

674

947

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

674.093

УДК 674.093

ЯКОВЛЕВ Михаил Кузьмич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА И РАСКРОЯ
КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ**

**05.21.05 - Технология и оборудование
деревообрабатывающих производств, лесоводство**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Минск - 1995

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель -
кандидат технических наук,
доцент ЯВУШКЕВИЧ А.А.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук,
профессор КАЛИТЕЕВСКИЙ Р.Е.;
кандидат технических наук,
доцент ФЕДОРЯЧИК А.С.

Оппонирующая организация - акционерное производственное объединение "Речицадрев".

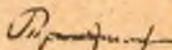
Защита состоится "15" ИЮНЯ 1995 г. в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций К.056.01.01 Белорусского государственного технологического университета по адресу: г.Минск, ул.Свердлова, 13а, корпус 4, ауд. 240 .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БГТУ.

Автореферат разослан "12" мая 1995 г.

Отзывы на автореферат в ДВУХ ЭКЗЕМПЛЯРАХ С ЗАВЕРЕННЫМИ ПОДПИСЯМИ просим направлять по адресу: БЕЛАРУСЬ, 220630, Минск, ул.Свердлова, 13а, БГТУ, ученому секретарю совета по защите диссертаций К.056.01.01.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
доцент

 С.П. ТРОФИМОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Основным направлением решения проблемы увеличения производства специфицированных пиломатериалов без увеличения объемов перерабатываемой древесины является совершенствование существующих и главным образом создание новых ресурсосберегающих технологий, позволяющих повысить выход пилопродукции и снизить количество отходов. В условиях роста стоимости сырья разработка теории, технологии и оборудования, обеспечивающих повышение выхода пиломатериалов и заготовок, имеет первостепенное значение для эффективности и конкурентоспособности применяемых технологий.

В условиях снижения среднего диаметра пиловочника, обусловленного невысокой (около 2%) долей спелых лесов в структуре лесного фонда Беларуси, а также ухудшения качества сырья, вызванного вовлечением в переработку лиственных пород, древесины от санрубок и рубок ухода и влиянием последствий катастрофы на Чернобыльской АС, только ресурсосберегающие технологии, в полной мере учитывающие размерно-качественные характеристики перерабатываемого сырья, позволят увеличить выпуск пилопродукции без увеличения объемов переработки.

Связь работы с крупными программами. Тематика исследований входит в планы НИР Белорусского государственного технологического университета и выполняется для Минобразования Беларуси и концерна "Беллесбумпром" в рамках комплексной целевой научно-технической программы 33.01рц "Древесные ресурсы".

Цель и задачи исследований. Анализ применяемых в теории лесопиления и деревообработки математических моделей круглых лесоматериалов и хлыстов по критерию их адекватности моделируемым объектам позволил сформулировать цель исследований: повышение точности и достоверности учета сырья и создание условий для увеличения выхода пиломатериалов и заготовок.

В соответствии с целью работы сформулированы основные задачи исследований:

- разработать теоретический метод создания математических

моделей круглых лесоматериалов, который обеспечит определение размерных характеристик сырья и позволит учесть форму сортимента при учете и раскросе сырья ;

- выбрать математический аппарат, разработать математические модели и алгоритмы, обеспечивающие адекватное описание формы и размеров, индивидуальный обмер и учет сырья;

- создать программное обеспечение, реализующее построение указанных математических моделей и алгоритмов на ЭВМ;

- разработать автоматизированное оборудование для индивидуального обмера и учета круглых лесоматериалов.

Научная новизна полученных результатов. Разработан метод индивидуальных моделей - метод построения математических моделей круглых лесоматериалов, основанный на измерении определенного числа точек поперечных сечений сортимента вдоль его длины и интерполяции точечного базиса бикубическим сплайном. Интерполяционные модели, построенные на небольшом числе точек поверхности, позволяют определить размерные показатели сортимента, учесть особенности, в частности, пороки формы (кривизну, сбежистость, овальность и др.) и являются адекватными моделями сырья для его учета и раскроя.

Предложен математический аппарат - интерполяционные кубические сплайны, разработаны математические модели круглых лесоматериалов и алгоритмы их построения, алгоритмы индивидуального учета пиловочного сырья, а также отдельные алгоритмы раскроя.

Создано программное обеспечение, реализующее математические модели и алгоритмы в виде программных средств для ПЭВМ типа IBM PC AT/XT.

Исследована точность индивидуальных моделей на основе кубических сплайнов в зависимости от числа узлов.

Степень новизны полученных результатов - получено впервые.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты теоретических исследований использованы при разработке устройства для обмера сырья и программного обеспечения, в результате чего создан экспериментальный образец оптико-электронной установки для обмера и учета бревен.

Индивидуальные модели могут быть использованы при создании информационных технологий лесопиления, ресурсосберегающих технологических процессов и оборудования, связанных с

раскром круглых лесоматериалов и раскряжкой хлыстов.

Проведена опытно-промышленная проверка раскряжки для производства строганого шпона, которая показала возможность увеличения выхода заготовок на 3-5%.

Результаты исследований используются в учебном процессе.

