

УДК 674.093

***О.И. Бедердинова, Н.В. Коряковская***

Бедердинова Оксана Ивановна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. Ленинградский технологический институт, доцент кафедры информатики и прикладной математики Севмашвуза. Имеет около 20 печатных работ в области лесопиления.



Коряковская Наталья Владимировна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных трудов в области автоматизации лесопромышленного комплекса.



## **ХАРАКТЕРИСТИКИ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКА НЕОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ**

Предложена математическая модель времени обслуживания необрезных пиломатериалов на обрезном станке с учетом их длины и подачи.

*Ключевые слова:* пиломатериалы, время обслуживания, характеристика, анализ.

Непрерывно-поточный метод – основная форма организации лесопильного производства, когда все операции выполняют последовательно в пространстве и во времени.

Особенностью бревнопильных линий является переменный цикл обработки материала. Это не позволяет иметь жесткие транспортные связи и заставляет располагать между станками запасы материала, уменьшающие их возможные цикловые потери как из-за непостоянства, так и из-за различия величины периодов рабочих циклов.

Один из важнейших параметров синхронизации оборудования при расчете его оптимальных параметров, пульсирующих и страховых запасов (механизмы накопителей) – расчетный ритм оборудования [3].

Период рабочего цикла обрезного станка зависит от длины, ширины, и качества пиломатериалов и других факторов. Если ритм работы рамы 1-го ряда меньше ритма обрезного станка, то возникают потери производительности из-за отсутствия пиломатериалов перед обрезным станком. Поэтому необходимо определить величину рабочего цикла обрезного станка, для чего целесообразно оценить статистические параметры распределения: величину рабочего цикла, математическое ожидание, дисперсию и т.д.

Цель статьи – построение формализованного описания времени обслуживания пиломатериалов на участке обрезки.

Анализовали поставки на распиловку бревен хвойных пород в потоках на базе лесопильных рам [1]. Отбирали поставки, предназначенные для распиловки бревен диаметром 16 ... 32 см в вершинном торце. Способ распиловки бревен – брусоразвальный осевой с выпилкой одного бруса. Оценивали поставки, обеспечивающие одновременную выпилку пиломатериалов двух толщин (22 мм – тонкие; 44, 50, 63, 75 мм – толстые). Заданные ограничения параметров пиломатериалов – согласно требованиям нормативных документов [2]. Всего было отобрано 57 поставок. При статистической обработке генеральной совокупности определяли среднюю величину, ее дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Для этого использовали программу статистической обработки и выбора закона распределения непрерывной случайной величины Statistika 5.0 [4]. По каждому из вариационных рядов вычисляли параметры гипотетического распределения и эмпирические частоты. Статистическую обработку в виде распределения осуществляли по критерию Пирсона  $\chi^2$  при уровне значимости 0,05.

*Статистические характеристики времени обслуживания  
(рабочий цикл) обрезного станка*

Величина рабочего цикла является случайной величиной и зависит в основном от длины пиломатериалов и скорости подачи станка.

Количественное распределение времени рабочего цикла обрезного станка модели Ц2Д-5А устанавливали для диапазона длин пиломатериалов 4 ... 7 м с шагом 0,1 м. Время цикла обрезного станка определяли для всех скоростей подачи: 80, 100, 120, 150 м/мин. Расстояние от вершинного торца доски до передних подающих вальцов станка – 0,6 м; скорость прохода доски до передних падающих вальцов станка – 50 м/мин, что соответствует показателям работы лучших рабочих-обрезчиков; время, необходимое на укладку очередной доски на впередистаночный стол и установку (ориентацию) ее по коренной пиле, – 1 с; время на перевод подвижной пилы – 1 с.

Так как оценки среднего значения и медианы для всех вариационных рядов равны, а значения асимметрии и эксцесса близки, но не равны нулю, проверке подлежала гипотеза о нормальном распределении вариационных рядов.

В результате исследований установлено, что изменение времени обслуживания для выбранного диапазона длин при скоростях подачи 80, 100, 120, 150 м/мин распределяется по нормальному закону (со средним квадратическим отклонением: 0,011; 0,008; 0,009; 0,006 мин). С увеличением скорости подачи максимальное и минимальное время рабочего цикла обрезного станка для досок длиной 7,0 и 4,0 м уменьшается соответственно на 22,7 и 29,6 %. Среднее значение времени обслуживания при переходе со скорости 150 на 80 м/мин увеличивается на 0,286 мин, что составляет 26,8 %.

*Временные характеристики продолжительности обслуживания  
обрезного станка*

Анализировали количественное распределение времени обслуживания потока необрезных пиломатериалов длиной 4,0; 5,5 и 7,0 м, поступающих за период 3 ... 159 мин с интервалом 6 мин для каждого диаметра и всех поставов при скоростях подачи 80, 100, 120 и 150 м/мин.

Распределение времени обслуживания обрезного станка за период 3 ... 159 мин подчиняется равномерному закону для выбранных характеристик пиломатериалов и всех скоростей подачи.

