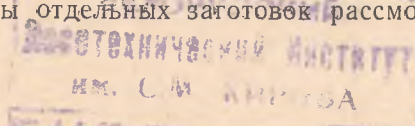
$$l_{m(n)} = \gamma_{m(n)} \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2} \cdot L. \quad (19)$$

Ширина  $m$ -й заготовки определится по формуле

$$b_{m(n)} = B \sqrt{1 - [\gamma_{1(n)} + \gamma_{2(n)} + \dots + \gamma_{m(n)}]}, \quad (20)$$

где коэффициенты  $\gamma_{1(n)}$ ,  $\gamma_{2(n)}$ ,  $\gamma_{m(n)}$  берутся из табл. 2.

При раскрое необрезных досок, внешняя плась которых находится в зоне  $E_{кр}$ , т. е. когда  $E \leq E_{кр}$ , общая длина заготовок будет равна длине раскраиваемой доски (бревна). Определение длины отдельных заготовок рассмотрим ниже.



## РАСКРОЙ НЕОБРЕЗНОЙ ДОСКИ, ВНЕШНЯЯ ПЛАСТЬ КОТОРОЙ ОГРАНИЧЕНА УСЕЧЕННОЙ ПАРАБОЛОЙ

Рассматриваемые условия раскроя будут относиться к раскрою необрезных досок, внешняя плоть которых находится в зоне  $E_{кр}$ . При раскросе таких досок на  $n$  заготовок общая длина их соответствует длине раскраиваемой доски (или бревна).

Для определения оптимальных длин заготовок построим график (рис. 3), для чего воспользуемся формулами (10), (12), (15), (20) и данными табл. 2.

В правой части графика построены четыре пучка кривых оптимальных длин заготовок для раскроя необрезных досок на 2, 3, 4 и 5 заготовок. Эти пучки кривых построены в прямоугольных координатах, где на оси ординат отложены значения  $\left(\frac{b}{B}\right)$ , а на оси абсцисс оптимальные длины заготовок в долях от длины раскраиваемой необрезной доски, т. е.  $\frac{l}{L}$ .

Номер кривой каждого пучка соответствует порядковому номеру вытесливаемой заготовки, считая от комлевого сечения при раскросе необрезной доски соответственно на 2, 3, 4 и 5 заготовок.

Для каждого пучка кривых дается своя ось абсцисс, имеющая соответствующую отметку на оси ординат, а именно: для  $n=5$  ось абсцисс имеет отметку на оси ординат  $\left(\frac{b}{B}\right)=0,26$ , для  $n=4$   $\frac{b}{B}=0,29$ ; для  $n=3$   $\frac{b}{B}=0,344$ ; для  $n=2$   $\frac{b}{B}=0,424$ . Эти отметки назовем критическими, т. е.  $\left(\frac{b}{B}\right)_{кр}$ . Они показывают, что при  $\left(\frac{b}{B}\right) \geq \left(\frac{b}{B}\right)_{кр}$  оптимальная длина заготовок будет определяться по данному графику и что их общая длина будет равна длине бревна ( $L$ ).

При  $\left(\frac{b}{B}\right) < \left(\frac{b}{B}\right)_{кр}$  необходимо делать урезку необрезной доски так, чтобы сохранилось отношение  $\frac{b}{B} = \left(\frac{b}{B}\right)_{кр}$ . При этом оптимальная длина заготовок и их общая длина определяется по табл. 2 и соответственно по формулам (19) и (18).

В средней части графика построены кривые, устанавливающие взаимосвязь между  $\left(\frac{b}{B}\right)$  и  $\left(\frac{E}{d}\right)$  для бревен, имеющих различный коэффициент сбега  $K = \frac{D}{d}$ .



