

674
1152

Учреждение образования
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ"

УДК 674.093

ПЕТЬКО Сергей Васильевич

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
СОРТИРОВКИ И РАСКРОЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА
ПИЛОПРОДУКЦИЮ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

05.21.05 – Дровесиноведение, технология и оборудование
деревообработки

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 2003

Работа выполнена в учреждении образования "Белорусский государственный технологический университет" на кафедре технологии деревообрабатывающих производств

Научный руководитель

кандидат технических наук,
доцент **Янушкевич А. А.**
(БГТУ, кафедра технологии деревообрабатывающих производств)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор **Врублевская В. И.**
(БелГУТ, кафедра деталей машин и подъемно-транспортных устройств);

кандидат технических наук
Гришкевич А. А.
(БГТУ, кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов)

Оппонирующая организация

ОАО "Минскпроектмебель"

Защита состоится "23" сентября 2003 г. в 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Телефон ученого секретаря совета: 227-83-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан "20" августа 2003 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук



С. П. Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В Республике Беларусь в связи с высокой долей спелых лесов в структуре лесного фонда средний диаметр пиловочника снижается. В переработку вовлекается листовное сырье, а также древесина от санитарных рубок и рубок ухода, что снижает качество сырья. Кроме того, возникает дефицит пиловочного сырья, что увеличивает его стоимость. Поэтому проблема повышения выхода специфицированной пилопродукции без увеличения объемов переработки является актуальной. Решение этой проблемы может быть достигнуто путем усовершенствования существующей технологии, внедрения компонентов информационных ресурсосберегающих технологий или путем создания новых, обеспечивающих повышение выхода пилопродукции.

Связь работы с крупными программами. Тематика работы входила в планы НИР БГТУ и выполнялась в рамках государственных научно-технических программ: "Лес-экология-ресурсы" и "Леса Беларуси и их рациональное использование".

Цель и задачи исследований. Цель – разработать ресурсосберегающую технологию лесопиления, обеспечивающую индивидуальный подход к раскрою круглых лесоматериалов на пилопродукцию целевого назначения и повышение эффективности лесопильного производства.

В соответствии с целью работы сформулированы основные задачи исследований:

- разработать метод и создать программное обеспечение для компьютерного моделирования раскроя бревен;
- установить факторы, исследовать их влияние на выход спецификационных пиломатериалов из бревна и установить количественные показатели изменения выхода;
- разработать измерительный комплекс для регистрации индивидуальных особенностей бревен, математический аппарат и программное обеспечение для адекватного описания их формы и размеров, и провести исследования его точности;
- провести исследования по установлению взаимосвязи между расчетным и фактическим выходом пиломатериалов при распиловке бревен;
- разработать технологию сортировки и раскроя круглых лесоматериалов, обеспечивающую реализацию индивидуального подхода к раскрою бревен и хлыстов, снижение производственных затрат и повышение эффективности лесопиления.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является технологический процесс лесопиления. Предмет исследований – сортировка и раскрой бревен с учетом их индивидуальных особенностей на пилопродукцию целевого назначения с применением измерительного устройства.

513 аф

Методология и методы проведенного исследования. В процессе исследований были использованы следующие методы: компьютерное моделирование раскроя бревен на различных типах головного бревнопильного оборудования, экспериментальные исследования определения точности образца опико-электронного устройства для регистрации размерных характеристик бревен и хлыстов в лабораторных и производственных условиях, поставлен эксперимент по установлению взаимосвязи между расчетным и фактическим выходом пиломатериалов из бревен.

Научная новизна и значимость полученных результатов. Разработан метод, математическое описание, алгоритмы и программы, позволяющие проектировать оптимальные схемы раскроя бревен с учетом их индивидуальных особенностей на спецификационную пилопродукцию для различного типа лесопильного оборудования, а также раскроя хлыстов на пиловочные бревна.

Разработан математический аппарат для получения моделей круглых лесоматериалов и алгоритмы их построения, реализуемые в измерительном комплексе.

Установлены факторы и их влияние на выход спецификационной пилопродукции из бревна.

Установлена взаимосвязь между расчетным и фактическим выходом пиломатериалов из бревен, распиливаемых на однопильных станках.

Научная значимость заключается в применении комплексного учета различных факторов, влияющих на выход пиломатериалов при раскрое каждой единицы сырья на пилопродукцию целевого назначения.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты теоретических исследований использованы при разработке измерительного комплекса для регистрации индивидуальных особенностей бревен и программного обеспечения к нему, который создан и внедрен в составе сортировочной линии лесопильного завода Столбцовского лесхоза.

Программное обеспечение для проектирования оптимальных схем раскроя используется для выбора рациональных поставок при выпилке ограниченных спецификаций пиломатериалов на лесопильных предприятиях Беларуси.

Теоретические исследования по сортировке и раскрою бревен использованы при разработке и совершенствовании технологического процесса на складе сырья и в лесопильном цехе Смолевичского лесхоза и филиала "Лесобумпродукция" ОАО "Беллесбум". Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологии сортировки и раскроя на последнем предприятии составит 6227 EUR в месяц.

Результаты исследований используются в учебном процессе кафедры технологии деревообрабатывающих производств.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. Результаты

моделирования раскроя бревен на ПЭВМ, устанавливающие влияние индивидуальных особенностей бревен на объемный выход пиломатериалов, при выпиливании ограниченной спецификации пиломатериалов.

– Измерительный комплекс для регистрации индивидуальных особенностей бревен: математическое и программное обеспечение для адекватного описания их формы и размеров, обеспечивающий автоматизированный учет сырья и получение достоверной информации о размерных характеристиках сырья.

– Результаты экспериментальных исследований по установлению взаимосвязи фактического и расчетного выхода пиломатериалов, позволяющие с высокой достоверностью планировать раскрой сырья на однопильных станках.

– Технология сортировки и раскроя круглых лесоматериалов, обеспечивающая ресурсосбережение и повышение эффективности лесопильного производства.

