

УДК 674.093

**Е. А. Жуковская**, аспирант (БГТУ);  
**С. В. Шетько**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);  
**А. А. Янушкевич**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

### СОРТИРОВКА ЛИСТВЕННЫХ БРЕВЕН ПО ОПТИМАЛЬНЫМ СХЕМАМ РАСПИЛОВКИ НА ПИЛОПРОДУКЦИЮ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Целью исследований является определение рациональных границ и минимизация количества сортировочных групп бревен при сортировке по оптимальным схемам распиловки на пиломатериалы, размеры которых кратные размерам заготовок для клееного щита.

The aim of research is to determine the rational limits and minimizing the number of sorting groups of logs by sorting on the best schemes for cutting timber, whose dimensions are multiples of the size of billets for the laminated board.

**Введение.** Одной из основных технологических операций лесопильного производства является сортировка бревен перед распиловкой, которая способствует рациональному использованию древесины.

На лесопильных предприятиях могут иметь место следующие методы сортировки пиловочника: по породам; диаметрам (четным и нечетным); оптимальным границам сортировочных групп бревен [1].

Наиболее важной является сортировка бревен по диаметрам, т. к. постав на распиловку бревна составляют по его вершинному диаметру. Если бревна не распределены по размерам, то бревна различных диаметров распиливают по одной и той же схеме, что влечет за собой снижение объемного выхода пиломатериалов, особенно спецификационных, которые выпиливают по заказу потребителя.

Исследования, проведенные в БГТУ, показали, что если бревна диаметром 20–28 см распиливаются по одному поставу, то выход спецификационных пиломатериалов толщиной 32 мм (доска пола) с увеличением диаметра бревна снижается почти в 2 раза [2].

Однако при сортировке бревен по диаметрам увеличивается количество сортировочных групп, что приведет к увеличению объема оперативного запаса на складе сырья, т. е. к «замораживанию» денежных средств.

Эффективной с точки зрения минимизации количества сортировочных групп является сортировка бревен по схемам распиловки [1, 5]. Она предусматривает распиловку бревен одной группы размеров по поставу, обеспечивающему наибольший объемный выход пиломатериалов целевого назначения.

Настоящие исследования направлены на минимизацию количества сортировочных групп бревен на предприятиях, вырабатывающих пиломатериалы для мебельных заготовок. При этом использовалась методика исследований по опре-

делению границ сортировочных групп проф. Калитеевского Р. Е. [1].

**Основная часть.** Для обоснования рациональных границ и количества сортировочных групп по разработанным в БГТУ технологическим программам выполнена компьютерная имитация распиловки бревен диаметром 14–36 см длиной 3 м на пиломатериалы, предназначенные для изготовления клееных щитов. При этом приняты следующие условия:

1) диаметр лиственных бревен, поступающих в распиловку, измеряется с градацией 0,1 см, т. е. имитация распиловки бревен выполнялась при шаге изменения вершинного диаметра бревна 1 мм;

2) выпиливаются пиломатериалы толщиной 25 и 50 мм и шириной, кратной этим размерам, с учетом ширины пропилов (табл. 1);

3) распиловка бревен производится по брусово-развальным схемам с шириной пропила 4 мм.

Таблица 1  
 Спецификация пиломатериалов, предназначенных для получения мебельных заготовок

Толщина, мм	Ширина, мм										
	266	257	228	212	199	170	158	141	112	104	83
50		x	x		x	x		x	x		x
25	x			x			x			x	

Для точного измерения диаметра бревен могут использоваться разработанные в БГТУ автоматизированные измерительные комплексы на базе полупроводниковых лазеров или на базе инфракрасных источников света [2, 3, 4].

В состав измерительного комплекса на базе лазеров входят четыре блока, каждый из которых имеет два полупроводниковых лазера и фотоприемник с объективом. Лучи лазеров падают на поверхность бревна в виде восьми точек. Каждый из восьми лучей отражается от поверхности бревна и через объективы падает

на соответствующий фотоприемник, информация от которого передается в персональный компьютер. При перемещении бревна измерение поперечных сечений осуществляется через равные промежутки его длины. Информация обрабатывается по специальной программе, выдается на монитор и используется для оптимизации раскроя бревна с учетом его размеров и особенностей формы на пилопродукцию целевого назначения.

Измеритель на базе инфракрасных осветителей состоит из двух линейных видеокамер с помещенными в центре объективов точечными источниками света и двух панелей с нанесенным на них световозвращающим покрытием. Световые лучи от точечного источника света попадают на световозвращающее покрытие и возвращаются назад в объектив, если измеряемый объект их не перекрывает.