Экономическая значимость полученных результатов. Коммерческую ценность имеют результаты диссертации в виде программного обеспечения и установки для обмера и учета бревен.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

метод индивидуальных моделей круглых лесоматериалов и хлыстов, позволяющий на основе единого теоретического подхода моделировать размеры и форму круглого сырья;

индивидуальные математические модели и алгоритмы их создания, обеспечивающие адекватное описание формы и размеров сырья;

алгоритмы учета и раскряжки, позволяющие повысить точность и достоверность индивидуального учета сырья и обеспечить увеличение выхода пиломатериалов и заготовок;

программное обеспечение, реализующее разработанные метод, модели и алгоритмы в виде программных средств ЭВМ, что позволяет использовать их для целей производства, проектирования, исследования и обучения;

зависимости точности моделирования круглых лесоматериалов и определения объемов бревен от числа узлов;

результаты моделирования на ЭВМ раскряжки хлыстов на ванчесах, показавшие возможность увеличения выхода заготовок на 3-5%;

экспериментальный образец оптико-электронной установки для обмера и учета бревен, обеспечивающий автоматизированный учет сырья на основе метода индивидуальных моделей.

Личный вклад соискателя.

Соискателем предложены, разработаны и исследованы:

- метод индивидуальных моделей сырья;
- индивидуальные модели и алгоритмы их создания;
- алгоритмы учета и раскряжки круглых лесоматериалов.

Соискателем выполнены теоретические и экспериментальные исследования:

- точности индивидуальных моделей;
- оптимизации раскряжки хлыстов на ванчесах;
- по автоматизированному обмеру и учету бревен.

Сопоставителем созданы:

- программное обеспечение, реализующее разработанные метод, модели и алгоритмы в виде программных средств ЭВМ;
- базовое программное обеспечение учета круглых лесоматериалов для измерительной установки.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались, обсуждались и были одобрены на научных и научно-технических конференциях: международных - Бургас, Болгария, 1988; Гомель, 1989; Минск, 1989, 1995; всесоюзных - Уфа, 1987, 1992; Москва, 1987, 1990; Свердловск, 1989; Чернигов, 1990; Пермь, 1991; республиканских - Минск, 1988; Киев, 1989, 1991, а также на научно-технических конференциях БГТУ (1987-1995 гг.).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 24 печатных работы и получено авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и приложения, содержит 108 страниц, 14 иллюстраций, 9 таблиц, 89 наименований использованных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована необходимость проведенных исследований, дана оценка современного состояния проблемы.

В первой главе проведен анализ адекватности раскраиваемым объектам математических моделей теории раскроя пиловочного сырья, проанализированы попытки их развития с целью повышения точности описания размерно-качественных показателей сырья, сформулированы цель и задачи исследований.

Исследования, выполненные Х.Л.Фельдманом, Д.Ф.Шапиро, П.П.Аксеновым, Н.А.Батиным, В.Ф.Ветшевой, Г.Д.Власовым, Р.Е.Калитевским, А.Н.Песоцким, В.С.Петровским, С.Н.Рыкуниным, М.С.Розенблатом, Г.Г.Титковым, А.С.Тороповым, В.Г.Турушевым и рядом других ученых позволили сформулировать основные принципы поперечного раскроя хлыстов на сортименты, условия получения наибольшего объемного выхода пиломатериалов при продольном раскрое пиловочного сырья. Размерно-качественные показатели пиловочного сырья являются основными факторами, обуславливающими выбор оборудования, способа раскроя, виды продукции и всю организацию технологического про-

цесса лесопиления. Форма и размеры сырья фиксируются и воспроизводятся в соответствии с применяемыми математическими моделями.

В теории раскроя пиловочного сырья в качестве математических моделей сырья используют тела вращения - усеченные конусы и параболоиды вращения второй степени. Эти модели позволяют легко осуществить технологические расчеты. Однако отклонения в размерах и (или) различие в форме, в частности, наличие кривизны и (или) овальности поступающих в распиловку бревен, приводят к рассеиванию ширины и длины пиломатериалов, особенно при распиловке вразвал и снижению выхода спецификационных пиломатериалов. Применяемые в настоящее время технологии предусматривают использование сортировки сырья, что решая указанную проблему лишь частично, имеет ряд недостатков. Кардинальным решением является переход к высоким ресурсосберегающим технологиям лесопиления, основанным на соединении преимуществ группового раскроя с индивидуальным раскромом каждой единицы сырья, в полной мере учитывающим его форму и размеры. Необходимым условием эффективности таких технологий является использование адекватных математических моделей сырья.

В работах проф. Р.Е.Калитеевского, В.С.Петровского, М.С.Розенблита, к.т.н.С.Г.Елсакова предложены математические модели хлыстов и бревен, которые развивают модели типа тел вращения в сторону их большей адекватности объектам раскроя. Однако эти модели по ряду причин не могут быть использованы для адекватного описания круглых сортиментов с целью его использования в процессах распиловки с учетом индивидуальных особенностей формы сырья. К таким причинам относятся прежде всего наличие в моделях элементов, регистрация которых на лесопильном заводе затруднена либо невозможна (диаметр на середине длины хлыста, уравнение осевой линии бревна и др.), вид модели - типа тела вращения, зависимость коэффициентов от породы (модель В.С.Петровского), жесткие аналитические ограничения и фрагментарность, выражающиеся в композиции эллипсов, парабол, деформированных синусоид (модель М.С.Розенблита) и др.

Проведенный анализ состояния проблемы позволил сформулировать цель и задачи исследований.

Вторая глава диссертации посвящена разработке метода ин-

дивидуальных математических моделей круглых лесоматериалов.