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом личной работы автора. Соискателем проведены теоретические исследования по влиянию индивидуальных особенностей бревен на выход спецификационной пилопродукции. Созданы алгоритмы и программное обеспечение проектирования оптимальных схем распиловки бревен и раскроя хлыстов. Разработаны математический аппарат и программное обеспечение для получения адекватных моделей круглых лесоматериалов, реализуемые в измерительном комплексе. Проведены исследования точности показаний автоматизированного измерительного устройства в лаборатории и в производственных условиях. Соискателем проведены экспериментальные исследования по раскрою бревен на однопильном круглопильном станке. Предложена технология подготовки сырья к распиловке, совмещающая этапы сортировки и планирование раскроя.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались, обсуждались и были одобрены на научно-технических конференциях по итогам научно-исследовательских работ БГТУ в 1998-2002 г.г.; на международных научно-технических конференциях: "Лес – экология и ресурсы" (Минск 1998 г.), "Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве лесной и деревообрабатывающей промышленности" (Минск 1999 г.), "Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов" (Минск 2000 г.), "Леса Беларуси и их рациональное использование" (Минск 2000 г.); на международной научно-практической конференции "Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие" (Минск 2002 г.).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ. Из них 8 статей в сборниках трудов (42 стр.), 2 статьи в научных журналах (3 стр.) и 7 в материалах конференций (16 стр.), а также

имеется 6 актов внедрения. Подана 1 заявка на получение патента РФ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава диссертации посвящена анализу существующих подходов к сортировке и раскрою круглых лесоматериалов. Рассмотрены известные измерительные системы для обмера бревен. Определены их достоинства и недостатки. На основании анализа научно-технической и патентной информации сформулированы цель и задачи исследований.

Вторая глава диссертации посвящена установлению факторов, которые оказывают наибольшее влияние на объемный выход спецификационных пиломатериалов из бревна, а также их количественные показатели.

Для реализации этого были созданы алгоритмы и программное обеспечение для моделирования раскроя бревен на спецификационную пилопродукцию. Программное обеспечение позволило моделировать раскрой бревен по различным схемам, в том числе на радиальные пиломатериалы, изменяя размерные характеристики сырья и пилопродукции, а также влиять на изменение выхода технологическими факторами (например, шириной пропила).

В основу алгоритмов для составления поставок положена теория проф. Батина Н.А. Согласно этой теории рассматривалось три случая расположения двух досок от центра постава:

- когда $c+b \leq e_{кр}$, т.е. случай выпилки досок из цилиндрической зоны бревна;
- когда $c+a_x \leq e_{кр}$ и $c+b > e_{кр}$, т.е. одна доска выпиливается из цилиндрической зоны бревна, а вторая из зоны сбега;
- когда $c+a_x > e_{кр}$, т.е. обе доски выпиливаются из зоны сбега.

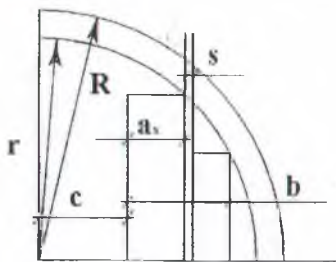


Рис. 1. Расчетная схема определения толщин досок

В этих выражениях $e_{кр}$ — наибольшее (критическое) расстояние от центра торца бревна до внешней пластины досок, не подлежащих укорачиванию,

т.е. $e_{кр} = \sqrt{1.5r^2 - 0.5R^2}$,

где r — вершинный радиус бревна,

R — комлевой радиус бревна.

$$\frac{dV_1}{da_x} = 2L \left[\sqrt{r^2 - (c + a_x)^2} - \frac{a_x(c + a_x)}{\sqrt{r^2 - (c + a_x)^2}} - \sqrt{r^2 - (c + b)^2} \right] = 0$$

$$\frac{dV_2}{da_x} = 2L \left[\sqrt{r^2 - (c + a_x)^2} - \frac{a_x(c + a_x)}{\sqrt{r^2 - (c + a_x)^2}} - \frac{0.385}{R^2 - r^2} \sqrt{[R^2 - (c + b)^2]^3} \right] = 0$$

$$\frac{dV_3}{da_x} = 2L \frac{0.385}{R^2 - r^2} \left(\sqrt{[R^2 - (c + a_x)^2]^3} \right) - \frac{3a_x(c + a_x)(R^2 - (c + a_x)^2)^2}{\sqrt{(R^2 - (c + a_x)^2)^3}} - \sqrt{(R^2 - (c + b)^2)^3} = 0$$

В этих уравнениях V_1 , V_2 , V_3 – суммарный объем двух досок (рис. 1) для трех случаев соответственно;

c – расстояние от центра бревна до внутренней пласти доски толщиной a_x ;

b – сумма толщин первой и второй доски;

L – длина бревна.

Установлено, что основные размерные характеристики бревен (диаметр и длина), которые в настоящее время учитываются на лесопильных предприятиях, при сортировке оказывают лишь косвенное влияние на объемный выход спецификационных пиломатериалов. И только коэффициент сбега, кривизна и спецификация вырабатываемых пиломатериалов оказывает прямое влияние на этот показатель.

Для доказательства прямого влияния спецификации пиломатериалов на объемный выход при изменении диаметров бревен был проведен эксперимент – компьютерное моделирование раскроя групп диаметров 16–20 см и 32–40 см. Причем выпиливалась одинаковая в относительных размерах спецификация пиломатериалов для первой и второй группы. Эксперимент показал (см. рис. 2), что рост объемного выхода пиломатериалов с увеличением диаметра для двух групп одинаков. Это говорит о том, что только "ширина" спецификации вырабатываемых пиломатериалов оказывает влияние на объемный выход при изменении диаметров.

Причина роста связана с тем, что с увеличением диаметра уменьшается минимальный размер досок (толщина и ширина) и ширина пропила, выраженных в долях радиуса или диаметра, т.е. спецификация расширяется в сторону более тонких и узких досок. Но в тоже время уменьшается и максимальный размер досок (в долях радиуса), что делает спецификацию "уже". А в целом, спецификация как бы "смещается" в сторону тонких и узких досок, оставаясь в абсолютном выражении неизменной.