Если в измеритель поступает бревно, линейные видеокамеры фиксируют тени от него на световозвращающих покрытиях в сходящихся лучах. Информация передается в ПК, который обрабатывает ее и управляет сортировочным устройством [3, 4].

Распиловка бревен брусом развальным способом на пиломатериалы, размеры которых кратны размерам заготовок для клееного щита, позволит рационально использовать сырье и выполнить заданную спецификацию.

В результате компьютерной имитации распиловки бревен были составлены и рассчитаны

поставы и определен объемный выход пиломатериалов заданной спецификации.

Затем при помощи MS Excel обрабатывались экспериментальные данные и строились графики для наглядного представления полученных результатов (рис. 1 и 2). После анализа данных и графиков были определены границы сортировочных групп или, другими словами, поставки, для которых средневзвешенный объемный выход спецификационных пиломатериалов в этих диапазонах диаметров будет максимальным. Имея данные о средневзвешенном выходе по группам и о распределении поступающего сырья в распиловку, можно планировать раскрой.

На рис. 1 и 2 представлена зависимость объемного выхода от диаметра бревен при выпилке брусом толщиной соответственно 83, 112, 141, 170, 199, 228, 257 мм и распиловке их на указанные пиломатериалы.

На графике видны резкие изменения объемного выхода, которые наблюдаются при появлении дополнительной доски в пласти бруса. Небольшие же изменения объемного выхода обусловлены появлением боковых досок из сбеговой зоны бревна [5].

Границы сортировочной группы определяются по средневзвешенному выходу пиломатериалов целевого назначения в диапазонах, обусловленных переходом к иному поставу. Критерием оптимальности является расчетный средний объемный выход рассматриваемой сортировочной группы.

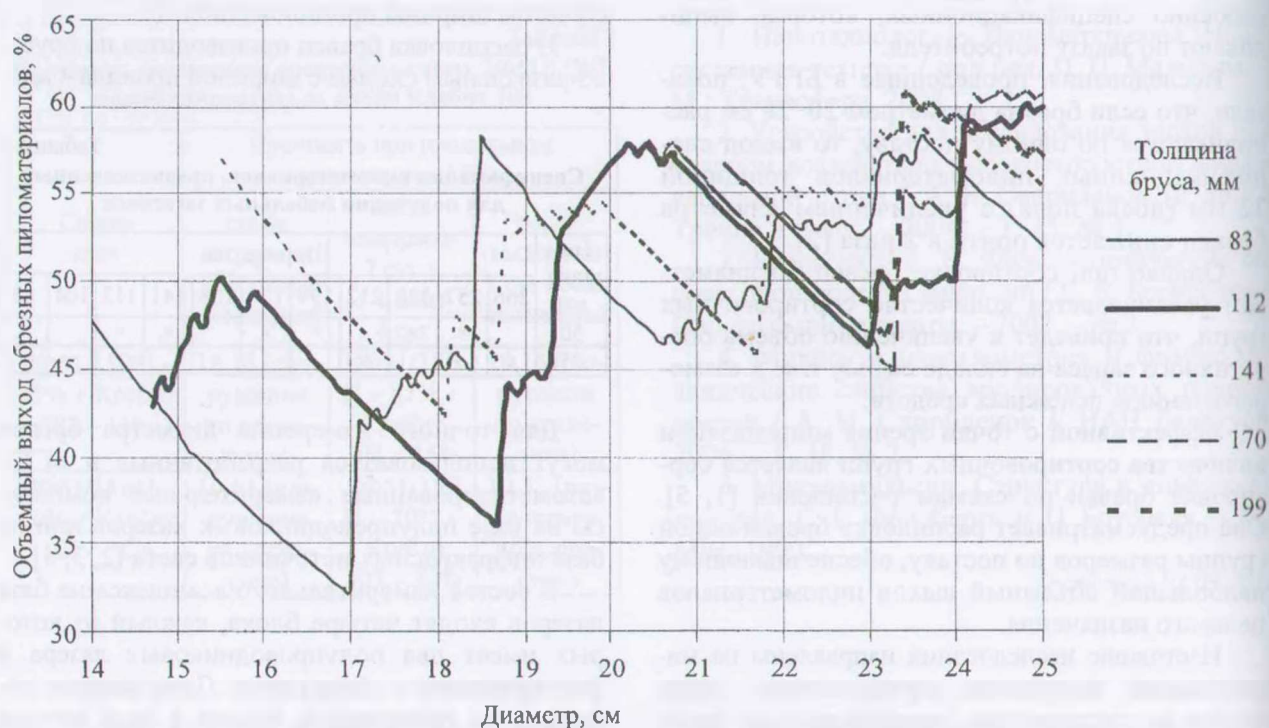


Рис. 1. График изменения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от диаметра бревна и толщины бруса ( $d = 14-26$  см)