При учете и раскросе сырья, доставленного на лесопильный завод, единственно достоверной информацией о нем являются фактические результаты его обмера. Для объектов сложной формы базовыми показателями, объективно отражающими форму, являются координаты точек поверхности. Координатная модель строится на основе измеренного в определенном порядке точечного базиса.

Разработанный метод индивидуальных моделей состоит в последовательном измерении координат точек поперечных сечений вдоль длины сортимента с последующей интерполяцией полученного точечного базиса. В качестве математического аппарата для построения моделей сырья были выбраны кубические сплайны. В отличие от полиномов степень сплайна не зависит от количества узлов интерполяции. Построение модели поверхности круглого лесоматериала включает моделирование поперечных сечений и образующих кубическим сплайном.

Если на отрезке $[a, b]$ в узлах $a = x_1 < x_2 < \dots < x_N = b$ заданы некоторые значения $y_i, i=1, 2, \dots, N$, полученные из точных измерений, то естественным методом аппроксимации таких данных является интерполяция. Обозначим через $C^2[a, b]$ множество дважды непрерывно дифференцируемых на $[a, b]$ функций. Интерполяционный кубический сплайн дефекта 1

$$S(x) = \sum_{j=0}^3 a_{ij}(x-x_i)^j, \quad x \in [x_i, x_{i+1}], \quad i=1, 2, \dots, N-1,$$

удовлетворяет условиям

$$S(x) \in C^2[a, b], \quad (1)$$

$$S(x_i) = y_i, \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Условия (1) и (2) позволяют составить систему уравнений для определения "наклонов" m_i - значений первых производных сплайна в узлах, имеющую для поперечных сечений вид

$$h_i m_{i-1} + 2(h_i + h_{i-1}) m_i + h_{i-1} m_{i+1} = 3[(y_{i+1} - y_i) h_{i-1}/h_i + (y_i - y_{i-1}) h_i/h_{i-1}], \quad (3)$$

$$h_i = x_{i+1} - x_i, \quad i=2, \dots, N-1,$$

и найти значения коэффициентов сплайна

$$a_{i3} = [-2(y_{i+1} - y_i) + h_i(m_i + m_{i+1})] / h_i^3,$$

$$a_{i2} = [3(y_{i+1} - y_i) - h_i(2m_i + m_{i+1})] / h_i^2,$$

$$a_{i1} = m_i,$$

$$a_{i0} = y_i, \quad i=1, 2, \dots, N-1.$$

Интерполяция поперечного сечения состоит в том, чтобы через N последовательных точек $P_i(x, y)$ плоскости провести гладкую замкнутую кривую. Для этого параметризуем точки $P_i(x, y)$ и построим периодические сплайны $S_X(t)$ и $S_Y(t)$ со значениями $S_X(t_i) = x_i$ и $S_Y(t_i) = y_i$ на сетке узлов $0 = t_1 < t_2 < \dots < t_N = 1$.

Векторный параметрический сплайн $\mathbf{r} = \{S_X(t), S_Y(t)\}$ является моделью поперечного сечения.

При моделировании образующей "наклоны" m_i определялись из системы уравнений

$$\begin{aligned} m_1 &= \mu_1, \\ h_i m_{i-1} + 2(h_i + h_{i-1})m_i + h_{i-1} m_{i+1} &= 3[(y_{i+1} - y_i)h_{i-1}/h_i + (y_i - y_{i-1})h_i/h_{i-1}], \\ m_N &= \mu_N, \quad i = 1, 2, \dots, N-1. \end{aligned} \quad (4)$$

Системы уравнений (3) и (4) решались методом прогонки.

Геометрической моделью поверхности круглого лесоматериала служит двусторонняя поверхность, гомеоморфная конечному цилиндру с замкнутой направляющей (рис.1).

Модель поверхности круглого лесоматериала строится на основе некоторого числа указанных в определенном порядке ее точек - точечного базиса поверхности, который задается матрицами значений координат ее точек

$$\|x_{ij}\|, \|y_{ij}\|, \|z_{ij}\|, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, M. \quad (5)$$

Точечный базис образован путем сечения поверхности двумя семействами взаимно-ортогональных плоскостей: первым - плоскостями, параллельными координатной плоскости XOY и вторым, плоскости которого направлены вдоль длины сортамента и могут быть выбраны в зависимости от способа обмера.

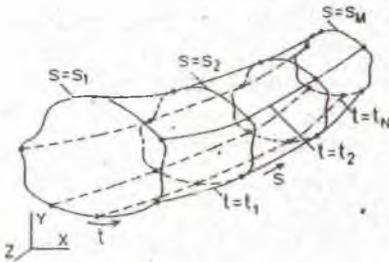


Рис.1. Геометрическая модель поверхности бревна

Общий вид параметрического уравнения поверхности круглого лесоматериала

$$\mathbf{r}(t, s) = \{X(t, s), Y(t, s), Z(t, s)\}, \quad (6)$$

где $X(t, s), Y(t, s), Z(t, s)$ - некоторые однозначные достаточно гладкие функции двух переменных. Для построения индивидуальной модели будем искать функции $X(t, s), Y(t, s), Z(t, s)$ в виде бикубических сплайнов, интерполирующих точечный базис (5). Если на плоскости заданы прямоугольник $R: [a, b] \times [c, d]$ и двумерная сетка

$$a = x_1 < x_2 < \dots < x_N = b, c = y_1 < y_2 < \dots < y_M = d,$$

разбивающая область R на прямоугольники $R_{ij} : [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$, то интерполяционный бикубический сплайн

$$B(x, y) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{ij}^{kl} (x - x_i)^k (y - y_j)^l,$$

$$x, y \in R_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, N-1, \quad j = 1, 2, \dots, M-1$$

удовлетворяет условиям $B(x_i, y_j) = b_{ij}$ и имеет непрерывные частные и смешанные производные порядка не выше 4-х, включающие не более 2-х дифференцирований по каждой переменной.