При исследовании влияния кривизны бревен на объемный выход пиломатериалов определялось насколько велико изменение выхода пиломатериалов с увеличением стрелы прогиба. Критерием являлся наибольший диаметр цилиндра, вписанного в кривое бревно.

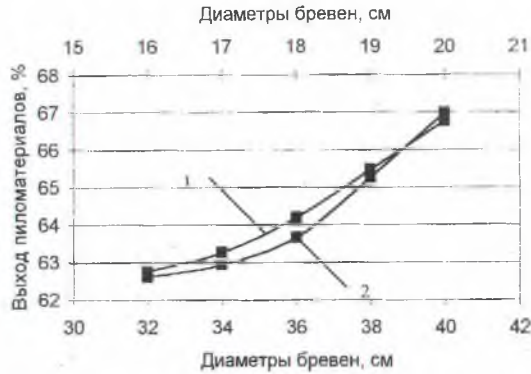


Рис. 2. График зависимости выхода пиломатериалов от диаметра бревна

- 1 – кривая, характеризующая выход из диапазона диаметров 16-20 см,
2 – из диапазона 32-40 см.

При компьютерном моделировании раскря было установлено, что кривые бревна с коэффициентом сбега 1-1.3 следует направлять в группу диаметров на градацию меньше. Кривые бревна с коэффициентами сбега более 1.3 диаметром в вершине до 28 см со стрелой прогиба более 3 см, а также диаметров свыше 28 см со стрелой прогиба более 5 см при сортировке следует направлять в группу диаметров на градацию больше.

Таким образом, было установлено, что при сортировке бревен следует учитывать кроме диаметра и длины еще факторы, которые напрямую влияют на выход пиломатериалов – это коэффициент сбега, кривизна. А при выпиливании "узкой" спецификации пиломатериалов следует подбирать бревна таких групп диаметров, которые дают максимальный выход таких пиломатериалов.

Основной вывод по этой главе заключается в том, что при создании ресурсосберегающей технологии лесопиления необходимо при раскря бревен учитывать все факторы, которые оказывают влияние на объемный выход спецификационных пиломатериалов. Для этого необходимо создать устройство для адекватного описания размеров и формы пиловочного сырья.

Третья глава посвящена разработке, созданию и тестированию измерительного устройства, которое может регистрировать указанные во второй главе размерные характеристики бревен.

Устройство реализует светотеневой автоколлимационный принцип измерения объектов. Отличительными особенностями комплекса являются: источник излучения устройства оптически совмещен с центром объектива приемника, излучение от источника не попадает в объектив приемника излучения, кроме как после отражения от световозвращающей поверхности (retro-

reflective sheetings), предмет измерения или контроля находится между совмещенным источником с приемником излучения и световозвращающей поверхностью.

Математическое и программное обеспечение включает в себя алгоритмы определения диаметров и координат центров окружностей, которые формируют модель бревна.

Определение диаметра сечения объекта измерения сводится к расчету радиуса окружности, вписанного в четырехугольник $P_1P_2P_3P_4$ (см. рис. 3). Однако однозначно в произвольный четырехугольник окружность вписать нельзя.

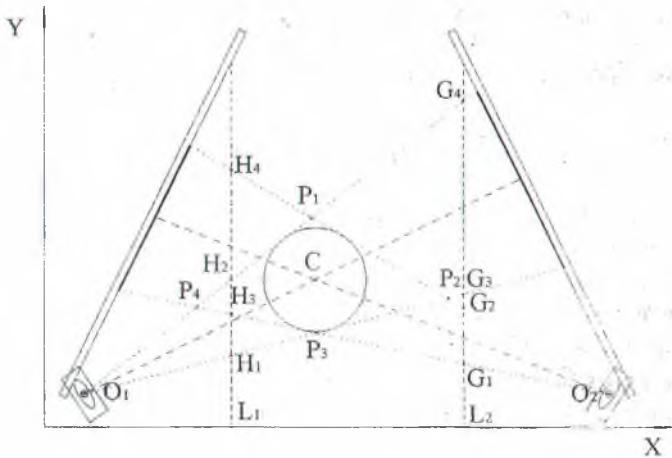


Рис. 3. Расчетная схема для определения диаметров и координат центра

За расчетный радиус было решено принять среднее значение радиусов четырех окружностей, ограниченных тремя касательными: $H_4G_2-H_1G_3-H_2G_4$, $H_4G_2-H_1G_3-H_3G_1$, $H_3G_1-H_1G_3-H_2G_4$, $H_4G_2-H_2G_4-H_3G_1$.

Две вертикальные линии с координатами L_1 и L_2 – это виртуальные линейки, которые получены при калибровке измерительного комплекса, а H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , G_1 , G_2 , G_3 , G_4 – координаты тени объекта на этих линейках.

Определение радиусов (R_i) и координат центров окружности (X_i , Y_i) сводится к решению систем уравнений:

$$R_1, X_1, Y_1 = \begin{cases} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{cases}, R_2, X_2, Y_2 = \begin{cases} d_1 \\ d_2 \\ d_4 \end{cases}, R_3, X_3, Y_3 = \begin{cases} d_1 \\ d_3 \\ d_4 \end{cases}, R_4, X_4, Y_4 = \begin{cases} d_4 \\ d_2 \\ d_3 \end{cases},$$

где d_1, d_2, d_3, d_4 – расстояние от точки (предполагаемый центр окружности) до прямой (касательной к этой окружности).

$$d_i = \frac{AX_i + BY_i + C}{\pm \sqrt{A^2 + B^2}},$$

где в числителе – уравнение прямой в общем виде:

$(G_3 - H_1)X_1 - (L_2 - L_1)Y_1 + H_1(L_2 - L_1) - L_1(G_3 - H_1) = 0$ – уравнение прямой H_1G_3 ,

$(G_4 - H_2)X_1 - (L_2 - L_1)Y_1 + H_2(L_2 - L_1) - L_1(G_4 - H_2) = 0$ – уравнение прямой H_2G_4 ,

$(G_1 - H_3)X_1 - (L_2 - L_1)Y_1 + H_3(L_2 - L_1) - L_1(G_1 - H_3) = 0$ – уравнение прямой H_3G_1 ,

$(G_2 - H_4)X_1 - (L_2 - L_1)Y_1 + H_4(L_2 - L_1) - L_1(G_2 - H_4) = 0$ – уравнение прямой H_4G_2 .