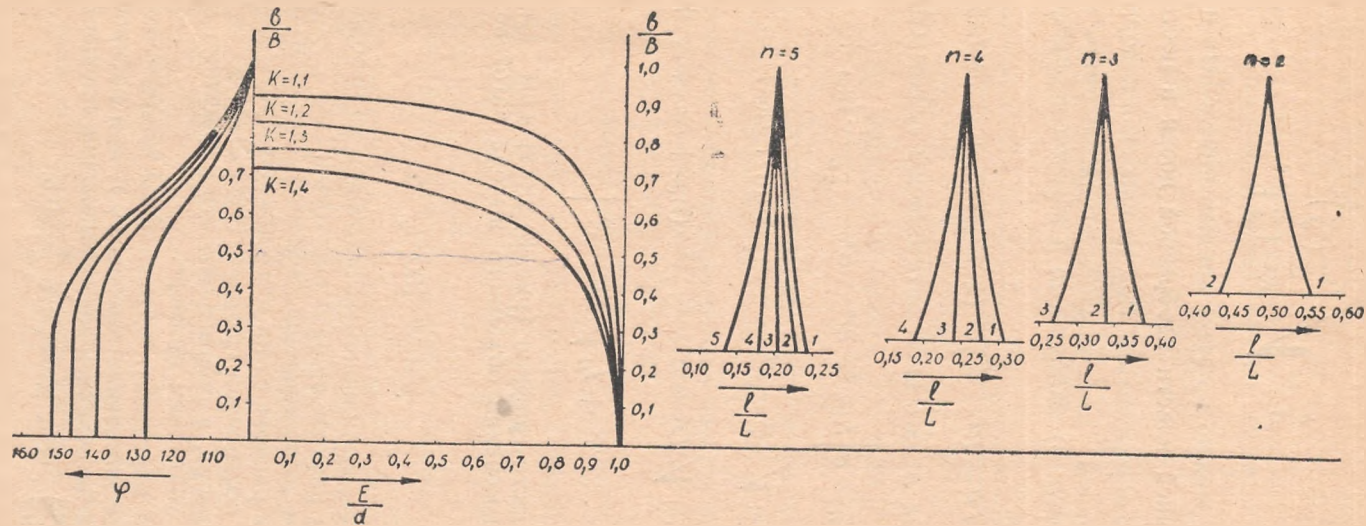


Рис. 3

Эти кривые построены по формуле

$$\frac{b}{B} = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{E}{d}\right)^2}{K^2 - \left(\frac{E}{d}\right)^2}} \quad (21)$$

Зная  $\left(\frac{b}{B}\right)$ , можно по этим кривым определить и местоположение внешней пласти необрезной доски в поставе, а по  $\left(\frac{b}{B}\right)$  кр. можно определить и  $E_{кр}$ , не прибегая к формуле (17).

Таким образом, оптимальная длина заготовок находится по графику (рис. 3). Ширина  $m$ -й заготовки определится по формуле

$$b_{m(n)} = \sqrt{D^2 - E^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} (l_{1(n)} + l_{2(n)} + \dots + l_{m(n)})}. \quad (22)$$

Объем всех  $n$  заготовок оптимальной длины определится

$$\begin{aligned} V_n = a & \left[ l_{1(n)} \sqrt{D^2 - E^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} \cdot l_{1(n)}} + \right. \\ & + l_{2(n)} \sqrt{D^2 - E^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} \cdot (l_{1(1)} + l_{2(n)})} + \dots \\ & \dots + l_{(n-1)(n)} \sqrt{D^2 - E^2 - \frac{D^2 - d^2}{L} \cdot (l_{1(n)} + l_{2(n)} + \dots + l_{(n-1)(n)} +} \\ & \left. + l_n \sqrt{D^2 - E^2} \right]. \quad (23) \end{aligned}$$

В левой части графика (рис. 3) построены кривые относительного изменения объемного выхода заготовок по формуле

$$\varphi = \frac{V_n}{V_1} \cdot 100 \%, \quad (24)$$

где  $V_n$ —объем выпиливаемых заготовок из необрезной доски при раскрое ее на  $n$  заготовок;

$V_1$ —объем выпиливаемой обрезной доски из необрезной при раскрое ее на одну длинномерную доску.

Порядок построения графика (рис. 3) прост и не требует особых пояснений, а пользование этим графиком можно проследить на следующем примере.