После параметризации поверхности получим двумерную сетку

$$0 = t_1 < t_2 < \dots < t_N = 1, \quad 0 = s_1 < s_2 < \dots < s_M = 1, \quad (7)$$

где t и s - параметры соответственно поперечных сечений и образующих. Уравнения (6), где

$$X(t, s) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{ij}^{kl} (t - t_i)^k (s - s_j)^l,$$

$$Y(t, s) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 b_{ij}^{kl} (t - t_i)^k (s - s_j)^l,$$

$$Z(t, s) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 c_{ij}^{kl} (t - t_i)^k (s - s_j)^l -$$

бикубические сплайны со значениями, заданными матрицами (5) в узлах сетки (7), представляют собой индивидуальную модель круглого лесоматериала. Построение бикубического сплайна состоит в решении серии одномерных задач типов (3) и (4).

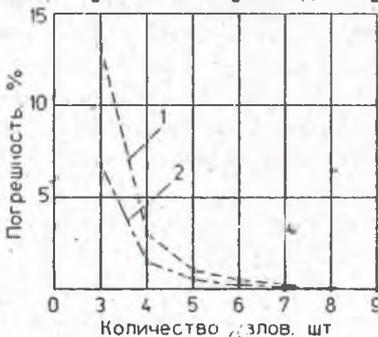
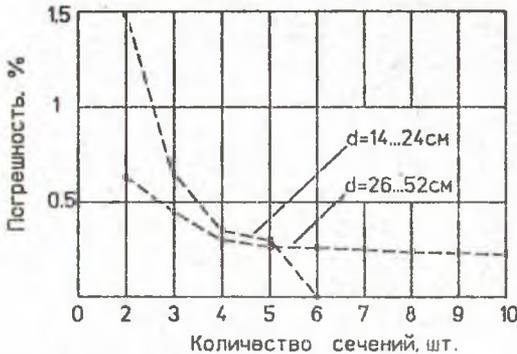


Рис. 2. Погрешность интерполяции кругового сечения; 1 - площадь; 2 - диаметр.

Исследована точность индивидуальных моделей и их элементов. Результаты моделирования кругового поперечного сечения в зависимости от числа равноотстоящих узлов представлены на рис. 2. Анализ показал, что погрешность интерполяции, равная разности площадями поперечного сечения и сплайновой кривой, стремится к нулю с большой скоростью. Так, для 4-х узлов она равна 2.92%, 6-и - 0.43%, 8-и - 0.12%.

Интерполяция образующей хлыста и полиномиальных моделей образующей древесных стволов показала высокую точность сплайновых моделей образующей.

Для исследования точности определения объемов на основе



индивидуальных моделей проведено моделирование определения объемов пиловочных бревен по данным таблиц ГОСТ 2708-75 для диаметров 14-52 см и длин 3-6.5 м (рис. 3). При этом использована восьмиточечная модель сечения. Результаты моделирования

Рис. 3. Зависимость погрешности определения объемов от количества сечений

показали, что максимальная погрешность при использовании вершинного и комлевого сечений не превышала 1.5%, а для числа сечений 3-10 ее значение заключено в пределах 0.24-0.65%.

В третьей главе рассмотрено применение индивидуальных моделей для учета и раскроя сырья. Для учета сырья получены формулы, выражающие значение диаметра сечения и объема через коэффициенты сплайнов

$$d(s) = 2 \cdot \sqrt{\frac{P(s)}{\pi}}$$

$$P(s) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^{N-1} \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 \sum_{m=0}^3 \sum_{n=0}^3 \frac{m-k}{k+m} a_{ij}^{kl} b_{ij}^{mn} (s-s_j)^{l+n} (t_{l+1}-t_l)^{k+m}$$

$$V = \frac{L}{2} \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{l=1}^{N-1} \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 \sum_{m=0}^3 \sum_{n=0}^3 \frac{m-k}{(k+m)(l+n+1)} a_{ij}^{kl} b_{ij}^{mn} (s_{j+1}-s_j)^{l+n+1} (t_{l+1}-t_l)^{k+m}$$

где $d(s)$ - диаметр сечения площадью $P(s)$; a_{ij}^{kl} , b_{ij}^{kl} - коэффициенты сплайнов соответственно $X(t,s)$ и $Y(t,s)$; $s, t \in [0,1]$ - параметры; V - объем; L - длина бревна.

Разработан алгоритм формирования сечений обрезных пиломатериалов на сплайновой модели сечения. Алгоритм учитывает форму сечения бревна и позволяет для заданного постава рассчитывать стандартные размеры (ширины) досок. ПЭВМ выполняет

расчет для различных вариантов ориентации сечения бревна по отношению к поставу пил и выбирает оптимальный вариант по критерию наибольшей суммарной площади сечений пиломатериалов. При этом, как и при расчете поставов, учитываются - ширина пропила, величина усушки и т.п. В экспериментах с овальными сечениями за счет их ориентации превышение величины суммарной площади сечений пиломатериалов составило в среднем 2-3% по сравнению с теми вариантами, когда ориентация не производилась. На рис.4 представлен результат выполнения алгоритма для заданного постава.