Расчетный радиус определяем по формуле $R=0,25 (R_1+R_2+R_3+R_4)$, расчетные координаты центра окружности по формулам $X=0,25 (X_1+X_2+X_3+X_4)$ и $Y=0,25 (Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)$.

Площадь поперечного сечения – $S=\pi R^2$.

Длина бревна – $L = \sum_{k=1}^{N-1} l_k$.

Объем бревна – $V = 0.5 \sum_{k=1}^{N-1} (S_k + S_{k+1}) l_k$, где

l_k – расстояние между сечениями S_k и S_{k+1} ,

N – число сечений S_k .

После прохождения бревна через измеритель и получения исходных данных включается модуль по обработке первичной информации: фильтрации данных о координатах поверхности, обработки профилей полностью необрезанных сучьев, задиров коры, налипания снега и пр.

Следует отметить, что расчет радиусов и диаметров окружностей ведется с учетом коры – породу древесины вводит оператор автоматизированного измерительного комплекса. Специальные процедуры программного обеспечения "снимают" толщину коры.

Затем производится определение вершинного и комлевого диаметра, вычисляется стрела прогиба и объем.

Таким образом, получается модель бревна.

После создания образца оптико-электронного устройства были проведены эксперименты по исследованию точности определения диаметров и объемов. Были поставлены эксперименты в лабораторных условиях на цилиндрических образцах, лежащих параллельно и под различными углами к продольной оси конвейера. Затем были проведены испытания в производственных условиях на реальных бревнах.

В результате этих исследований были установлены предельные углы отклонения оси бревен относительно оси продольного цепного конвейера (см. табл. 1), а также установлено, что абсолютная погрешность определения диаметров во всех испытаниях не хуже 2 мм, а относительная погрешность определения объемов не превышает 3%, что соответствует стандарту на автоматизированные средства измерения.

Значения предельных углов отклонения оси бревна от оси конвейера

Группы диаметров, см	8-13	14-24	26-50
Значения углов, град.	9,83	9,63-7,37	7,08-5,12

В этой же главе были определены направления использования созданного образца измерительного устройства:

в качестве самостоятельного устройства для обмера и учета сырья, в составе сортировочной линии,

в составе линии для раскряж хлыстов. Разработанное программное обеспечение для этого случая может быть использовано при оснащении харвестеров компьютеризированным комплексом для оптимальной раскряжевки хлыстов на пиловочные бревна. На основании информации о спецификации пилопродукции дается заказ на круглые лесоматериалы, определяются длина и диаметр сортиментов, их количество.

Четвертая глава посвящена проведению, обработке и анализу результатов эксперимента по раскрою бревен на однопильных станках.

Целью опытных распилов бревен, проводимых в производственных условиях, являлось:

- отработка программного обеспечения по проектированию оптимальных схем раскряж;
- установление фактического и расчетного выхода пиломатериалов,
- установление взаимосвязи между фактическим и расчетным выходом с учетом размеров и качества исходного сырья, способа раскряж и типа головного оборудования;
- установление способов и схем распиловки бревен, обеспечивающих наибольший объемный выход вырабатываемых пиломатериалов,
- выявление возможных отклонений фактического объема бревен от табличного.

Эксперимент проводился на лесопильных предприятиях Молодечненского и Смолевичского лесхозов. Эксперимент проводился по методике, рекомендованной ЦНИИМОД. В соответствии с этой методикой было распилено 150 бревен на однопильном круглопильном станке. Фиксировались фактические диаметры и объемы бревен, а также объемы пиломатериалов, полученных из этих бревен. При принятых в практике правилах обмера бревен и определения их объемов по ГОСТ 2708-75 возможны некоторые отклонения фактического объема бревен от табличного. Это отклонение влечет за собой и отклонение фактического выхода пиломатериалов от расчетного. Поэтому установление взаимосвязи между фактическим объемом бревен и табличным имеет большое значение.

Отклонение фактического объема бревен (V_{ϕ}) от табличного (V_t) опре-

деляется их отношением K_1 :

$$K_1 = \frac{V_{\Phi}}{V_T}$$

Коэффициент K_1 определялся для каждого опытного бревна. Обобщенные данные фактических и табличных объемов бревен, а также их отношение K_1 приведены в табл. 2.

Проверка достоверности результатов проводилась по критерию Пирсона χ^2 . Для всех групп диаметров расчетный коэффициент χ^2 не превысил табличного.

Таблица 2

Обобщенные данные фактических и табличных объемов и коэффициента K_1 по опытным партиям

Диаметры бревен по группам, см	Суммарный объем группы бревен, м ³		Отношение фактического объема бревен к табличному K_1
	фактический	табличный	
14-18	8,892	7,989	1,113
20-24	13,156	12,65	1,040
26-32	21,023	20,94	1,004
Итого	43,071	41,579	1,036

Для установления взаимосвязи между фактическим и расчетным выходом по каждому бревну определялись фактический выход всех пиломатериалов η_{Φ} , расчетный выход пиломатериалов η_p и отношение фактического выхода к расчетному (см. табл.3):

$$K_2 = \frac{\eta_{\Phi}}{\eta_p}$$

Проверка достоверности результатов проводилась также по критерию Пирсона χ^2 . Для всех групп диаметров расчетный коэффициент χ^2 не превысил табличного.

Следует отметить, что коэффициент K_1 , отражающий отношение фактического объема бревен к табличному, колеблется в значительных пределах, но интервал колебания K_2 значительно больше интервала колебания K_1 . Это указывает на то, что зона сбег бревна дает значительно меньший выход пиломатериалов, чем цилиндрическая зона, т.е. увеличение объема пиломатериалов из сбеговой зоны происходит значительно медленнее, чем увеличение объема зоны сбег.