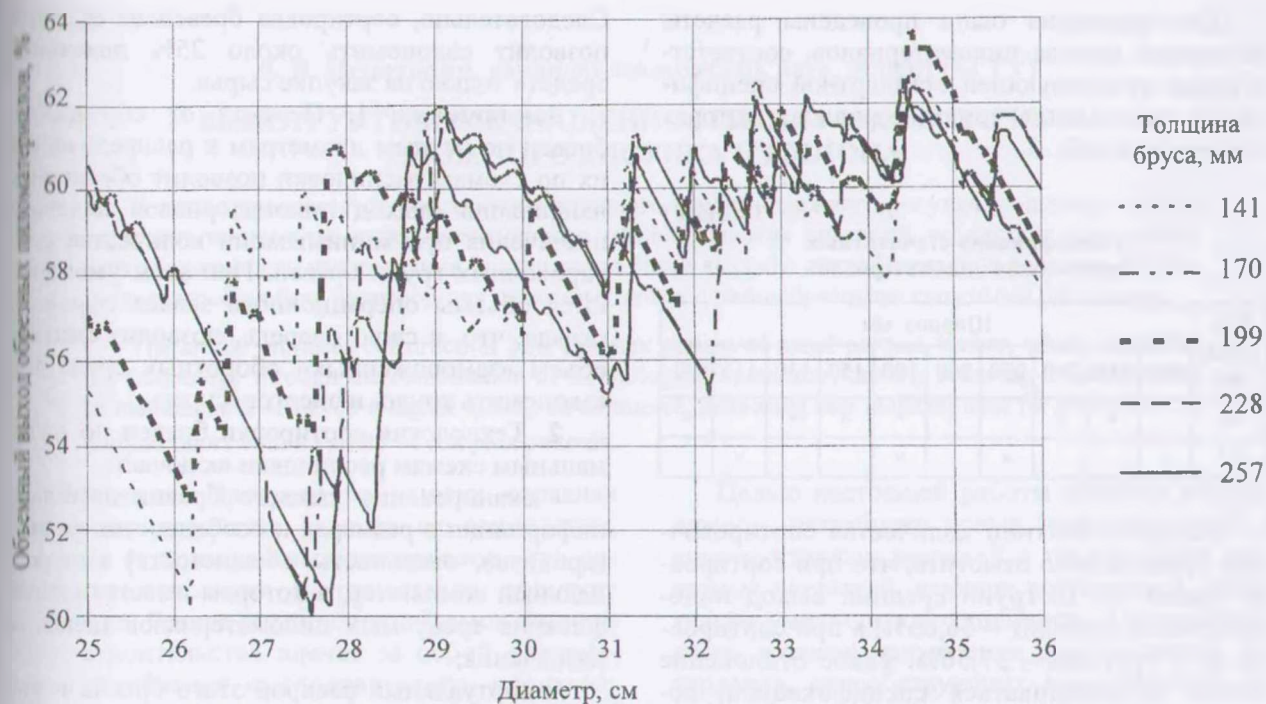


Рис. 2. График изменения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от диаметра бревна и толщины бруса ( $d = 26-36$  см)

В результате проведенных исследований для заданных условий была определена система поставов для 9 сортировочных групп.

В табл. 2 показаны границы и поставы по каждой из сортировочных групп, средний объ-

емный выход пиломатериалов при равномерном распределении бревен.

При сортировке этих же бревен по четным диаметрам количество сортировочных групп было бы равно 12.

Таблица 2

Границы сортировочных групп и поставы

№ сортировочной группы	Структура постава	Диапазон диаметров, см	Средневзвешенный выход пиломатериалов, %
1	I: 83/1; II: 50/2	14-15,4	43,13
2	I: 141/1; II: 50/1-25/2	15,5-18,1	48,58
3	I: 141/1; II: 50/2	18,2-21,8	50,45
4	I: 141/1-25/2; II: 50/3	21,9-24,1	56,45
5	I: 170/1-25/2; II: 50/3-25/2	24,2-27	58,22
6	I: 199/1-25/2; II: 50/3-25/4	27,1-29,8	58,40
7	I: 228/1-25/2; II: 50/3-25/4	29,9-32,1	59,47
8	I: 257/1-25/2; II: 50/3-25/6	32,2-34,1	60,87
9	I: 228/1-25/2; II: 50/4-25/4	34,2-36	61,01

Для сравнения были проведены расчеты объемного выхода пиломатериалов, соответствующих существующей стандартной спецификации лиственных пиломатериалов, которая приведена в табл. 3.