Требуется определить оптимальные длины заготовок ( $l$ ), относительное изменение выхода ( $\varphi$ ), при раскрое необрезной доски на заготовки и местоположение внешней ее пласти в поставе  $\left(\frac{E}{d}\right)$ , если дано, что  $\frac{b}{B} = 0,5$ .

Найденные значения по графику (рис. 3)  $l$  и  $\varphi$  даются в табл. 4, а  $\left(\frac{E}{d}\right)$  — в табл. 5.

Таблица 4

Количество выпиленных заготовок ( $n$ )	Оптимальная длина заготовок в долях $L$ т. е. $l/L$					Относительное изменение выхода $\varphi$ в %
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	
2	0,55	0,45	—	—	—	124
3	0,372	0,336	0,292	—	—	134
4	0,282	0,263	0,240	0,215	—	139
5	0,225	0,215	0,202	0,188	0,170	142

Таблица 5

$K = \frac{D}{d}$	1,1	1,2	1,3	1,4
$\frac{E}{d}$	0,963	0,923	0,876	0,825

График (рис. 3) показывает, что с уменьшением отношения  $\left(\frac{b}{B}\right)$ , т. е. с удалением внешней пласти необрезной доски от центра к периферии, эффективность раскря необрезных досок на заготовки возрастает и увеличивается отклонение длины заготовок от их среднего значения.

Резкое уменьшение отношения  $\left(\frac{b}{B}\right)$ , как это показывает график, наступает при  $\frac{E}{d} > 0,8$ . График также показывает, что с увеличением количества выпиленных заготовок ( $n$ ) из необрезной доски объем заготовок увеличивается. Резкое увеличение падает на  $n=2$ .

При дальнейшем увеличении  $n$  процент объема заготовок затухает.

Из этого следует, что необрезные доски, выпиленные из центральной зоны бревна, следует раскраивать на длинномерные доски и заготовки, если таковые требуются по заказу или спецификацией, или лучше производить распиловку бревен с брусочкой.

График (рис. 3) позволяет судить не только о величине, но и характере изменения длины заготовок в зависимости от изменения отношения  $\left(\frac{b}{B}\right)$ .

Учитывая это, необходимо выяснить практическую целесообразность раскря необрезных досок на заготовки равных длин, т. е. выяснить влияние такого раскря на уменьшение

выхода. При раскросе необрезных досок на заготовки равных длин, длина каждой заготовки ( $l_{заг}$ ) будет равна

$$l_{заг} = \frac{\Sigma l}{n}, \quad (25)$$

где  $\Sigma l$ —общая длина всех заготовок. При  $E > E_{кр}$   $\Sigma l$  берется из табл. 2, при  $E \leq E_{кр}$   $\Sigma l = L$ .

Объем заготовок определится по формуле

$$V_{заг} = a \cdot l_{заг} \left[ \sqrt{D^2 - E^2 - \frac{l_{заг}}{L} (D^2 - d^2)} + \sqrt{D^2 - E^2 - 2 \cdot \frac{l_{заг}}{L} (D^2 - d^2)} + \dots + \sqrt{D^2 - E^2 - n \cdot \frac{l_{заг}}{L} (D^2 - d^2)} \right]. \quad (26)$$

Уменьшение выхода заготовок равных длин в сравнении с выходом заготовок оптимальных длин определяем по формуле

$$\eta_{заг} = \frac{V_n - V_{заг}}{V_n} \cdot 100 \%, \quad (27)$$

где  $V_n$ —объем заготовок оптимальных длин,  
 $V_{заг}$ —объем заготовок равных длин.

Значение  $\eta_{заг}$ , подсчитанное по формуле (27), дается в табл. 6.