Результаты обработки экспериментальных данных по группам диаметров

Диаметры бревен по группам d, см	Объем партии бревен V, м ³	Выход п/м из опытных партий бревен		Отношение фактического выхода к расчетному $K_2 = \frac{\eta_f}{\eta_p}$
		Фактический, %	Расчетный, %	
14-18	7,989	49,41	50,44	0,98
20-24	12,650	52,06	52,95	0,983
26-32	20,940	53,76	55,79	0,964
Итого:	41,579	51,74	53,06	0,975

Анализ результатов показывает, что фактический выход ближе к расчетному выходу пиломатериалов при распиловке бревен средних размеров. Это объясняется, прежде всего, объективными факторами: при расчете бревна принимается за правильную геометрическую фигуру (усеченный конус), что не соответствует фактической форме; при распиловке может быть отклонение оси бревна от центра поставки; при расчетах не учитываются пороки, имеющиеся в древесине и не допускаемые в пиломатериалах и заготовках, а так же дефекты обработки (разнотолщинность, крыловатость, мшистость и другие, связанные с состоянием оборудования и подготовкой инструмента), влияющие на выход пиломатериалов.

Кроме этого, существенное влияние на этот показатель оказывает фактор правильности выбора схемы распиловки того или иного бревна и отклонение ее от схемы, выбранной оператором. Наблюдения показали, что при распиловке средних диаметров бревен при небольшом количестве выпиленных сечений досок оператор выбирает схему распиловки, которая близка к оптимальной, и некоторые отклонения в выборе местоположения первого реза незначительно сказываются на выходе пиломатериалов. При увеличении же диаметра, оператору труднее выбрать оптимальную схему. Он чаще ошибается в выборе схемы и местоположении первого реза, при этом снижается фактический выход пиломатериалов и эффективность производства в целом.

Для повышения эффективности лесопиления на рабочем месте оператора однопильного станка необходимо иметь оптимальные схемы распиловки бревен, которые составлены с учетом их размеров и спецификации выпиленных досок.

Анализ результатов раскроя бревен, для которых составлялись оптимальные схемы распиловки по разработанной программе показал, что выход из этих бревен ближе к расчетному и даже превышает его (табл. 4). Это пре-

вышение связано с тем, что у таких бревен фактический коэффициент сбега значительно превышает табличный, и, следовательно, из такого бревна получается больше пиломатериалов из сбеговой зоны.

Среднее значение коэффициента K_2 для всей совокупности бревен практически лежит между границами 0,941–1,006. В среднем можно принять для бревен хвойных пород при распиловке их на обрезные пиломатериалы на однопильном круглопильном станке $K_2=0,975$. Это указывает на согласие фактического выхода с расчетным, подтверждает правильность теоретических расчетов и указывает на практическую значимость определения теоретически обоснованных оптимальных условий раскря сырья, обеспечивающих наибольший расчетный, а, следовательно, и наибольший фактический выход пиломатериалов.

Таблица 4

Результаты обработки экспериментальных данных по диаметрам

Диаметры бревен по группам d , см	Объем партии бревен V , м ³	Выход п/м из опытных партий бревен		Отношение фактического выхода к расчетному $K_2 = \frac{\eta_f}{\eta_p}$
		Фактический, %	Расчетный, %	
16	1,860	48,69	49,78	0,978
18	3,104	52,93	50,92	1,039
20	2,740	54,98	53,06	1,036
22	2,520	52,21	52,03	1,003
24	2,640	55,95	53,64	1,043
26	4,680	56,47	54,80	1,030
28	3,150	56,37	55,65	1,013
30	1,560	57,33	55,87	1,026
32	0,590	58,99	61,40	0,961
Итого:	22,844	54,88	54,13	1,0139

Применение разработанного измерительного комплекса позволит приблизить фактический выход к расчетному, и обеспечит высокую степень достоверности планирования раскря бревен на пилопродукцию целевого назначения.

Пятая заключительная глава диссертации посвящена разработке ресурсосберегающей технологии лесопиления, основанной на совмещении этапов сортировки бревен и планирования раскря с применением автоматизированного измерительного устройства. Идея состоит в комплексном учете

факторов, которые влияют на выход спецификационных пиломатериалов, и в оптимизации количества сортировочных групп. При этом реализуется сортировка бревен по схемам раскроя (по методике проф. Калитеевского Р.Е).

Данная технология дает значительный экономический эффект на лесозаводах, вырабатывающих ограниченную спецификацию пиломатериалов, что характерно для большинства белорусских предприятий и в частности для предприятий Комитета лесного хозяйства и других небольших по количеству выпускаемых пиломатериалов лесозаводов (до 1500 м³/месяц).

Практически все белорусские лесозаводы реализуют групповой способ распиловки бревен, поэтому необходимо сырье подавать в цех рассортированным. Традиционная сортировка по каждому четному диаметру при выпиливании ограниченной спецификации приводит к необоснованному завышению количества сортировочных групп и, как следствие, увеличению оперативного запаса сырья на складе, что ведет к "замораживанию" оборотных средств и снижению экономической эффективности работы предприятия.

Реализацию технологии покажем на примере филиала "Лесобумпродукция" ОАО "Беллесбум", где она была внедрена. Предприятие вырабатывает три толщины и три ширины, всего 8 сечений. Традиционная сортировка требует 7 лесонакопителей.

С помощью разработанной программы были составлены и рассчитаны поставы для всего диапазона диаметров, которые поступают на лесозавод. Результаты расчетов были переданы в MS Excel, где был построен график рис. 4.