Анализ показал, что вариационные ряды принадлежат одной генеральной совокупности на основании равенства количественного распределения и числовых характеристик соответственно при всех скоростях подачи обрезного станка для минимальных, средних и максимальных значений длин пиломатериалов: диаметр 16 см – поставы 50×100; 63×100; 75×100; диаметр 18 см – поставы 44×100; 50×100; 63×100; 75×125; диаметр 24 см – поставы 50×150; 75×150; диаметр 24 см – поставы 44×175; 63×125; 63×150; 44×150; для длин досок 4,0 и 7,0 м: диаметр 20 см – поставы 44×125; 63×125; 75×125; 50×100; 50×125; 63×100; 75×100; диаметр 22 см – поставы 63×125; 75×175; 63×150; диаметр 24 см – поставы 50×175; 75×175; 75×125; диаметр 26 см – поставы 50×150; 75×200; диаметр 30 см – поставы 44×200; 50×200; 75×200; для длин досок 4,0 и 5,5 м: диаметр 22 см – поставы 44×125; 50×125; 75×125; 75×150; для минимального и максимального значений длин досок: диаметр 20 см – поставы 44×150; 50×150; 63×150; диаметр 26 см – поставы 44×125; 44×150; диаметр 28 см – поставы 44×175; 63×175.

В результате анализа выявлено, что время рабочего цикла обрезного станка для диаметров бревен 16...32 см (и соответствующих поставов) увеличивается при изменении времени от 3 до 159 мин (3, 81 и 159 мин) для всех выбранных скоростей подачи. Полученные результаты минимального и максимального значений времени обслуживания в зависимости от времени снятия показаний для выбранных характеристик сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Зависимость времени обслуживания обрезного станка  
от времени снятия показаний**

Скорость подачи, м/мин	Длина 4,0 м			Длина 5,5 м			Длина 7,0 м		
	3 мин	81 мин	159 мин	3 мин	81 мин	159 мин	3 мин	81 мин	159 мин
80	<u>1,41</u>	<u>38,16</u>	<u>74,91</u>	<u>1,40</u>	<u>37,85</u>	<u>74,29</u>	<u>1,31</u>	<u>35,20</u>	<u>69,22</u>
	4,44	119,70	235,11	4,75	128,20	251,61	5,08	137,06	269,05
100	<u>1,27</u>	<u>34,26</u>	<u>67,25</u>	<u>1,23</u>	<u>33,25</u>	<u>65,26</u>	<u>1,14</u>	<u>30,75</u>	<u>60,36</u>
	3,998	107,52	211,06	4,17	112,60	221,04	4,43	119,52	234,61
120	<u>1,19</u>	<u>32,09</u>	<u>62,99</u>	<u>1,13</u>	<u>30,42</u>	<u>59,71</u>	<u>1,03</u>	<u>27,93</u>	<u>54,82</u>
	3,73	100,72	197,70	3,82	103,30	202,22	4,02	108,55	213,09
150	<u>1,092</u>	<u>29,49</u>	<u>57,89</u>	<u>1,02</u>	<u>27,59</u>	<u>54,16</u>	<u>0,92</u>	<u>24,82</u>	<u>48,73</u>
	3,43	92,55	181,67	4,17	112,60	221,04	3,57	96,49	189,41

Примечание. В числителе приведены минимальные значения, в знаменателе – максимальные.

Для пиломатериалов длиной 7,0 м (полученных из бревен диаметром 28 см поставом 50×150) максимальное значение времени обслуживания для скоростей подачи 80, 100, 120, 150 м/мин составляет 269,05; 234,61; 213,09; 189,41 мин; для пиломатериалов длиной 5,5 м (от лесопильных рам, после распиловки бревен диаметром 24 см поставом 44×150) соответственно 251,61; 221,04 202,22; 221,04 мин; для пиломатериалов длиной 4,0 м (диаметр 30 см, постав 44×200) – 235,11; 211,06; 197,70; 181,67 мин. Причем минимальное время обслуживания при максимальном времени для исследованного диапазона скоростей подачи 80 ... 150 м/мин с увеличением длины пиломатериалов уменьшается соответственно на 7,6; 10,2; 13,0; 15,8 %. Минимальное время рабочего цикла в интервале времени 3 ... 159 мин соответствует обрезке пиломатериалов минимальной длины, поступающих от лесопильных рам при распиловке бревен диаметром 22 см поставами 63×125; 75×175; для средней и максимальной длины – диаметром 18 см поставами 44×100; 50×100; 63×100; 75×125. При переходе скорости подачи с 80 на 150 м/мин время обслуживания с увеличением времени для всего диапазона выбранных поставов и диаметров при длине пиломатериалов 4,0; 5,5; 7,0 м уменьшается соответственно на 22,7; 27,1 и 29,5 %.

