

УДК 674.093

А.Е. Алексеев, О.И. Бедердинова

Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета, академик Академии проблем качества, чл.-корреспондент Метрологической академии. Имеет более 70 печатных работ в области лесопиления.



Бедердинова Оксана Ивановна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики Севмашвуза. Имеет 9 печатных работ в области лесопиления.



ХАРАКТЕРИСТИКА ВХОДНОГО ПОТОКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Предложена математическая модель количественного распределения необрезных досок, поступающих на обрезной станок, от длины и диаметра бревна для всех поставов при распиловке хвойных пород в потоках на базе лесопильных рам.

пиломатериалы, характеристика, поток пиломатериалов, анализ.

Несоответствие цикловой производительности (асинхронность) лесопильных рам и обрезных станков и отсутствие необходимых запасов между ними приводит к завалам досок и горбылей. Это заставляет снижать посылку у рам или останавливать их на время разборки завалов. Только по этой причине внутрисменные простои бревнопильных линий, а следовательно, и лесопильных цехов и предприятий доходят до 25 % от всех видов простоев при значительных потерях (до 2 %) выхода пилопродукции [4].

Цель статьи – построение формализованного описания параметров потока пиломатериалов.

С хорошей достоверностью эти запасы могут быть определены при учете факторов, регламентирующих колебания интенсивности поступления бревен и пиломатериалов к линиям обрезки от лесопильных рам 1-го и 2-го ряда и линиям сортировки от участка обрезки, а также режимов работы оборудования на этих линиях и др.

Целесообразно определить статистические параметры распределения необрезных досок исходя из предположения нерегулярной интенсивности поступления пиломатериалов к обрезным станкам.

Статистическая характеристика потока необрезных досок.

На основании анализа используемых поставок [1], предназначенных для распиловки бревен диаметром 16 ... 32 см в вершинном торце брусоразвальным осевым способом с выпилкой одного бруса, было отобрано 57 поставок. Получены распределения необрезных досок по количеству и длине. Поставы предусматривали одновременную выпилку досок двух толщин (22 см – тонкие; 44, 50, 63, 75 см – толстые), что соответствует требованиям нормативных документов производства экспортных пиломатериалов [2].

Продолжительность t'_i , с, продольного пиления бревна i -го диаметра на лесопильной раме без учета продолжительности межторцовых разрывов [3] находят по формуле

$$t'_i = \frac{60000l_i}{\Delta i n K_x}, \quad (1)$$

где l_i – длина бревна i -го диаметра, м;

Δi – посылка на лесопильной раме, мм/об.;

n – частота вращения коленчатого вала лесопильной рамы, 1/мин;

K_k – коэффициент хода пильной рамки, $K_k = 1$ мм.

С учетом межторцового разрыва продолжительность раскроя бревна t'_i , с, определяют из уравнения

$$t_i = \frac{60000l_i}{\Delta i n K_x} + t_p, \quad (2)$$

где t_p – продолжительность нахождения бревна в межторцовом разрыве, с.

Число бревен K_g i -го диаметра, выпиливаемых на g -м потоке за минуту, вычисляют по формуле

$$K_g = \frac{60n\Delta i}{60000l_i + t_p n \Delta i}. \quad (3)$$

Тогда число боковых необрезных досок m_{ig} , выпиливаемых на g -м потоке за минуту при распиловке бревен i -го диаметра,

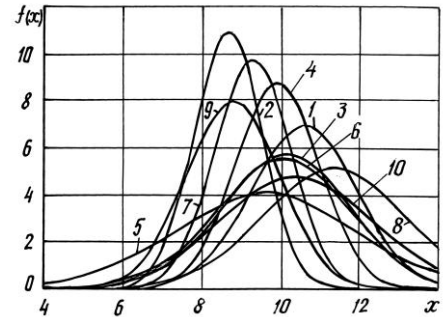
$$m_g = \frac{60z_{ig}n\Delta i}{60000l_i + t_p n \Delta i}, \quad (4)$$

где z_{ig} – число досок в g -м поставе при распиловке бревна i -го диаметра.