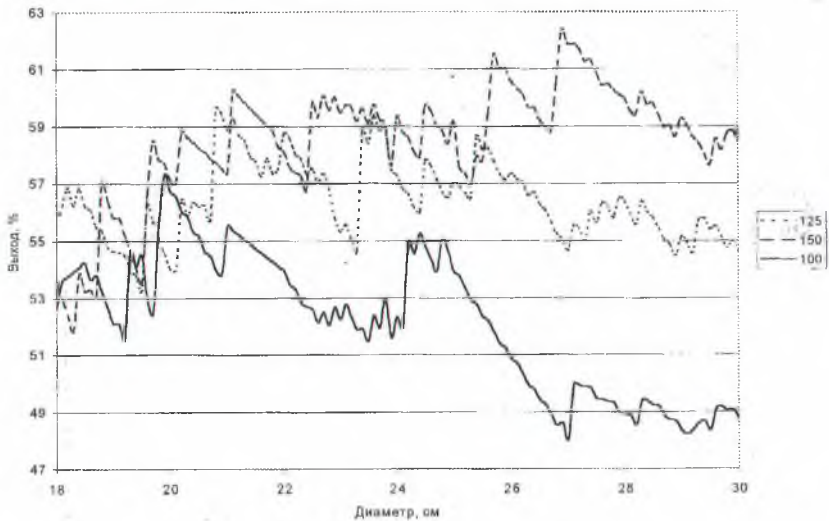


Рис. 4. Графики изменения объемного выхода пиломатериалов в зависимости от диаметра и толщины бруса

На основе анализа данных таблицы и графика была определена оптимальная система поставов, которые дают наибольший средневзвешенный выход спецификационных пиломатериалов. Было получено 4 сортiroвочные группы (табл. 5).

Таблица 5

Оптимальная система поставов

№ сорт- ной группы	Структура поства	Диапазон диамет- ров	Кол-во до- сок из пла- сти бруса	Средневзвешен- ный выход пи- ломатериалов
1	$I - \frac{125}{1} - \frac{16}{2} \quad II - \frac{50}{2} - \frac{25}{2}$	18-18,8	2	57,06
2	$I - \frac{150}{1} - \frac{16}{2} \quad II - \frac{50}{2} - \frac{25}{2}$	18,9-22,4	2	58,36
3	$I - \frac{150}{1} - \frac{16}{2} - \frac{16}{2} \quad II - \frac{50}{3} - \frac{16}{2} - \frac{16}{2}$	22,5-26,7	3	61,68
4	$I - \frac{150}{1} - \frac{25}{2} - \frac{25}{2} \quad II - \frac{50}{4} - \frac{16}{2}$	26,8-30	4	60,63
Средний выход				59,43

Поставы заносятся в память компьютера управления измерительным устройством сортiroвочной линии. После прохождения бревна через измеритель определяются его индивидуальные особенности. Затем производится расчет по всем поставам и выбирается тот постав, который дает наибольший объемный выход спецификационных пиломатериалов. Этому поставу соответствует номер лесонакопителя, в который должно быть направлено это бревно.

Реализация технологии сортiroвки по схемам раскроя позволила:

- получить максимальный объемный выход спецификационных пиломатериалов;
- снизить количество сортiroвочных групп бревен, что снизило трудо- и энергозатраты при сортiroвке;
- уменьшить необходимый оперативный запас сырья, что увеличило рентабельность продукции и капитала за счет снижения объема "замороженных" оборотных средств.

Внедрение такой методики сортiroвки бревен с учетом их индивидуальных особенностей на лесопильном предприятии филиала "Лесобумпродукция" ОАО "Беллесбум" позволило увеличить выход экспортной пилопродукции на 1% при снижении трудо- и энергозатрат при сортiroвке до 40% за счет уменьшения количества лесонакопителей, и увеличении рентабельности продукции до 7%. Техничко-экономические показатели от внедрения технологии сортiroвания по схемам раскроя с оптимизацией границ сортiroвочных

групп представлены в табл.6.

Таблица 6

Экономическая эффективность внедрения технологии сортирования

Технико-экономические показатели	Знач-я
Производительность цеха, м ³ /месяц	3000
Средний объемный выход спецификационной пилопродукции, %	50 ¹
Объем пиломатериалов, м ³ /месяц	1500
Средняя цена пилопродукции, EUR	70
Сумма инвестиций в линию сортировки, EUR	50000 ²
Дополнительная выручка за счет увеличения выхода и рентабельности, EUR	6227
Срок окупаемости инвестиций, мес.	8
¹ – с учетом браковки	
² – цена измерительного комплекса, системы автоматизации, бревнотаски, сбрасывателей, металла для лесонакопителей.	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан метод проектирования схем раскря бревен с учетом их индивидуальных особенностей на пилопродукцию целевого назначения. Программное обеспечение позволяет проектировать системы поставок, основываясь на теории проф. Батина Н.А., быстро и достаточно эффективно /1, 2, 3, 4/.
2. Установлены факторы, исследовано их влияние на выход спецификационных пиломатериалов из бревна и установлены количественные показатели изменения выхода. Установлено, что кроме диаметра и длины бревен, которые оказывают лишь косвенное влияние на объемный выход пилопродукции при сортировке необходимо учитывать индивидуальные особенности формы бревен – кривизну, коэффициент сбега, и некоторые технологические факторы – ширину пропила, разнообразие типоразмеров пиломатериалов в спецификации /5, 6/.
3. Разработан измерительный комплекс для регистрации индивидуальных особенностей бревен, математический аппарат и программное обеспечение для адекватного описания их формы и размеров. Проведены исследования точности созданного автоматизированного измерительного комплекса в лабораторных и производственных условиях. Во всех испытаниях абсолютная погрешность определения диаметра не превысила двух миллиметров, а относительная погрешность определения объемов не превысила 3% /7, 8, 9/.
4. Проведены исследования по установлению взаимосвязи между расчетным и фактическим выходом пиломатериалов при распиловке бревен на однопильных круглопильных станках. Было установлено, что среднее значение

этого коэффициента для всей совокупности бревен практически лежит между границами 0,941–1,006. Для бревен хвойных пород при распиловке их на обрезные пиломатериалы на однопильном круглопильном станке этот коэффициент в среднем составит 0,975. Это указывает на согласие фактического выхода с расчетным, подтверждает правильность теоретических расчетов и указывает на практическую значимость определения теоретически обоснованных оптимальных условий раскря сырьа, обеспечивающих наибольший расчетный, а, следовательно, и наибольший фактический выход пиломатериалов /10, 11, 12/.

