

УДК 681.785.554

**К ВОПРОСУ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ**

А.А. Воронин, Е.В. Смирнова, А.П. Смирнов

Описан прибор для идентификации пород древесины и концепция построения автоматизированной системы распознавания древесины по породам на основе методов анализа спектральной информации.

Ключевые слова: идентификация, спектр, спектрофотометр, дифракционная решетка, фотометрический шар, порода древесины.

Введение

В настоящее время существует проблема идентификации грузов, провозимых через таможенные переходы. Фактически, сотрудник таможенных органов (таможенник) на посту не может произвести анализ груза на соответствие декларации. При появлении сомнений ему необходимо обратиться к экспертам для подтверждения или опровержения информации о соответствии перевозимого груза накладной на этот груз. Эта проблема касается всех видов грузов. Это и сыпучие материалы, и животные, и различного рода жидкие материалы (топливо, химикаты), и древесина. Особенно актуальной эта задача является при экспорте древесины. Измерительных приборов, определяющих или проверяющих наименование породы, на оснащении таможенных органов нет.

Традиционные классические методы спектрального анализа не дают точного однозначного ответа о принадлежности исследуемой древесины определенной породе, так как по своему химическому составу древесина практически одинакова, т.е. универсального метода распознавания породы древесины на базе химического состава не существует. В этом случае требуется комплексный подход, учитывающий индивидуальные особенности одних пород перед другими не только в сфере их химического состава, но и относительно текстуры среза или спектра диффузного отражения в определенном диапазоне длин волн.

Статья посвящена решению задачи идентификации пород древесины путем анализа спектральных данных, полученных при помощи портативного прибора, включающего в себя спектрофотометр и анализатор спектров.

Описание и принцип работы прибора идентификации

В рамках поставленной задачи на первый план выходит разработка и создание портативного прибора для получения спектральной информации об исследуемом объекте. Принцип действия разработанного прибора для идентификации лиственных и хвойных пород древесины «Кедр» основан на измерении и последующей математической обработке спектров видимого [1] и инфракрасного светового потока, отраженного от поверхности объекта (древесины). На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема работы портативного прибора.

В основе конструкции прибора лежит конструкция спектрофотометра [2], упрощенная оптическая схема которого представлена на рис. 2.