Далее проанализированы результаты количественного распределения необрезных досок, полученных при распиловке одного бревна каждым из поставок (где $t_p = 1,9$ с, шаг длин бревен – 0,1 м).

При статистической обработке данных генеральной совокупности определяли на IBM PC Pentium по программе Statistika 5.0 среднюю величину, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициенты асимметрии и эксцесса. По каждому из вариационных рядов вычисляли оценки параметров гипотетического распределения и эмпирические частоты. Проверке по критерию Пирсона χ^2 при уровне значимости 0,05 подлежали гипотезы о нормальном или равномерном распределениях вариационных рядов.

Рис. 1. Функция плотности вероятностей для нормального закона распределения необрезных досок по длинам для диаметра 24 см и следующих поставок: 1 – 125×44; 125×63; 2 – 175×50; 175×75; 3 – 150×44; 4 – 175×44; 125×63; 5 – 125×50; 6 – 150×50; 7 – 150×63; 8 – 175× 63; 9 – 125×75; 10 – 150×75



Нами установлено, что распределение необрезных досок, поступающих от лесопильных рам к обрезным станкам, подчиняется нормальному закону для каждого постава и диаметров в указанном диапазоне.

На рис. 1 приведены распределения вариационных рядов функции плотностей вероятностей для диаметра бревна 24 см.

Распределения параметров математического ожидания μ и среднего квадратического отклонения σ , как случайных величин, по генеральным совокупностям для всех поставок и выделенного диапазона диаметров анализировали согласно [5]. Установлено, что вариационные ряды распределяются по логнормальному закону: $\mu = 2,227$, $\sigma = 0,184$ и $\mu = 0,333$, $\sigma = 0,307$. Иллюстрированное представление изложенного дано на рис. 2.

На основании анализа вариационных рядов установлено, что рассеивание числа досок для диаметров 20 ... 32 см и выбранных поставок имеет нормальный закон распределения. Среднее квадратическое отклонение потока досок в диапазоне длин 4,0 ... 7,0 м варьируется от 0,712 до 2,714 шт. необрезных досок в минуту. При изменении постава минимальное число досок составляет от 4,055 до 10,829 шт./мин, среднее число увеличивается на 6,420 шт./мин, максимальное варьируется в диапазоне от 8,544 до 15,050 шт./мин. Среднее квадратическое отклонение и математическое ожи-

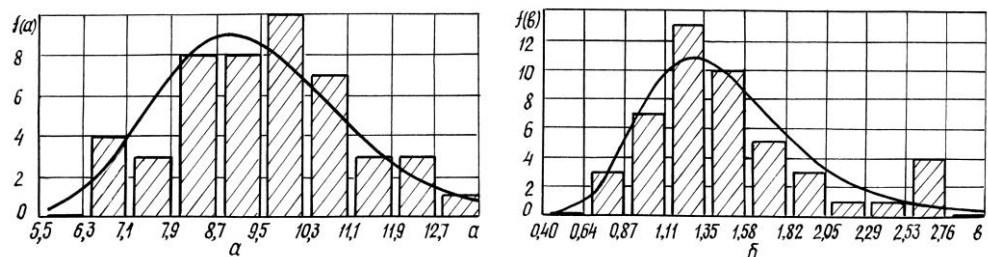


Рис. 2. Функция плотности вероятностей логнормального закона распределения и полигон частот для вариационного ряда математического ожидания (а) и среднего квадратического отклонения (б) для всех поставок

дание потока необрезных досок для выбранных характеристик распределяются по логнормальному закону. Стандартное отклонение соответственно составляет 0,48 и 1,67.

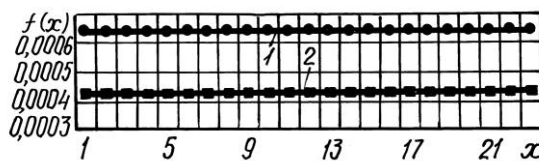
Таким образом, полученные статистические зависимости и установленные закономерности дают возможность оценить вероятные параметры интенсивности потока необрезных пиломатериалов с участка распиловки, что может быть использовано для количественного анализа и качественной оценки параметров входного потока пиломатериалов на участок обрезки.