5. Результаты теоретических и практических исследований были внедрены при совершенствовании технологических процессов лесопиления Молодечненского, Сморгонского, Смолевичского и Старобинского лесхозов, а также филиала "Лесобумпродукция" ОАО "Беллесбум". Предложенная технология сортировки совместно с планированием раскря бревен позволила повысить выход экспортной пилопродукции на 1%, снизить трудо- и энергозатраты на 40%, что повысило рентабельность продукции на 7%. В денежном выражении – дополнительная прибыль составит 6227 EUR в месяц, что позволит окупить сортировочную линию менее чем за год /13, 14, 15, 16, 17/.

Таким образом, предлагаемая технология сортировки и раскря бревен обеспечивает эффективную переработку круглых лесоматериалов на пилопродукцию целевого назначения, рационально использовать сырьевые, энерго- и трудовые ресурсы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Раскрой бревен на радиальные пиломатериалы // Труды БГТУ. Вып. VI. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн.: БГТУ, 1998. – С.94–99.
2. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Номограмма для составления поставок на выпилровку радиальных пиломатериалов // Труды БГТУ. Вып. X. Сер. II. Лесная и д/о промышленность. – Мн., 2002. – С. 128–132.
3. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Моделирование раскря хлыстов на пиловочные бревна // Труды БГТУ. Вып. VI. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн.: БГТУ, 1998. – С.99–102.
4. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Обоснование методики составления плана раскря бревен // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве лесной и деревообрабатывающей промышленности: Матер. междунар. научно-техн. конф. – Мн., 1999. – С.293–295.
5. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Влияние особенностей формы бревен на выход пилопродукции // Труды БГТУ. Вып. V. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн.: БГТУ, 1997. – С.60–64.
6. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Индивидуальный подход к раскря лесоматериалов // Деревообрабатывающая промышленность. – М., 1998. – № 4.

– С. 25-26.

7. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Яковлев М.К., Василенок Г.Д. Опытный образец оптоэлектронной установки для учета круглых лесоматериалов // Труды БГТУ. Вып. IV. Сер. II. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн.: БГТУ, 1996. – С.102-106.
8. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Василенок Г.Д. Автоматизированный контроль размеров и формы круглых лесоматериалов // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Матер. междунар. научно-техн. конф. – Мн.: БГТУ, 2000. – С. 23-24.
9. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Точность определения диаметров и объемов бревен измерителем на базе лазеров // Труды БГТУ. Вып. VIII. Сер. II. Лесная и д/о промышленность. – Мн., 2000. – С. 145-151.
10. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Зайцева Л.А., Пастушени В.И. Нормирование расхода сырья на лесопильных предприятиях малой и средней мощности // Лес – экология и ресурсы: Материалы межд. науч.-техн. конф. – Мн.: БГТУ, 1998. – С. 232-234.
11. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Эффективность распиловки бревен на однопильных круглопильных станках // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве лесной и деревообрабатывающей промышленности: Матер. междунар. научно-техн. конф. – Мн., 1999. – С.291-293.
12. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Журавлев А.А. Экспериментальные исследования по раскрою бревен на круглопильных станках // Леса Беларуси и их рациональное использование: Матер. междунар. научно-техн. конф. – Мн., 2000. – С.328-329.
13. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Повышение эффективности лесопиления // Сборник научных трудов НАН Беларуси. – Вып.46. – Гомель: Институт леса, 1997. – С. 329–331.
14. Шетько С.В., Янушкевич А.А. Повышение эффективности использования древесного сырья в лесопилении // Лес – экология и ресурсы: Матер. междунар. научно-техн. конф. – Мн.: БГТУ, 1998. – С. 235-237.
15. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Журавлев А.А. Направление повышения эффективности лесопиления // Лесное и охотничье хозяйство. – Мн., 2001. – №1. – С. 46.
16. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Зайцева Л.А., Пастушени В.И. Лесопильные потоки на базе круглопильных станков // Труды БГТУ. Вып. X. Сер. II. Лесная и д/о промышленность. – Мн., 2002. – С. 132-135.
17. Шетько С.В., Янушкевич А.А., Зайцева Л.А. Эффективность раскроя пиловочного сырья на пиломатериалы ограниченной спецификации // Леса Европейского региона – устойчивое управление и развитие: Матер. междунар. научно-практической конф. – Мн., 2002.



Шэцька Сяргей Васільевіч

Распрацоўка рэсурсазберагаючай тэхналогіі сартавання і раскроя круглых лесаматэрыялаў на пілапрадукцыю мэтавага назначэння

КРУГЛЫЯ ЛЕСАМАТЭРЫЯЛЫ, ПІЛАПРАДУКЦЫЯ МЭТАВАГА НАЗНАЧЭННЯ, ІНДЫВІДУАЛЬНЫЯ АСАБЛІВАСЦІ БЯРВЕНАЎ, ВЫМЯРАЛЬНЫ КОМПЛЕКС, САРТАВАННЕ, РАСКРОЙ, ЭФЕКТЫЎНАСЦЬ ЛЕСАПІЛЕННЯ, РЭСУРСАЗБЕРАЖЭННЕ.

Аб'ектам даследавання з'яўляўся тэхналагічны працэс лесасілення. Мэта дысертацыйнай работы – распрацаваць рэсурсазберагаючую тэхналогію лесасілення, якая забяспечвае індывідуальны падыход да раскроя круглых лесаматэрыялаў на пілапрадукцыю мэтавага назначэння і павышэнне эфектыўнасці лесасільнай вытворчасці.

У працы даследавана ўздзеянне індывідуальных асаблівасцяў бярвенаў і тэхналагічных фактараў на аб'ёмны выхад спецыфікацыйных піламатэрыялаў. Для павышэння эфектыўнасці лесасільнай вытворчасці даказана неабходнасць ва ўліку ўсіх фактараў, якія ўплываюць на аб'ёмны выхад піламатэрыялаў. Створана і ўведзена ў эксплуатацыю вымяральнае ўстройства для рэгістрацыі памерных характарыстык круглых лесаматэрыялаў. Праведзена яго наладжванне і тэставанне ў вытворчых умовах. Абсалютная хібнасць вызначэння дыяметраў не перавысіла 2 мм, а адносная хібнасць вызначэння аб'ёмаў не перавысіла 3%.