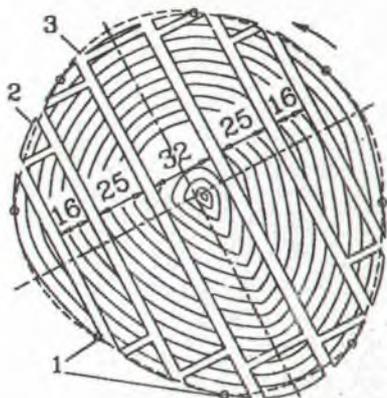


Рис.4. Формирование сечений пиломатериалов; 1 - узлы сплайна, 2 - сплайн; 3 - сечение бревна.

При раскросе сырья для производства строганого шпона на основе метода индивидуальных моделей использована модель кряжа в виде прямого цилиндра с направляющей, моделируемой кубическим сплайном. Для способа троения и ванческого четырехстороннего способа раскроса разработан алгоритм, заключающийся в моделировании раскрытия пласти заданной ширины для произвольной точки сплайнового контура и формировании поперечных сечений заготовок необходимого вида и размеров.

Опытно-промышленная проверка раскроса с учетом формы поперечного сечения кряжей красного дерева диаметрами 600-1200 мм, без трещин и гнилей, раскрой которых производился по способу троения и ванческому четырехстороннему способу показала возможность увеличения выхода заготовок по сравнению с существующим способом на 3-5%.

В четвертой главе представлено измерительное оборудование для обеспечения аппаратной поддержки метода индивидуальных моделей. Использование метода предполагает автоматическую регистрацию измерительной информации для каждой единицы сырья. С этой целью разработана оптико-электронная установка для автоматизированного обмера и учета на базе лазеров малой мощности. Во время движения конвейера измерительное устройство регистрирует координаты поверхности бревна, ПЭВМ ис-

пользуя метод индивидуальных моделей строит математическую модель измеренного лесоматериала и рассчитывает его размерно-качественные показатели: диаметр, длину, сбеж, кривизну, объем и т.д. Применение установки позволяет осуществлять автоматизированный учет сырья, а достоверную информацию о размерах и форме каждого сортамента использовать для оптимального раскроя. Установка (рис.5) состоит из несущей конструкции (1), 4-х блоков измерителя (2) и ПЭВМ ЕС-1840/41 (3).

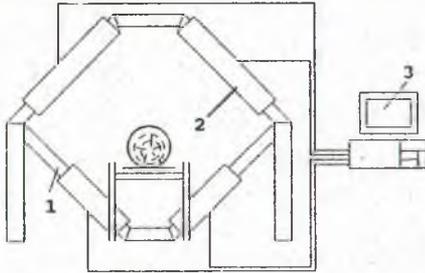


Рис.5. Схема опто-электронной измерительной установки

Установка (рис.5) состоит из несущей конструкции (1), 4-х блоков измерителя (2) и ПЭВМ ЕС-1840/41 (3). Экспериментальный образец рассчитан на обмер сырья диаметром 12-40 см, точность измерения - ± 1 мм.

Измерение поперечных сечений лесоматериала выполняется вдоль его длины. Блок измерителя (рис.6) состоит из гелий-неонового лазера (1) с блоком питания, оптических элементов - двух призм (2) и светоделительного кубика (3) для управления световыми лучами и многоэлементного фотоприемника (4) с объективом (5). Лазер, являющийся осветителем, формирует пучок световых лучей, который посредством оптических элементов поступает на бревно (6). Каждый из четырех лазеров формирует по два луча, что дает возможность определить координаты 8-и точек сечения поверхности лесоматериала.

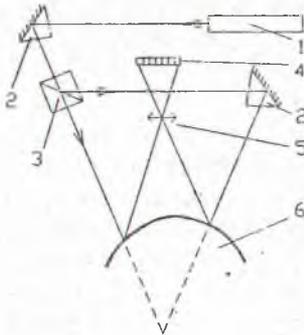


Рис.6. Схема блока измерителя

При обмере узкий лазерный луч образует на поверхности бревна световое пятно, рассеянное излучение которого через линзу объектива фокусируется на поверхности многоэлементного фотоприемника, который располагается в фокальной плоскости объектива. Координаты точек поверхности бревна вычисляются методом оптической триангуляции.

Программное обеспечение экспериментального образца написано на языке программирования Турбо Паскаль.

Экспериментальные исследования точности определения диаметров и объемов бревен с помощью измерительной установки для партии бревен диаметром 14-24 см и длиной 2-3м, показали, что максимальная абсолютная погрешность определения диаметров составила не более 0.15см. Значение максимальной относительной погрешности определения объемов бревен составило 2.1%.

Измерительная установка может быть использована на складах для учета и управления сортировкой круглых лесоматериалов, в составе линий сортировки, в лесопильных потоках, осуществляющих раскрой сырья по оптимальным схемам.

ВЫВОДЫ

На основании исследований, проведенных в процессе выполнения диссертации, получены следующие основные результаты и выводы.