Временная характеристика потока необрезных досок

Нами проанализировано число необрезных досок, поступающих за период 0 ... 160 мин (интервал 6 мин) с учетом выравнивающих частот для всех выбранных поставов по каждому из диаметров указанного диапазона при длине досок 4,0; 5,5; 7,0 м.

Было установлено, что распределение необрезных досок, поступающих от лесопильных рам к обрезным станкам, подчиняется равномерному закону распределения для каждого постава и диаметров 16 ... 32 см для минимальной, средней и максимальной длины досок.

Иллюстрированное представление зависимостей плотности вероятностей равномерного закона распределения необрезных досок минимальной и средней (прямая 1) и максимальной (2) длины для диаметра 24 см представлено на рис. 3. Для остальных диаметров (16 ... 32 см) получены аналогичные зависимости.



Анализ полученных результатов выявил, что число необрезных досок увеличивается с изменением продолжительности периода от 0 до 160 мин: для длины 4,0 м минимальное значение изменяется на 34,35 шт., среднее – на 927,37 шт., максимальное – на 1820,41 шт.; для длины 5,5 м соответственно на 31,27, 844,22 и 1657,5 шт.; для максимальной длины соответственно на 30,16, 814,42 и 1598,68 шт. Отметим, что при уменьшении длины досок количественный выход значений распределения увеличивается в целом на 19,44 %.

Рис. 3. Функция плотности $f(x)$ вероятностей равномерного распределения числа необрезных досок длиной 4,0 м для поставов (x – интервал)

Количественная характеристика потока необрезных досок

Для получения математического описания количественных характеристик потока необрезных досок использовали методику [5]. Поток необрезных досок в зависимости от длины – случайная величина, распределенная нормально. Он характеризуется математическим ожиданием и дисперсией для каждого диаметра. Следовательно, при математическом описании применимы методы регрессионного анализа. Число необрезных досок N , поступающих с лесопильных рам, зависит от двух факторов: диаметра бревна

d и его длины l . Их варьировали в следующих диапазонах: $d = 20 \dots 32$ см, $l = 4,0; 5,5; 7,0$ м.

Для принятого диапазона характеристик зависимость количественного выхода необрезных досок от d и l описывается следующим уравнением регрессии:

$$N(l, d) = -591,64915 + 44,74172 d - 0,807334 d^2 + (191,2119 - 14,1962 d + 0,256729 d^2) l + (-15,1013 + 1,11495 d - 0,020112 d^2) l^2. \quad (5)$$

Оценку тесноты криволинейной корреляции определяли по коэффициенту множественной корреляции, который равен 0,9988. Гипотезу об адекватности представления наблюдаемых результатов математической моделью проверяли по F-отношению с уровнем значимости p . Построенная модель высоко значима, так как значение $F(1,1) = 380,166$ достаточно большое и $p = 0,032$ близок к нулю. Результаты сравнения расчетных и фактических значений числа досок y от диаметра и длины бревна представлены в таблице.

Диаметр, см	Число досок, шт., при длине, м								
	4,0			5,5			7,0		
	y	$N(l, d)$	$y-N(l, d)$	y	$N(l, d)$	$y-N(l, d)$	y	$N(l, d)$	$y-N(l, d)$
20	6,88	6,62	0,26	9,83	9,51	0,32	8,86	8,60	0,26
22	9,64	9,62	0,02	9,57	9,98	-0,41	8,57	8,96	-0,39
24	11,19	11,81	-0,62	10,54	10,42	0,12	9,41	9,36	0,05
26	12,98	13,18	-0,20	10,07	10,83	-0,76	9,05	9,79	-0,74
28	13,77	13,74	0,03	11,92	11,21	0,71	11,13	10,25	0,88
30	14,00	13,47	0,53	12,45	11,56	0,89	9,88	10,75	-0,87
32	11,62	12,39	-0,77	11,46	11,88	-0,42	11,36	11,28	0,08