Таблица 6

$\left(\frac{b}{B}\right)$	Значение $\eta_{заг}$ , при количестве выпиливаемых заготовок из необрезной доски			
	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
0	0,43 %	0,53 %	0,55 %	0,55 %
0,6	0,07 %	0,03 %	0,03 %	0,03 %

Приведенные данные в табл. 6 показывают, что максимальное снижение выхода при раскросе необрезной доски на заготовки равной длины будет 0,55%, которое резко уменьшается с уменьшением расстояния от центра бревна до внешней пласти раскраиваемой необрезной доски. Это указывает на возможность принимать в расчетах и рекомендовать в практике раскрой необрезных досок на заготовки равной длины. В случае необходимости иметь заготовки различной длины следует выкраивать более длинные заготовки из комлевой части, пользуясь для определения оптимальных длин графиком (рис. 3) и табл. 2.

## РАСКРОЙ НЕОБРЕЗНЫХ ДОСОК С УЧЕТОМ ПЕРЕХОДА НА СПЕЦИФИКАЦИОННЫЕ РАЗМЕРЫ ПО ШИРИНЕ И ВЛИЯНИЕ ЭТОГО ФАКТОРА НА ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА РАСПИЛОВКИ

При раскросе необрезных досок на обрезные наибольшего объема в соответствии с теорией максимальных поставов зачастую получаем ширину их, не совпадающую с заданными размерами по спецификации.

Поэтому при обрезке досок в практике исходят из условия получения ширины, соответствующей требованиям спецификации, хотя это влечет за собой уменьшение объема выпиливаемых досок, а следовательно—и объемного выхода. Учитывая это, необходимо выявить влияние на объемный выход перехода от расчетных размеров по ширине к спецификационным и установить условия раскроя, обеспечивающие наименьшие потери в выходе.

Наибольший объем обрезной доски, полученный при раскросе необрезной, в соответствии с теорией максимальных поставов, будет

$$V_0 = a_0 b_0 l_0, \quad (28)$$

где  $a_0$ —толщина доски,

$b_0$ —оптимальная ширина обрезной доски,

$l_0$ —оптимальная длина обрезной доски.

Однако оптимальная ширина обрезной доски  $b_0$  может не совпадать со спецификационными размерами ширины, т. е.

$$b_{cn} = b_0 \pm \delta,$$

где  $b_{cn}$ —спецификационный размер обрезной доски по ширине,

$\delta$ —величина отклонения спецификационного размера доски по ширине от расчетного.

Или можно выразить

$$b_{cn} = \alpha b_0, \quad (29)$$

где  $\alpha$ —коэффициент, который может быть как больше, так и меньше единицы.

При выпилке обрезной доски спецификационных размеров по ширине объем ее будет

$$V_{cn} = a_0 b_{cn} l_{cn}, \quad (30)$$

где  $l_{cn}$ —длина обрезной доски, соответствующая  $b_{cn}$ .

Снижение объемного выхода обрезных досок из-за перехода от расчетных размеров по ширине к спецификационным определится

$$\eta = \left[ 1 - \frac{V_{cn}}{V_0} \right] \cdot 100 \text{ \%}.$$

Подставляя значение  $V_{cn}$  и  $V_0$  и заменяя  $b_{cn} = \alpha b_0$ , получим:

$$\eta = \left(1 - \alpha \cdot \frac{l_{cn}}{l_0}\right) \cdot 100. \quad (31)$$

Рассмотрим возможные частные случаи формулы (31), вытекающие из условия раскроя и местоположения внешней пласти необрезной доски в поставе.

*Случай, когда  $\alpha > 1$ .*

1. При  $E \leq E_{кр}$ , когда

$$b_0 = \sqrt{d^2 - E^2}; \quad B = \sqrt{D^2 - E^2} \quad \text{и} \quad l_0 = L,$$

будем иметь:

$$\frac{l_{cn}}{l_0} = \frac{B^2 - \alpha^2 b_0^2}{B^2 - b_0^2}. \quad (32)$$

Подставляя из формулы (32) значение  $\frac{l_{cn}}{l_0}$  в формулу (31), получим

$$\eta = \left[1 - \alpha \cdot \frac{B^2 - \alpha^2 b_0^2}{B^2 - b_0^2}\right] \cdot 100. \quad (30)$$

