



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630\*561

**В.С. Морозов, И.Н. Беляев**

Северный (Арктический) федеральный университет

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета. Имеет около 45 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.

E-mail: v.morozov@agtu.ru



Беляев Иван Николаевич родился в 1985 г., окончил в 2008 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры строительной механики и сопротивления материалов САФУ. Область научных интересов – физико-механические свойства сухостойной древесины и проблемы ее использования.

E-mail: belayev@bk.ru



## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД СОРТИРОВКИ ДРЕВЕСИНЫ

Предложен новый автоматизированный фотометрический метод сортировки сухостойных окоренных бревен, позволяющий осуществлять комплексную бесконтактную оценку их параметров и автоматическое отнесение материалов к тому или иному сорту.

*Ключевые слова:* древесина, сортировка, сухостой, фотометрический метод, обработка изображений.

Проблема рационализации процесса сортировки хвойных лесоматериалов, являющаяся весьма острой для всего лесопромышленного комплекса, особенно актуальна при проведении лесозаготовительных работ в древостоях, подверженных усыханию. Во многих случаях бревна, полученные из таких древостоев, фактически не проходят сортировку и, минуя этот этап, отбраковываются в низшие сорта (3-й сорт [2] и несортная древесина). Эта тенденция связана, прежде всего, с тем, что высокий процент этих бревен имеет сортообразующие пороки в достаточном для их отбраковки количестве [1]. Однако некоторая их доля, пройдя сортировку, могла бы быть отнесена в более высокие сорта. Визуальная оценка каждого поступающего бревна трудоемка, что снижает экономическую рен-

табельность лесозаготовительных работ, особенно когда это касается лесозаготовок в древостоях, подверженных усыханию.

Фотометрический метод, принцип которого предложен нами, представляет собой автоматизированную бесконтактную оценку степени пораженности сухостойного окоренного бревна сортообразующими пороками и определения его сорта согласно [2] путем обработки цифрового изображения объекта в соответствующих алгоритмах (рис. 1).

Как видно из рис. 1, точки съемки (2) оснащены цифровыми фотокамерами, объективы которых для точек 2 (1, 5) направлены перпендикулярно торцу объекта, для точек 2 (2 – 4) – вдоль центральной оси объекта. Дополнительно в точках съемки 2 (1, 3, 5) установлены лазерные дальнометры.

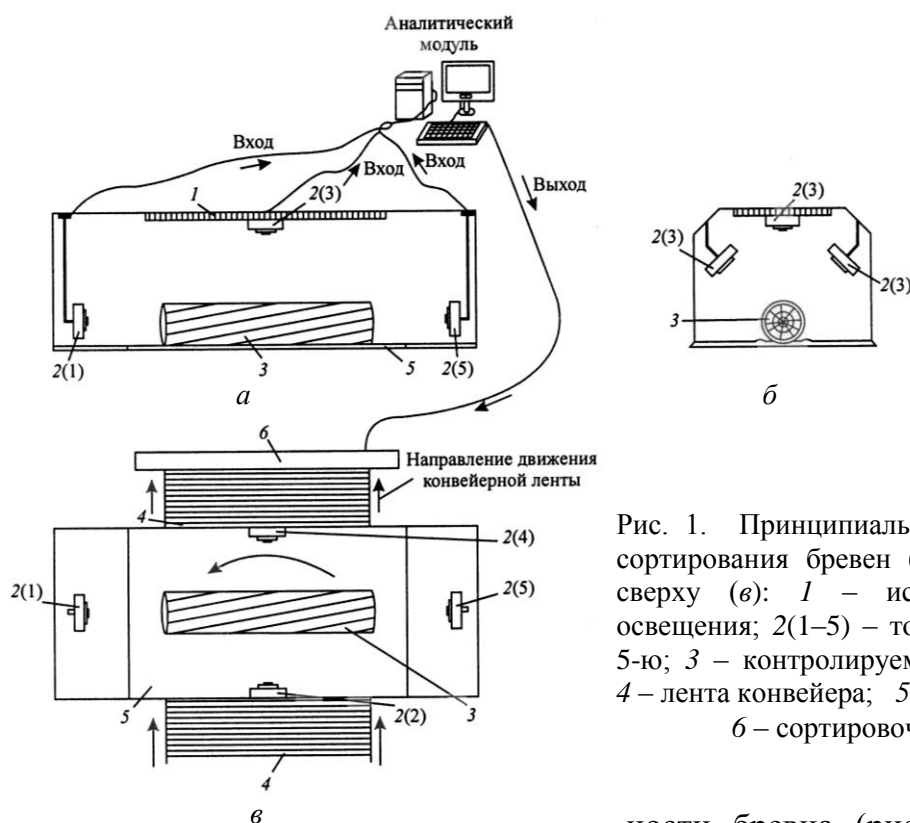


Рис. 1. Принципиальная схема установки сортирования бревен (а), вид сбоку (б) и сверху (в): 1 – источник рассеянного освещения; 2(1–5) – точки съемки с 1-й по 5-ю; 3 – контролируемый объект (бревно); 4 – лента конвейера; 5 – поворотный стол; 6 – сортировочный модуль

Поворотный стол 5 монтируется отдельно от транспортера и приходит в движение по направлению часовой стрелки после поступления бревна на его поверхность. Конструкция поворотного стола должна обеспечивать установку объекта таким образом, чтобы центральная ось бревна совпадала с лучами зрения камер в точках 2(1) и 2(5).