1. Разработан метод индивидуальных моделей - метод построения математических моделей круглых лесоматериалов, позволяющий на основе единого теоретического подхода описать размеры и форму сырья. Он основан на измерении координат определенного числа точек поперечного сечения сортимента вдоль его длины и последующей интерполяции точечного базиса. Предложен математический аппарат - интерполяционные кубические сплайны дефекта 1. Установлено, что интерполяционные модели на основе кубических сплайнов, построенные на небольшом числе точек поверхности, позволяют с достаточной точностью определить размерные показатели и учесть особенности формы сортимента (кривизну, сбежистость, овальность) и являются адекватными индивидуальными моделями для учета и раскроя круглых лесоматериалов.

2. Разработаны математические модели поперечного сечения и образующей и индивидуальная модель поверхности круглого лесоматериала в виде бикубического сплайна.

3. Исследована точность индивидуальных моделей в зависимости от числа узлов интерполяции для моделирования поперечных сечений и определения объемов пиловочных бревен. Так, для кругового поперечного сечения погрешность по площади при 4-х равноотстоящих узлах составила 2.92%, 6-и - 0.43%, 8-и -

0.12%. Максимальная погрешность определения объемов бревен диаметром 14-52 см и длиной 3-6.5 м при использовании двух сечений, вершинного и комлевого, не превышает 1.5%, при числе сечений 3-10 составляет в среднем менее 0.5%, что свидетельствует о высокой точности индивидуальных моделей даже при небольшом числе узлов.

4. На основе метода индивидуальных моделей разработаны алгоритмы учета пиловочного сырья и отдельные раскройные алгоритмы - формирования сечений пиломатериалов и раскроя сырья для строганого шпона на ванчесах. Моделирование раскроя с учетом ориентации бревна или кряжа относительно режущего инструмента показало возможность увеличения выхода пилопродукции в среднем на 2-3%. Разработанные алгоритмы можно использовать при управлении механизмом ориентации предмета обработки и позиционировании режущего инструмента.

5. Создано программное обеспечение, реализующее индивидуальные модели, алгоритмы учета сырья и отдельные алгоритмы раскроя в виде программных средств для ЭВМ. Программные модули служат для программной поддержки метода индивидуальных моделей и являются основой программного обеспечения установки для обмера и учета бревен.

6. На Ново-Сверженском лесозаводе проведена опытно-промышленная проверка способа раскроя сырья для производства строганого шпона, учитывающего реальную форму сечения кряжа. Результаты проверки, подтвержденные актом, показали возможность увеличения выхода заготовок по сравнению с существующим способом раскроя на 3-5%, а способ раскроя, учитывающий реальную форму сечения кряжа, рекомендован для промышленного внедрения.

7. Создан экспериментальный образец оптико-электронной установки для обмера и учета бревен. Применение установки позволяет автоматизировать учет сырья, а достоверную информацию о размерах и форме каждого сортамента использовать для оптимального раскроя. Установка может быть использована для обмера и установления формы лесоматериалов, на складах сырья для учета бревен, в составе линий сортировки и в лесопильных потоках, осуществляющих раскрой сырья по оптимальным схемам.

8. Экспериментальные исследования по определению диаметров и объемов пиловочных бревен с помощью экспериментального образца измерительной установки показали, что точность опре-

деления диаметра, выражаемая значением максимальной абсолютной погрешности, составившая в экспериментах не более 0.15 см, находится в пределах, допустимых для автоматизированных средств измерений. Значение максимальной относительной погрешности определения объемов пиловочных бревен составило 2.1%, что также удовлетворяет предельному значению по точности для автоматизированных устройств определения объемов.

В заключение отметим, что метод индивидуальных моделей круглых лесоматериалов, его математическая, программная и аппаратная поддержка в виде математических моделей, алгоритмов, программного обеспечения и экспериментального образца измерительной установки, результаты и выводы представленных исследований могут быть использованы при проектировании лесопильных производственно-технологических систем, создании ресурсосберегающих технологических процессов лесопиления на основе современного технологического и измерительного оборудования и методов информационных и компьютерных технологий.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Сплайновые модели в САПР раскроя древесного сырья// Математическое обеспечение рационального раскроя в САПР: Тез. докл. конф.- Уфа, 1987, часть 2.- С.182-183.

2. Янушкевич А.А., Слобода В.Т., Кулак М.И., Яковлев М.К. Модели таксационных характеристик сырьевых баз// Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов: Тез. докл. конф.- Москва, 1987, секция 3.- С. 43.

3. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Разработка САПР раскроя древесного сырья// Механизация и автоматизация процессов в лесной промышленности: Тез. докл. конф.- Бургас (Болгария), 1988. - С. 44-45.

4. Яковлев М.К., Янушкевич А.А., Кулак М.И. Применение сплайнов в математических моделях хлыстов и бревен// Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.- Минск: Высшая школа, 1988, вып.3.- С. 97-10.

5. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. - Разработка САПР раскроя лесоматериалов на базе ЭВМ ЕС-1840// Проблемы

создания САПР на базе ПЭВМ: Тез. докл. конф.- Минск, 1988.- С. 66.

6. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Математическое и программное обеспечение САПР раскрытия лесоматериалов// Пути совершенствования программных средств и автоматизированных систем: Тез. докл. конф.- Свердловск, 1989.- С.98-99.

7. Янушкевич А.А., Яковлев М.К. Принцип ресурсосбережения в САПР раскрытия лесоматериалов// Достижения науки и техники в области ресурсосбережения и экологии: Тез. докл. конф.- Гомель, 1989.- С.90-91.