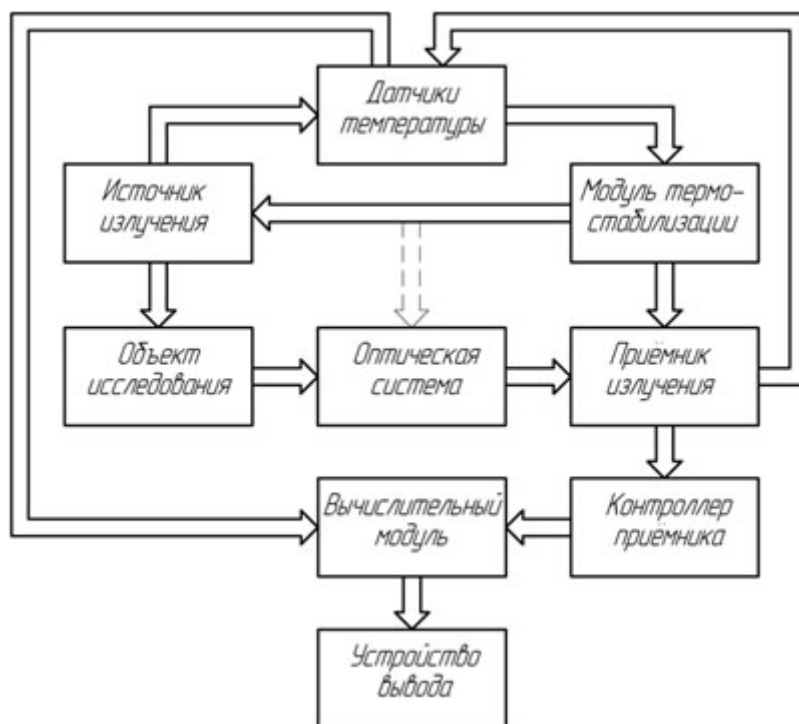


Рис. 1. Структурная схема портативного прибора идентификации древесины

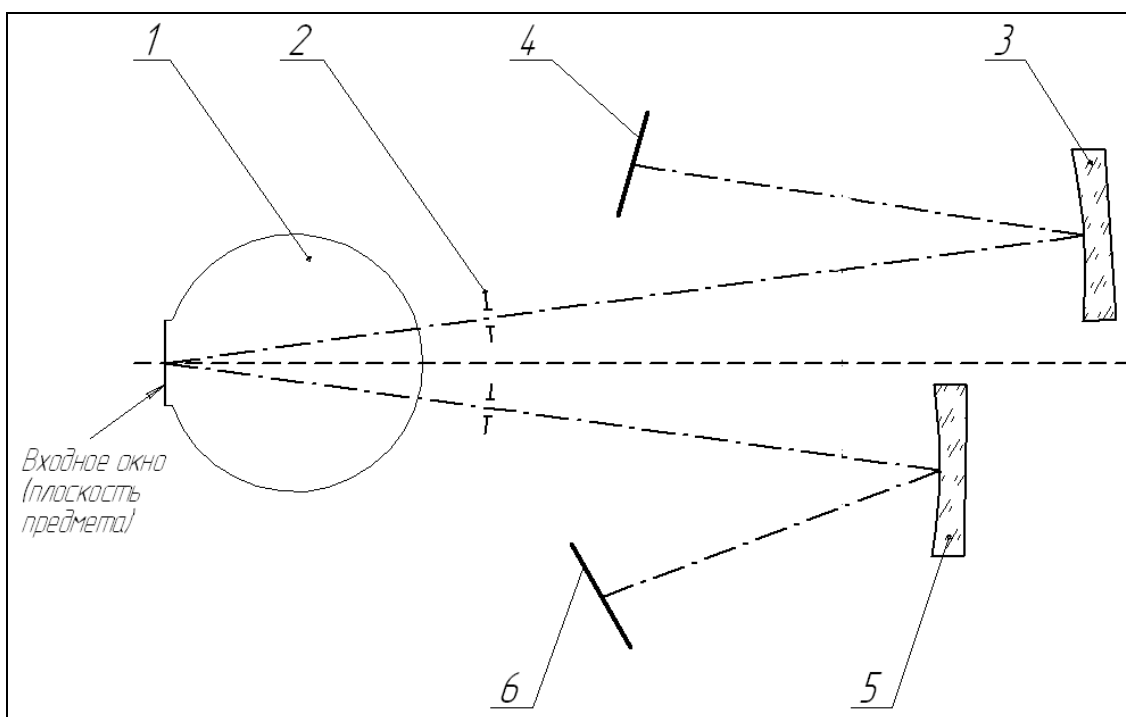


Рис. 2. Оптическая схема прибора для идентификации пород древесины:
 1 – фотометрический шар со встроенными источниками излучения;
 2 – входная щель с электромеханической шторкой; 3 – вогнутая стигматическая дифракционная решетка ($N=300 \text{ мм}^{-1}$, $R=125 \text{ мм}$); 4 – ПЗС-линейка производства фирмы Toshiba (3048 пикселей); 5 – вогнутая стигматическая дифракционная решетка ($N=100 \text{ мм}^{-1}$, $R=100 \text{ мм}$); 6 – фотогальванический приемник ИК-излучения типа ФД793-0,3 (96 элементов)

Оптическая схема содержит всего один оптический элемент – вогнутую дифракционную решетку. Конструктивно прибор выполнен в виде двух спектрометров, один из которых работает в видимой области спектра (0,4–0,9 мкм), а второй – в инфракрасной (0,9–4,0 мкм). Инфракрасный канал добавлен для повышения надежности контроля (идентификации) естественных объектов, а также для дальнейшей возможности определения влажности исследуемого естественного объекта (древесины). Световой поток от источников излучения видимого и инфракрасного диапазонов, размещенных в одном фотометрическом шаре, падает на торцевую поверхность исследуемого объекта, отражается от нее и через входную щель попадает на дифракционные решетки. Диспергирующие элементы разлагают сигнал, полученный от исследуемого образца, в линейный спектр излучения и проецируют его не на отдельные фотоприемники, а на ПЗС-линейку приемников. С приемников сигнал поступает на встроенный микроконтроллер, где происходит его первичная обработка и преобразование в цифровой вид для дальнейшей передачи в персональный компьютер, работающий в операционной среде Windows XP. Измеренный спектр отражения отображается на экране прибора.

Блок регистрации спектральной информации (спектрофотометр и вычислительный модуль) для портативного прибора идентификации лесо- и пиломатериалов лиственных и хвойных пород древесины предназначен для сбора и формирования базы (банка) данных спектральных характеристик различных пород деревьев. Прибор обеспечивает оперативное измерение оптических (спектральных) характеристик различных пород (образцов) древесины в виде лесо- и пиломатериалов в диапазоне длин волн 0,4–4,0 мкм для последующей обработки полученных данных с использованием комплекта программных средств (специального программного обеспечения) и выдачей результатов идентификации в буквенно-цифровом виде на устройство вывода ППИ «Кедр» в любое время года при различных погодных условиях.