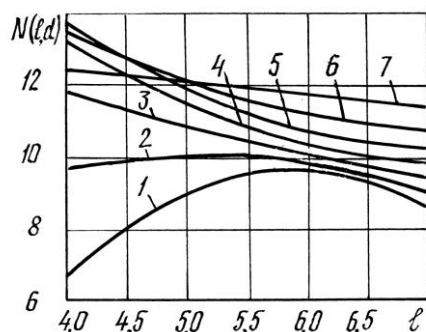
Примечания. 1. Максимальная абсолютная ошибка для каждой длины бревна выделена жирным шрифтом. 2. y – функция отклика в нормализованном виде.

Как видно из таблицы, расчетные значения хорошо согласуются с фактическими данными. Максимальная относительная ошибка модели составляет 7,14 % для диаметра бревна 30 см и длины 5,5 м.

Таким образом, полученная статистическая модель (5) адекватна исходным данным (рис. 4).

Согласно уравнению (5) из двух переменных d и l самое большое влияние на выходной параметр $y(d, l)$ оказывает длина бревна (коэффициент перед l равен 191,2119), причем это влияние имеет нелинейный характер (коэффициент перед l^2 равен 15,1013). Влияние второго фактора невелико и практически линейно, так как коэффициент перед d^2 , равный -0,807334, достаточно мал. Однако совместное влияние этого фактора с l значимо (коэффициент перед d равен 14,1962).

Рис. 4. Множество кривых распределения необрезных досок, поступающих на обрезной станок, от длины и диаметра бревна: 1 – $d = 20$ см; 2 – 22; 3 – 24; 4 – 26; 5 – 28; 6 – 30; 7 – 32 см



Результаты исследований показали, что число досок, которое требуется обрезать на обрезном станке, при изменении диаметра бревен от 20 до 32 см для длины 4,0 м имеет наибольший разброс от 6,627 до 14,702 шт./мин, для средней длины – от 8,638 до 11,732 шт./мин, наименьшее изменение (на 2,4 шт./мин) отмечено для длины 7,0 м. Наибольшее число досок поступает на участок обрезки от бревен диаметром 24 ... 32 см в диапазоне длин 4,0 ... 5,5 м. Оно уменьшается при длине 7,0 м соответственно на 10 и 5 %.

Диапазоны изменения числа досок в интервале длин 4,0 ... 7,0 м составляют: для $d = 24$ см – 11,812 ... 9,358 шт./мин; $d = 26$ см – 13,183 ... 9,788 шт./мин; $d = 28$ см – 13,737 ... 10,250 шт./мин; $d = 30$ см – 13,473 ... 10,750 шт./мин; $d = 32$ см – 12,391 ... 11,280 шт./мин. Для диаметров 20 и 22 см наибольшее число досок распределено в интервале длин 5,0 ... 6,0 м, досок минимальной и максимальной длин поступает меньше соответственно на 0,900 ... 2,900 и 0,400 ... 1,000 шт./мин.

Полученные результаты подтверждают возможность стабилизации длин досок при распиловке бревен различных характеристик и могут быть использованы для синхронизации работы бревнопильного оборудования, определения интенсивности поступления пиломатериалов к участкам обрезки, разработки требований к автоматизированной обрезке потока необрезных досок и прогнозирования выхода пилопродукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбом поставок и выходов продукции при распиловке хвойного и мягколиственного сырья. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1992. – 410 с.
2. ГОСТ 26002–83Э Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые для экспорта. Технические условия. – Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 38 с.
3. Инструкция по расчету производственных мощностей лесопильных цехов, потоков и установок. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1978. – 84 с.
4. *Калитеевский Р.Е.* Автоматизация производственных процессов в лесопилении. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 336 с.

5. Пижурин А.А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 248 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 19.05.2000 г.

A.E. Alekseev, O.I. Bederdinova

Description of Sawn Wood Input Stream

The mathematical model is obtained for quantitative breakdown of unedged boards fed to the trimmer according to the length and diameter of the log for all deliveries of softwood at the sawmill.