Так как требования к лесоматериалам различных сортов по наличию в них основных пороков [2] относятся только к видимым порокам, для определения сорта бревна достаточно проанализировать графическое изображение его поверхности с использованием специальных программных продуктов. К изображению предъявляются следующие требования.

1. Для максимально полного представления о внешнем виде объекта графическая информация о нем должна формироваться на основе данных, полученных съемкой с пяти точек: левый и правый торцы объекта, а также три точки для съемки боковой поверх-

ности бревна (рис. 1). При условии равномерного освещения объекта такого количества точек достаточно для получения цифрового изображения всей поверхности бревна, за исключением пренебрежительно малой ее части (в идеальном случае – линия), по которой бревно соприкасается с плоскостью транспортера.

2. Однотонное фоновое изображение, цвет которого должен резко отличаться от цвета объекта, для исключения попадания в обработку нежелательных и не имеющих отношения к объекту областей.

3. Равномерная освещенность объекта со всех сторон. Следует обратить особое внимание на необходимость рассеянного освещения. Точечное освещение объекта ведет к появлению на его поверхности областей с яркостью выше, чем у смежных.

4. Высокое разрешение изображения.

Основными причинами отбраковки сухостойных балансов на этапе их сортировки являются гнили, червоточины и продольные трещины [1].

К сортообразующим порокам, свойственным и стволам здоровых деревьев, относятся сучки.

Для фотометрического определения габаритов объекта и размерных характеристик областей, отражающих пороки, в точках съемки устанавливают лазерные дальнометры. При известных расстояниях от точки съемки до объекта и от линзы до матрицы камеры (фокусное расстояние камеры) легко определить пропорциональную зависимость между реальными габаритами объекта и пороков на его поверхности и их размерами на цифровом изображении.

Рассмотрим общие принципы оценки сорта бревна в предложенном методе. В общем виде алгоритм обработки изображения объекта сводится к следующим этапам:

выявление областей обработанного изображения, соответствующих тому или иному пороку;

оценка размеров и количества таких областей.

Очевидно, что первый этап обработки изображения объекта вызывает наибольшие трудности. Основной проблемой здесь является максимально адекватное сопоставление характерных признаков области изображения тому или иному пороку и, как следствие, точное выделение на изображении области, занятой пороком.

В общем виде каждый конкретный пиксель цифрового изображения имеет два параметра: цвет и яркость. На этапе оконтуривания области изображения, содержащей пиксели, принадлежащие пороку, критичными для работы алгоритма параметрами становятся не собственные характеристики точки изображения, а их отношение к аналогичным характеристикам прилежащих точек. Исходя из вышесказанного, опишем алгоритм обработки изображения на первом этапе:

1) определение параметров  $i$ -го пикселя ( $R(ed)$ ,  $G(reen)$ ,  $B(lue)$  – составляющие цвета пикселя,  $h$  – яркость пикселя);

2) вычитание полученных значений характеристик из значений аналогичных характеристик всех прилегающих к  $i$ -му пикселю;

3) сравнение полученной разницы с некоторым пороговым значением  $K$ , уникальным для каждого вида порока;

4) присвоение  $i$ -му пикселю одного из двух значений: «граничный» / «рядовой»;

5) повторение пунктов 1 – 4 для всех пикселей изображения;

6) построение замкнутых контуров в пределах граничных пикселей.

Таким образом, основной задачей, которую необходимо решить для качественной оценки цифровых изображений объекта, является определение уникального для каждого порока порогового значения  $K$ . Одним из вариантов решения этой задачи может быть обработка большого количества существующих цифровых изображений того или иного порока и эмпирическое получение искомой величины на основе статистических данных. Учитывая значительный диапазон, в пределах которого могут изменяться параметры  $R$ ,  $G$ ,  $B$  и  $h$  каждого пикселя, можно определить  $K$ , максимально адекватное для конкретного порока.

Нами эмпирическим путем было получено значение  $K$  для изображения червоточин. На рис. 2 приведены изображения модельного объекта до и после обработки его с полученным значением  $K$ .

Ручной пересчет количества червоточин на поверхности модельного объекта не выявил значительного расхождения с результатами программного анализа его изображения.