2. При  $E > E_{кр}$ , когда

$$b_0 = 0,577 B \quad \text{и} \quad l_0 = \frac{2}{3} \cdot L \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2},$$

будем иметь:

$$\frac{l_{cn}}{l_0} = \frac{3 - \alpha^2}{2} \quad (34)$$

Подставляя из формулы (34) значение  $\frac{l_{cn}}{l_0}$  в формулу (31), получим

$$\eta = \left[1 - \frac{\alpha}{2} (3 - \alpha^2)\right] \cdot 100. \quad (35)$$

*Случай, когда  $\alpha < 1$*

1. При  $E \leq E_{кр}$  будем иметь:

$$\frac{l_{cn}}{l_0} = 1. \quad (36)$$

Подставляя из формулы (36) значение  $\frac{l_{cn}}{l_0}$  в формулу (31), получим

$$\eta = (1 - \alpha) \cdot 100. \quad (37)$$

При  $E \geq E_{кр}$ , когда  $b_0 = 0,577 B$ ;

$$l_0 = \frac{2}{3} \cdot L \cdot \frac{D^2 - E^2}{D^2 - d^2} \quad \text{и} \quad l_{cn} = L,$$

будем иметь

$$\frac{l_{cn}}{l_0} = \frac{3}{2} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^2 - E^2}. \quad (38)$$

Подставляя из формулы (38) значение  $\frac{l_{cn}}{l_0}$  в формулу (31), получим

$$\eta = \left( 1 - \frac{3}{2} \cdot \alpha \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^2 - E^2} \right) \cdot 100. \quad (39)$$

Но если 
$$\frac{l_{cn}}{l_0} = \frac{3}{2} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^2 - E_n^2} = \frac{3 - \alpha^2}{2}, \quad (40)$$

то  $\eta$  будет определяться по формуле (35).

Из равенства (40) определим  $E_n$ :

$$E_n = \sqrt{\frac{3d^2 - \alpha^2 D^2}{3 - \alpha^2}}.$$

Таким образом, для  $\alpha < 1$  значение  $\eta$  определяется:

при  $E \leq E_{кр}$  по формуле (37),

при  $E_{кр} < E < E_n$  по формуле (39), а

при  $E \geq E_n$  по формуле (35).

Для более лучшего представления о характере изменения выхода обрезных досок из-за перехода от расчетных размеров по ширине к спецификационным по формулам (33), (35), (37), (39) строим график (рис. 4) для  $\alpha = 1,1; 1,05; 0,9; 0,95$  и для бревен, имеющих коэффициент сбега  $K = \frac{D}{d} = 1,3$ .

Анализ формул (33), (35), (37), (39) и построенного по ним графика (рис. 4) позволяет сделать следующие выводы:

1. При раскросе необрезных досок на обрезные потеря в выходе увеличивается с увеличением отклонения расчетной ширины от требуемой ширины по спецификации.

2. При одном и том же отклонении расчетной ширины обрезных досок от требуемой ширины по спецификации потеря в выходе для досок, выпиливаемых из цилиндрической зоны, бревна, значительно больше, чем для досок, выпиливаемых из зоны сбега.

Указанная потеря в выходе при раскросе необрезных досок, выпиливаемых из цилиндрической зоны бревна, для  $\alpha > 1$  резко возрастает с уменьшением  $E$ , т. е. чем ближе внешняя пласть выпиливаемой необрезной доски к центру бревна, тем больше потеря в выходе.