Таблица 3

Спецификация стандартных лиственных пиломатериалов

Толщина, мм	Ширина, мм									
	280	260	240	220	200	180	150	130	110	90
50		×	×		×	×	×	×		×
25	×			×		×			×	

Говоря о влиянии количества сортировочных групп можно отметить, что при сортировке бревен на 12 групп средний выход пиломатериала составит – 56,66%, а при сортировке по 9 группам – 57,56%. Такое отклонение может обуславливаться спецификацией, составленной в соответствии с кратностью размеров заготовок. Кроме того, общий выход заготовок, выпиленных из досок кратных размеров, всегда выше, чем из досок стандартных размеров. Отличия в объемном выходе незначительны, но при этом очевидна выгода благодаря снижению трудо- и энергозатрат при сортировке.

Для примера рассчитаем запас бревен при сортировке на 9 и 12 групп для лесопильного цеха, имеющего годовую производительность 50 000 м<sup>3</sup> и работающего в две смены 255 дней.

Среднесменная производительность такого цеха по распиленному сырью составит:

$$P_{см} = 98 \text{ м}^3/\text{см.}$$

Необходимый запас круглых лесоматериалов на складе составит:

$$Q = 9 \cdot 98 = 882 \text{ м}^3,$$

$$Q = 12 \cdot 98 = 1176 \text{ м}^3.$$

С учетом неравномерности накопления отдельных групп бревен необходимый запас бревен перед лесопильным цехом составит при сортировке на 9 групп:

$$Q = 1,2 \cdot 882 = 1058,4 \text{ м}^3,$$

а при сортировке на 12 групп:

$$Q = 1,2 \cdot 1176 = 1411,2 \text{ м}^3.$$

При стоимости 1 м<sup>3</sup> лиственной древесины 80,4 тыс. руб. затраты на закупку сырья при сортировке на 9 групп составят 85,1 млн. руб., при сортировке на 12 групп 113,5 млн. руб.

Следовательно, сортировка бревен на 9 групп позволит сэкономить около 25% денежных средств только на закупке сырья.

**Заключение. 1.** Переход от сортировки бревен по четным диаметрам к распределению их по схемам распиловки позволит обеспечить наибольший выход пиломатериалов целевого назначения при минимизации количества сортировочных групп бревен. При этом уменьшаются объемы операционного запаса сырья на складе, что, в свою очередь, позволит снизить объем «замороженных» оборотных средств и сэкономить трудо- и энергоресурсы.

**2.** Технология сортировки бревен по оптимальным схемам распиловки включает:

- сканирование каждого бревна и подачу информации о размерах и особенностях формы (кривизна, овальность, сбежистость) в персональный компьютер, в котором имеется спецификация требуемых пиломатериалов целевого назначения;

- виртуальный раскрой этого бревна и выбор оптимальной схемы, обеспечивающей наибольший выход требуемых пиломатериалов;

- передача команды на сбрасыватель и сброс бревна в лесонакопитель, соответствующий схеме распиловки.

Распиловка бревен по оптимальным схемам способствует сохранению лесных ресурсов – национального богатства Беларуси.

### Литература

1. Калитеевский, Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р. Е. Калитеевский. – СПб.: Профи-информ, 2005. – 480 с.

2. Янушкевич, А. А. Технология лесопильного производства / А. А. Янушкевич. – Минск: БГТУ, 2010. – 330 с.

3. Опытный образец оптоэлектронной установки для учета круглых лесоматериалов / А. А. Янушкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 1996. – Вып. IV. – С. 100–104.

4. Устройство для измерения диаметров круглых лесоматериалов: пат. 7986 Респ. Беларусь, С1 2006.04.30 / А. А. Янушкевич, С. В. Шетько, Г. Д. Василенок; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № а 200330492; заявл. 06.06.03; опубл. 30.04.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 2. – С. 108.

5. Шетько, С. В. Рациональные границы сортировочных групп бревен / С. В. Шетько, А. А. Янушкевич, Л. А. Зайцева // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2003. – Вып. XI. – С. 185–188.

Поступила 10.03.2011