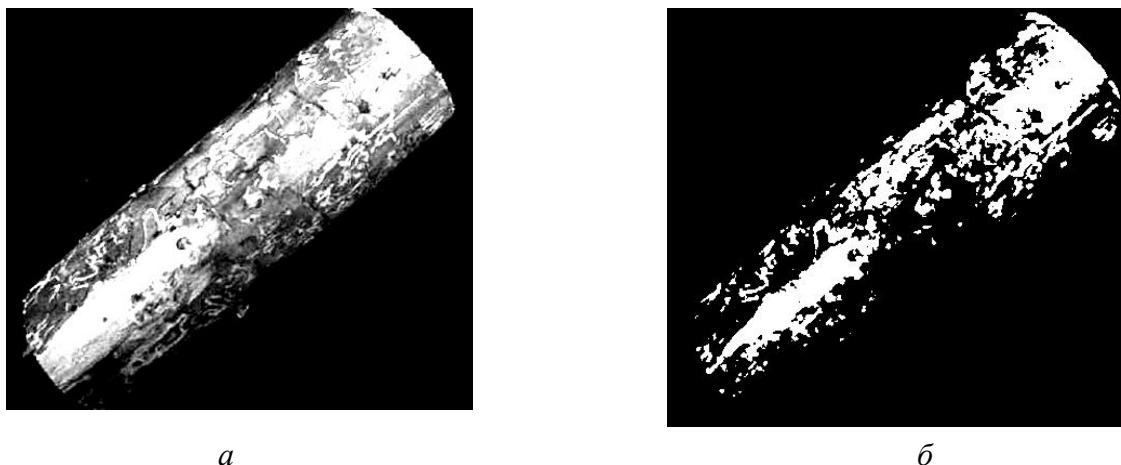


Рис. 2. Исходное изображение объекта с точки 3 (а) и обработанное алгоритмом оценки количества червоточин (б)

Аналогично производится оценка остальных сортообразующих пороков, а также габаритов бревна. Представим в общем виде последовательность операций, производимых над объектом при использовании предложенного метода:

получение изображения объекта (бревна), пригодного для его дальнейшей алгоритмической обработки;

определение габаритов\* объекта и размерно-количественных характеристик сортообразующих пороков на его поверхности;

сравнение размерно-количественных характеристик сортообразующих пороков с их допустимыми значениями для различных сортов [2];

определение сорта рассматриваемого объекта;

формирование выходного документа с результатами экспертизы объекта.

Для достижения достаточной точности оценки степени пораженности объекта различными пороками программа обрабатывает изображения, полученные со всех пяти точек съемки,

и определяет средние значения оцениваемых параметров.

Аналитический модуль установки (см. рис. 1), выполняющей автоматическую сортировку бревен с использованием предложенного фотометрического метода, предлагается реализовать в виде персонального компьютера с предустановленной авторской программой, осуществляющей изложенный выше алгоритм.

По окончании работы алгоритма программа сравнивает полученные значения размерно-количественных характеристик пороков на поверхности объекта с их нормируемыми по [2] значениями и осуществляет сортировку посредством сортировочного модуля б (рис. 1). Для каждого бревна в отдельности и для всей партии в целом формируется отчетная документация, содержащая информацию о сортах бревен и их внешних габаритах.

Основной особенностью предложенного метода является, прежде всего, возможность комплексной бесконтактной оценки бревна и автоматического его отнесения в тот или иной сорт в соответствии с действующими стандартами сортировки древесины. Работа оператора-сортировщика древесины при применении настоящего метода сводится к обслуживанию кон-

\* При наличии в принципиальной схеме установки лазерных дальномеров процедура определения габаритов объекта (длина, диаметр, средний сбеги и др.) не представляет сложности и не излагается в настоящей статье.

вейера. Точность работы метода, основанного на оценке внешнего вида бревен, уступает методам автоматической сортировки, базирующимся на рентгеновском и ультразвуковом излучении, однако его невысокая себестоимость частично компенсирует этот недостаток.

Внедрение рассмотренного метода в цикл лесозаготовительных работ в древостоях, подверженных усыханию, позволит существенно повысить их рентабельность как за счет снижения затрат на визуальный контроль бревен, так и за счет увеличения выхода древесины высоких сортов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляев И.Н.* Проблема усыхания еловых древостоев в Архангельской области // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда: Изд-во ВоГТУ, 2009. 217 с.

2. ГОСТ 9463–88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. Введ. 1991–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1999. 15 с.

3. *Самойлов А.Н.* Фотометрический метод формирования и обработки данных, торцов круглых лесоматериалов // Науч. журн. КубГАУ. 2007. № 26(2).

4. *Сойфер В.А.* Методы компьютерной обработки изображений. М.: Физматлит, 2001. 784 с.

Поступила 04.02.10

*V.S. Morozov, I.N. Belyaev*

Northern (Arctic) Federal University

#### **Automated Photometric Method of Logs Sorting**

A new automated photometric method of sorting deadwood debarked logs is offered allowing to implement complex contactless estimation of logs' parameters and automatic grading of materials.

Keywords: timber, sorting, deadwood, photometric method, image processing.