8. Янушкевич А.А., Яковлев М.К. Система проектирования раскрытия лесоматериалов на ПЭВМ: модели, алгоритмы, реализация// Информатика-89: Мат. I межд. симпоз.- Минск, 1989, том 2, часть II.- С. 715-719.

9. Янушкевич А.А., Яковлев М.К. Моделирование раскрытия сырья для производства строганого шпона// Научно-техн. прогресс в лесной и деревообр. пром. :Тез. докл. XVII конф.- Киев, 1989.- С.24.

10. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Автоматизированное проектирование раскрытия пиловочного сырья на основе сплайновых моделей// Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.- Минск: Высшая школа, 1989, вып.4.- С.145-150.

11. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Оптимизация раскрытия сырья для производства строганого шпона// Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.- Минск: Высшая школа, 1990, вып.5.- С. 104-108.

12. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Модели сырья в САПР лесопиления и деревообработки// Математическое и имитационное моделирование в системах проектирования и управления: Тез. докл. конф.- Чернигов, 1990. - С. 214-216.

13. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Автоматизированное проектирование раскрытия круглых лесоматериалов на ПЭВМ // Современные проблемы автоматизации и внедрения вычислительной техники в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности: Тез. докл. совещ.- Москва, 1990.- С.63-64.

14. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Математическая модель поверхности бревна// Матер. юбил. конф. БТИ им. С.М.Кирова.- Минск, 1990. - С. 75.

15. А.С.1551990 СССР МКИ G 01 B 11/10, 11/24. Способ опре-

деления профилей сечения объектов, преимущественно бревен/ А.А.Янушкевич, М.И.Кулак, М.К.Яковлев, И.И.Кулак (СССР). Опубликовано 23.03.90, Б.И. 1990, N 11.

16. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Ресурсосберегающие модели в лесопилении// Ресурсосбережение в лесной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности: Тез. докл. конф.- Пермь, 1991.- С. 21-22.

17. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Моделирование поверхности бревна бикубическим сплайном// Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.- Минск: Высшая школа, 1991, вып.6.- С. 95-103.

18. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Автоматизация учета сырья для производства строганого шпона// Научно-техн. прогресс в лесной и деревообраб. пром.: Тез. докл. XVIII конф.- Киев, 1991.- С. 101-102.

19. Янушкевич А.А., Яковлев М.К. Совершенствование лесопиления на основе индивидуальных моделей раскроя// Деревообрабатывающая промышленность.- 1991.- N 3.- С. 18-19.

20. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Сплэйны в моделировании раскроя круглых лесоматериалов.// Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.- 1992.- N 2.- С. 68-73.

21. Янушкевич А.А., Кулак М.И., Яковлев М.К. Применение систем технического зрения в лесопилении// Разработка систем технического зрения и их применение в промышленности: Тез. докл. конф.- Уфа, 1992, часть 2. - С. 32.

22. Янушкевич А.А., Яковлев М.К., Василенок Г.Д., Осоко С.А. Информационные технологии в лесопилении// Деревообрабатывающая промышленность.- 1993.- N 5.- С.3-5.

23. Янушкевич А.А., Яковлев М.К., Василенок Г.Д., Осоко С.А. Автоматизированный измерительный комплекс для круглых лесоматериалов// Труды ВТИ. Серия II. Лесная и деревообраб. пром-сть.- 1993.- Вып.1.- С. 100-104.

24. Янушкевич А.А., Якаўлеў М.К. Вымярэнне круглых лесама- тэрыялаў: індывідуальны падыход// Труды БГТУ. Серия II. Лесная и деревообраб. пром-сть.- 1994.- Вып.2.- С. 91-97.

25. Янушкевич А.А., Яковлев М.К., Василенок Г.Д. Измерительная установка для круглых лесоматериалов на базе лазеров малой мощности// Лес-95: Тезисы докладов международной научно-практической конференции.- Минск, 1995. С. 68.

Яковлев Михаил Кузьмич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТА И РАСКРОЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Ключевые слова: КРУГЛЫЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ИНТЕРПОЛЯЦИЯ, СПЛАЙН, МОДЕЛИРОВАНИЕ, УЧЕТ, РАСКРОЙ, ФОРМА, ОБЪЕМ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,

Объект исследования. Лесопильное производство, процессы обмера, учета и раскроя круглых лесоматериалов.

Цель работы. Повышение точности и достоверности учета сырья и создание условий для увеличения выхода пиломатериалов и заготовок.

Метод исследования и аппаратура. Методы технологии лесопильно-деревообрабатывающих производств, теории раскроя пиловочного сырья, методы линейной алгебры, теории интерполирования, геометрического моделирования линий и поверхностей, методы геометрической оптики и оптоэлектроники и ПЭВМ.

Полученные результаты и новизна. Разработаны теоретический метод построения математических моделей круглых лесоматериалов на основе интерполяционных сплайнов, алгоритмы индивидуального учета пиловочного сырья, отдельные алгоритмы раскроя и программное обеспечение, реализующее математические модели и алгоритмы в виде программных средств для ПЭВМ типа IBM. Исследована точность индивидуальных моделей в зависимости от числа узлов. Опытно-промышленная проверка раскроя кряжей для производства строганого шпона показала возможность увеличения выхода заготовок на 3-5%. Создан экспериментальный образец установки для обмера и учета сырья.