У працы прыведзены вынікі эксперымента па ўстаноўцы ўзаемасувязі фактычнага і разліковага выхада пілапрадукцыі пры распілоўцы бярвенаў на аднапільных круглапільных станках. Згода фактычнага выхаду з разліковым падцвярджае дакладнасць тэарэтычных разлікаў і паказвае на практычную значымасць вызначэння тэарэтычна абгрунтаваных аптымальных умоў раскроя сыравіны, якія забяспечваюць найбольшы разліковы, а, значыць, і найбольшы фактычны выхад піламатэрыялаў.

Вынікі даследавання выкарыстаны пры ўдасканалванні лесасільных вытворчасцяў Маладзечненскага, Смаргонскага, Смалявіцкага і Старобінскага лясгасаў, а таксама філіяла “Лесапаперпрадукцыя” ААТ “Беллеспапер”. Прапанаваная тэхналогія сартавання сумесна з планавааннем раскроя бярвенаў дазволіла павысіць выхад экспартнай пілапрадукцыі на 1%, знізіць праца- і энергасатраты на 40%, што павысіла рэнтабельнасць прадукцыі на 7%. У грашовых адзінках дадатковы прыбытак будзе складаць 6277 EUR у месяц, што дазволіць акупіць сартавальную лінію меней чым за год.

Шетько Сергей Васильевич

Разработка ресурсосберегающей технологии сортировки и раскроя круглых лесоматериалов на пилопродукцию целевого назначения

КРУГЛЫЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ, ПИЛОПРОДУКЦИЯ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БРЕВЕН, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, СОРТИРОВКА, РАСКРОЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОПИЛЕНИЯ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

Объектом исследования являлся технологический процесс лесопиления. Цель диссертационной работы – разработать ресурсосберегающую технологию лесопиления, обеспечивающую индивидуальный подход к раскрою круглых лесоматериалов на пилопродукцию целевого назначения и повышение эффективности лесопильного производства.

В работе исследовано влияние индивидуальных особенностей бревен и технологических факторов на объемный выход спецификационных пиломатериалов. Для повышения эффективности лесопильного производства доказана необходимость учета всех факторов, оказывающих влияние на объемный выход пиломатериалов. Создано и внедрено измерительное устройство для регистрации размерных характеристик круглых лесоматериалов. Проведена его наладка и тестирование в производственных условиях. Абсолютная погрешность определения диаметров не превысила 2 мм, а относительная погрешность определения объемов не превысила 3%.

В работе приведены результаты эксперимента по установлению взаимосвязи фактического и расчетного выхода пилопродукции при распиловке бревен на однопильных круглопильных станках. Согласие фактического выхода с расчетным, подтверждает правильность теоретических расчетов и указывает на практическую значимость определения теоретически обоснованных оптимальных условий раскроя сырья, обеспечивающих наибольший расчетный, а, следовательно, и наибольший фактический выход пиломатериалов.

Результаты исследований внедрены при совершенствовании лесопильных производств Молодечненского, Сморгонского, Смолевичского и Старобинского лесхозов, а также филиала "Лесобумпродукция" ОАО "Беллесбум". Предложенная технология сортировки совместно с планированием раскроя бревен позволила повысить выход экспортной пилопродукции на 1%, снизить трудо- и энергозатраты на 40%, что повысило рентабельность продукции на 7%. В денежном выражении – дополнительная прибыль составит 6227 EUR в месяц, что позволит окупить сортировочную линию менее чем за год.

THE SUMMARY

Shetko Sergei Vasilievich

The elaboration of the resource saving technology of roundwood sorting and sawing on lumbers for target purpose

ROUNDWOOD, LUMBERS FOR TARGET PURPOSE, PARTICULAR LOGS FEATURES, MEASURING SYSTEM, SORTING, SAWING, EFFICIENCY OF TIMBER SAWING, RESOURCE SAVING.

The object of study was the timber sawing technological process. The dissertation purpose is to elaborate the resource saving technology of sawing that will ensure an individual approach to roundwood sawing on the lumbers for target purpose and increase of the sawing efficiency.

In the work it was researched the influence of the particular logs features and technological factors on the specification lumbers output. For increase of the sawing efficiency it was proved the importance of taking into account of all factors that influence the lumbers output. There was constructed and introduced a measuring device for registrations of roundwood dimensional specifications. The measuring device was adjusted and tested in working conditions. The absolute accuracy of diameters determination did not exceed 2 mm, and the relative accuracy of volume determination did not exceed 3%.

In the work there are given the experimental results of the interrelation determination of the actual and calculated lumbers output at the logs sawing on the circular single saw machines. The agreement of actual and calculated output validates the accuracy of theoretical calculations and indicates the practical value of determination of the theoretically based optimum conditions of raw material sawing which ensure the maximum calculated and, consequently, the maximum actual lumbers output.

The research results are implemented at the lumber mill improvement of Molodechno, Smorgon, Smolevichi and Starobin forestries, as well as the "Lesobumprodukciya" branch – the company "Bellesbum". The offered technology of sorting together with the logs sawing planning has allowed to extend the export lumbers output on 1% and to reduce the working and energy expenses on 40% that has increased the products profitability on 7%. In the money term additional income will come to 6227 EUR per month that will allow to cover expenses for the sorting line less than for one year.

Шетько Сергей Васильевич
**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
СОРТИРОВКИ И РАСКРОЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА
ПИЛОПРОДУКЦИЮ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Подписано в печать 22.07.03 Формат 60х84 1/16 Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

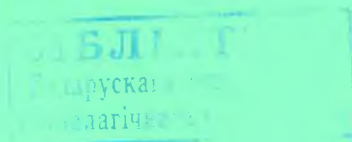
Тираж 75 экз. Заказ №297.

УО «Белорусский государственный технологический университет».

220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Отпечатано на ротапринте УО «Белорусский государственный
технологический университет».

220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13.



513 ар