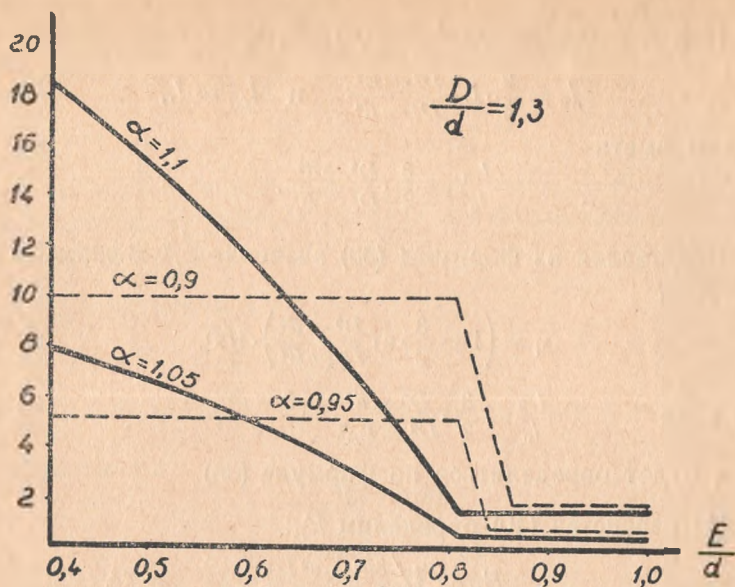


Рис. 4

3. При несовпадении расчетных размеров по ширине со спецификационными следует устанавливать при обрезке досок ближайший спецификационный размер, лежащий ниже или выше расчетного, учитывая при этом характер изменения  $\eta$  показанный на графике (рис. 4).

Этот график показывает, что для досок, внешняя плоть которых лежит в зоне изменения  $E$  от  $0,6 d$  до  $E_M$ , при равных и близких отклонениях в сторону увеличения или уменьшения спецификационных размеров по ширине от расчетных следует брать спецификационный размер выше расчетного, т. е. следует брать  $\alpha > 1$ .

Для досок, внешняя плоть которых лежит в зоне изменения  $E$  от 0 до  $0,6 d$ , следует брать спецификационный размер ниже расчетного, т. е. следует брать  $\alpha < 1$ .

Для досок, внешняя плоть которых лежит за пределами  $E_M$ , т. е. когда  $E \geq E_M$  с точки зрения выхода будет равнозначное решение иметь  $\alpha > 1$  или  $\alpha < 1$ . В этом случае следует исходить только из требований спецификации.

4. Учитывая значительные потери в выходе для досок, выпиливаемых из центральной зоны бревна, и сравнительно малые потери для досок, выпиливаемых из периферийной зоны бревна, из-за перехода от расчетных размеров по ширине к спецификационным размерам при их обрезке необходимо распиловку бревен производить с брусковкой, а не вразвал.



Во-первых, брусовка дает не менее 60% чистообрезных досок спецификационных размеров от всей получаемой пилопродукции из бревна, а следовательно, и резко сокращает объем подлежащих обрезке досок.

Значит, сфера влияния изучаемого фактора на потерю выхода резко сокращается, и за счет этого потери в выходе сокращаются.

Во-вторых, при распиловке бревен с брусовкой необрезные доски получаются из периферийной зоны бревна, при обрезке которых потери в выходе из-за перехода от расчетных размеров по ширине к спецификационным, как выше было показано, сравнительно малы.

Этот момент также оказывает весьма положительное влияние на уменьшение потерь в выходе.

Кроме того, при распиловке бревен с брусовкой потребность в длиномерных обрезных досках может быть удовлетворена за счет выхода их из бруса, а периферийные необрезные доски могут быть раскроены на заготовки и тем самым резко повысить выход пиломатериалов.

Таким образом, эти моменты, характерные для распиловки бревен с брусовкой, положительно влияют на уменьшение потерь в выходе. Это говорит о преимуществах брусовки перед развалом.

## ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. П. Раскрой бревен на пиломатериалы. Гослесбумиздат, 1951.

Власов Г. Д. Методы расчета поставов. Гослесбумиздат, 1950.

Песоцкий А. Н. Лесопильно-строгальные производства. Гослесбумиздат, 1949.

Титков Г. Г. Основы теории максимальных поставов. Журнал «Механическая обработка древесины» №№ 2, 3, 1939.

Фельдман Х. Л. Система максимальных поставов на распиловку. Гослесбумиздат, 1932.

Фишкина Ф. Л. Исследование раскроя необрезных досок, (автореферат), М., 1954.

Шапиро Дж. Ф. Лесопильно-строгальное производство. Гослестехиздат, 1935.