Таким образом, полученные статистические зависимости и установленные закономерности дают возможность оценить вероятные параметры интенсивности обслуживания потока необрезных пиломатериалов на участке распиловки. Полученные результаты могут быть использованы для качественного анализа и количественной оценки параметров времени обслуживания (время рабочего цикла) обрезного станка входного потока пиломатериалов на участке обрезки.

*Количественная характеристика времени обслуживания  
потока необрезных пиломатериалов*

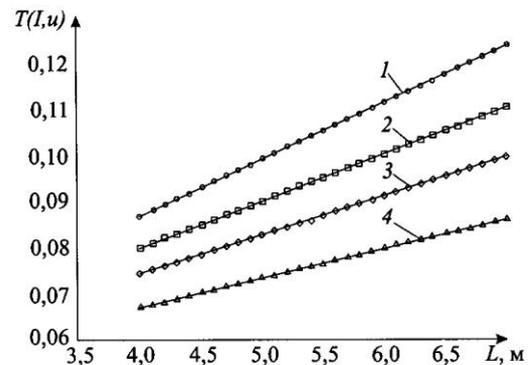
Проанализировано время обслуживания необрезных пиломатериалов  $T$  (мин) в зависимости от двух независимых переменных: длины пиломатериалов  $l$  и скорости подачи  $u$ . Рассмотрено изменение времени рабочего цикла в зависимости от следующих факторов: скорость подачи (80; 100; 120; 150 м/мин) и длина пиломатериалов (в диапазоне 4,0 ... 7,0 м с шагом 0,3 м). В результате исследований определено, что для принятого диапазона характеристик времени обслуживания зависимость от исследуемых факторов определяется уравнением логарифмического типа и имеет следующий вид:

$$T(l, u) = 0,0136 + 0,0529l + (0,0131 - 0,0214l) \log u.$$

Тесноту связи времени обслуживания оценивали коэффициентом корреляционного отношения, который равен 0,986. Значение F-отношения (211, 639) достаточно большое и уровень значимости 0,0047 близок к нулю, соответственно модель адекватна экспериментальным данным. Полученные результаты, характеризующие математическую модель, и фактические значения зависимой переменной приведены в табл. 2.



Зависимость времени рабочего цикла обрезающего станка от длины доски  $l$  и скорости подачи  $u$ : 1 –  $u = 80$  м/мин; 2 – 100; 3 – 120; 4 – 150 м/мин



Расчетные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными. Максимальная абсолютная ошибка математической модели равна 0,00167, что соответствует скоростям подачи 80 и 150 м/мин. Таким образом, полученное уравнение описывает исследуемую зависимость достаточно достоверно. Иллюстрация математической модели представлена на рисунке.

Анализируя уравнение, приведенное выше, установили, что найденные коэффициенты корреляции не очень значительны по величине. Наибольшее влияние на время цикла обрезающего станка оказывает длина доски (коэффициент перед  $l$  равен 0,0529), причем это влияние имеет линейный характер. Совместное влияние этого фактора и скорости подачи также значимо (коэффициент перед  $l \log u$  равен 0,0214). Зависимость времени обслуживания от скорости подачи имеет логарифмический вид (коэффициент 0,0131).

В результате исследований нами установлено выявлено, что при переходе скорости подачи с 80 на 150 м/мин время цикла обрезающего станка уменьшается при минимальной длине пиломатериалов на 0,02 мин, при средней и максимальной длине пиломатериалов – соответственно на 0,20 и 0,37 мин. При изменении длины пиломатериалов от 4,0 до 7,0 м, поступающих на участок обрезки, время обслуживания увеличивается для каждой скорости подачи: 80 м/мин – на 29,6 %; 100 м/мин – на 27,5 %; 120 м/мин – на 25,3 %; 150 м/мин – на 22,7 %. Причем при уменьшении скорости подачи возрастает процент отклонения максимального времени цикла от минимального на 6,9 %. Таким образом, при увеличении длины доски время обслуживания потока необрезных пиломатериалов при переходе скорости подачи с 80 на 150 м/мин уменьшается на 8 %.

Полученные результаты могут быть использованы для синхронизации работы бревнопильного оборудования при разработке требований к автоматизированной обрезке потока необрезных пиломатериалов и прогнозирования выхода пилопродукции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбом поставов и выходов продукции при распиловке хвойного и мягколиственного сырья [Текст]. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1992. – 410 с.

2. ГОСТ 26002–83Э. Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия. – Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 38 с.

3. *Калитеевский, Р.Е.* Автоматизация производственных процессов в лесопилении [Текст]/ Р.Е. Калитеевский. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 336 с.

4. *Пижурин, А.А.* Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке [Текст]/ А.А. Пижурин. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 248 с.

Севмашвтуз

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 30.01.04

*O.I. Bederdinova, N.V. Koryakovskaya*

### **Processing Time Characteristics of Unedged Timber Flow**

The mathematical model of processing time for unedged timber on trimming machine is offered taking into account its length and feed speed.