Рекомендации по использованию. Индивидуальные модели могут быть использованы при создании информационных технологий лесопиления, ресурсосберегающих технологических процессов и оборудования с поперечным и(или) продольным раскроем сырья. Установка может быть использована для учета бревен, в составе линий сортировки сырья, в лесопильных потоках для оптимизации схем раскроя сырья.

Область применения. Лесопильное производство, учет и раскрой лесоматериалов, автоматизация производства пиломатериалов.

Якаўлеў Міхаіл Кузьміч

УДАСКАНАЛЕННЕ ЎЛІКУ І РАСКРОЮ КРУГЛЫХ ЛЕСАМАТЭРЫЯЛАЎ
НА ПАДСТАВЕ МЕТАДУ ІНДЫВІДУАЛЬНЫХ МАДЭЛЯЎ

Ключавыя словы: КРУГЛЫЯ ЛЕСАМАТЭРЫЯЛЫ, МАТЭМАТЫЧНЫЯ МА-
ДЭЛІ, ІНТЭРПАЛЯЦЫЯ, СПЛАЙН, МАДЕЛЯВАННЕ, УЛІК, РАСКРОЙ,
ФОРМА, АБ'ЕМ, ПРАГРАМОВАЎ ЗАБЕСПЯЧЭННЕ,

Аб'ект даследавання. Лесапільная вытворчасць, працэсы
вымеру, ўліку і раскрою круглых лесамаатэрыялаў.

Мэта работы. Падвышэнне дакладнасці і верагоднасці ўліку
сыравіны і стварэнне варункаў для павелічэння выхаду піла-
матэрыялаў і нарыхтовак.

Метад даследавання і апаратура. Метады тэхналогіі леса-
пільна-дрэваапрацоўчых вытворчасцяў, тэорыі раскрою пі-
лаванай сыравіны, метады лінейнай алгебры, тэорыі інтэрпаля-
вання, геаметрычнага мадэлявання крывых і паверхняў, метады
геаметрычнай оптыкі, оптаэлектронікі і ПЭВМ.

Атрыманыя вынікі і навіна. Распрацаваны тэарэтычны ме-
тад пабудовы матэматычных мадэляў круглых лесамаатэрыялаў на
падставе інтэрпаляцыйных сплайнаў, алгарытмы індывідуальнага
ўліку пілаванай сыравіны, особныя алгарытмы раскрою і пра-
грамавае забеспячэнне, якое рэалізуе матэматычныя мадэлі і
алгарытмы ў выглядзе праграмовых сродкаў для ПЭВМ тыпу ІВМ.
Даследавана дакладнасць індывідуальных мадэляў у залежнасці
ад колькасці вузлоў. Вопытна-прамысловая праверка раскрою
кражаў для вытворчасці страганага шпону паказала магчымасць
павелічэння выхаду нарыхтовак на 3-5%. Створаны эксперымен-
тальны ўзор устаноўкі для вымеру і ўліку сыравіны.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Індывідуальныя мадэлі мо-
гуць выкарыстоўвацца пры стварэнні інфармацыйных тэхналогі-
яў лесапілавання, рэсурсаберагальных тэхналагічных працэсаў
і абсталявання с папярочным і(або) прадольным раскром
круглай сыравіны. Устаноўка можа выкарыстоўвацца для ўліку
бярэнаў, для парадкавання сыравіны, у лесапільным цеху -
для аптымізацыі схем раскрою сыравіны.

Область карыстання. Лесапільная вытворчасць, улік і рас-
крой лесамаатэрыялаў, аўтаматызацыя вытворчасці піламаатэрыя-
лаў.

SUMMARY

Michael Yakovlev

THE PERFECTION OF ACCOUNT AND ROUND TIMBERS CUTTING
ON THE BASIS OF METHOD OF INDIVIDUAL MODELS

The key words: ROUND TIMBERS, MATHEMATICAL MODELS, INTERPOLATION, SPLINE, SIMULATION, ACCOUNT, CUTTING, SHAPE, VOLUME, SOFTWARE.

The object of research. The sawing manufacture, processes of measurement, account and cutting of round timbers.

The purpose of work was to raise the precision and reliability of raw material account and to make good conditions for increasing the lumbers and bar blanks yield.

The researching method and equipment. The methods of woodworking manufacturing technology, theory of sawlog raw material cutting, methods of linear algebra, interpolation theory, geometrical simulation of lines and surfaces, geometrical optics and optronics methods and PC.

The received results and novelty. The theoretical method of mathematical models of round timbers construction based on interpolating splines, algorithms of individual account of sawlog raw material, separate algorithms of cutting and software, realizing mathematical models and algorithms as the programs for IBM PC are developed. The exactness of individual models depending on number of nodes is investigated. The experiment perform check of billet cutting for sliced veneer manufacturing is conducted which has shown the opportunity of increasing yield of bar blanks on 3-5 %. The experimental prototype of the unit for measurement and account of raw material is created.

Recommendation on use. The individual models can be used at creation of information technologies of sawing, saved-resources technological processes and equipment with cross and (or) longitudinal cutting of raw material. The unit can be used for log accounting, in structure of lines of sorting of raw material, in sawing flows for optimizations of cutting of raw material outlines.

The area of application. The sawing manufacturing account and cutting of timbers, automatization of lumber production.

M. Yakovlev