Первый модуль в персональном компьютере – модуль первичной обработки спектра. В нем производится коррекция полученного спектра на спектр темнового сигнала, усреднение, нормирование и аппроксимация полученного спектра, затем передача его в модуль, в котором реализуется алгоритм анализатора спектральной информации.

Краткие сведения о математическом алгоритме обработки спектральной информации

На рис. 3 изображен примерный вид спектров древесины породы Береза повислая, полученный при помощи прибора. Как видно, существует общая тенденция, которая позволяет подобрать возможную тренд-линию. В то же время имеются различия и в абсолютной величине каждого из спектров, что говорит об отличиях свойств одного образца исследования от другого.

Однако интерес представляют не столько спектры отдельных пород, сколько сравнение их между собой. Так, на рис. 4 представлены усредненные спектры различных пород древесины. Как видно из рисунка, спектры различных пород различаются как по абсолютному значению, так и по уровню наклона кривых (первой производной). В связи с этим был разработан алгоритм распознавания, который учитывает статистическую спектральную информацию об отдельных породах и строит так называемые «коридоры» максимальных и минимальных значений параметров (абсолютных значений спектров и первых производных). Все спектры образцов одной породы формируют коридоры, представляющие собой нижнюю и верхнюю границы спектров. Далее алгоритм оценивает в процентах соответствие полученного спектра древесины породам, находящимся в базе данных. Коридоры спектров для некоторых пород древесины представлены на рис. 5.

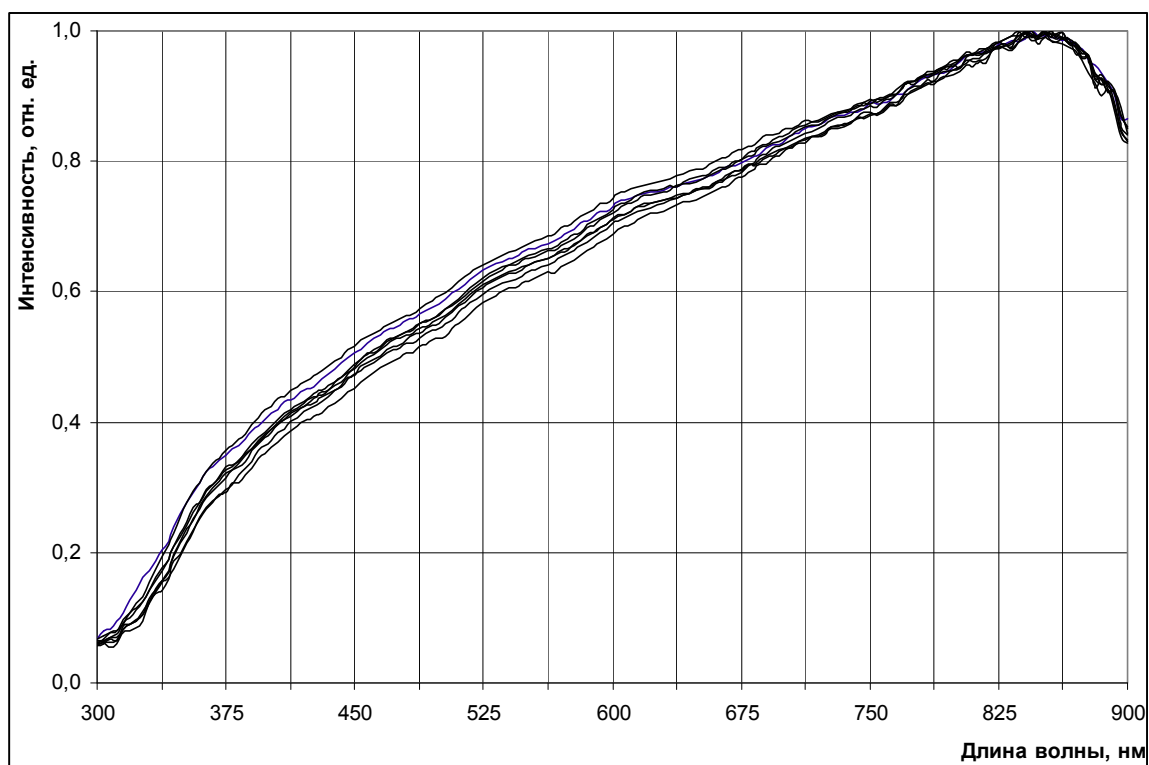


Рис. 3. Спектры диффузного отражения древесины породы Береза повислая (8 образцов)

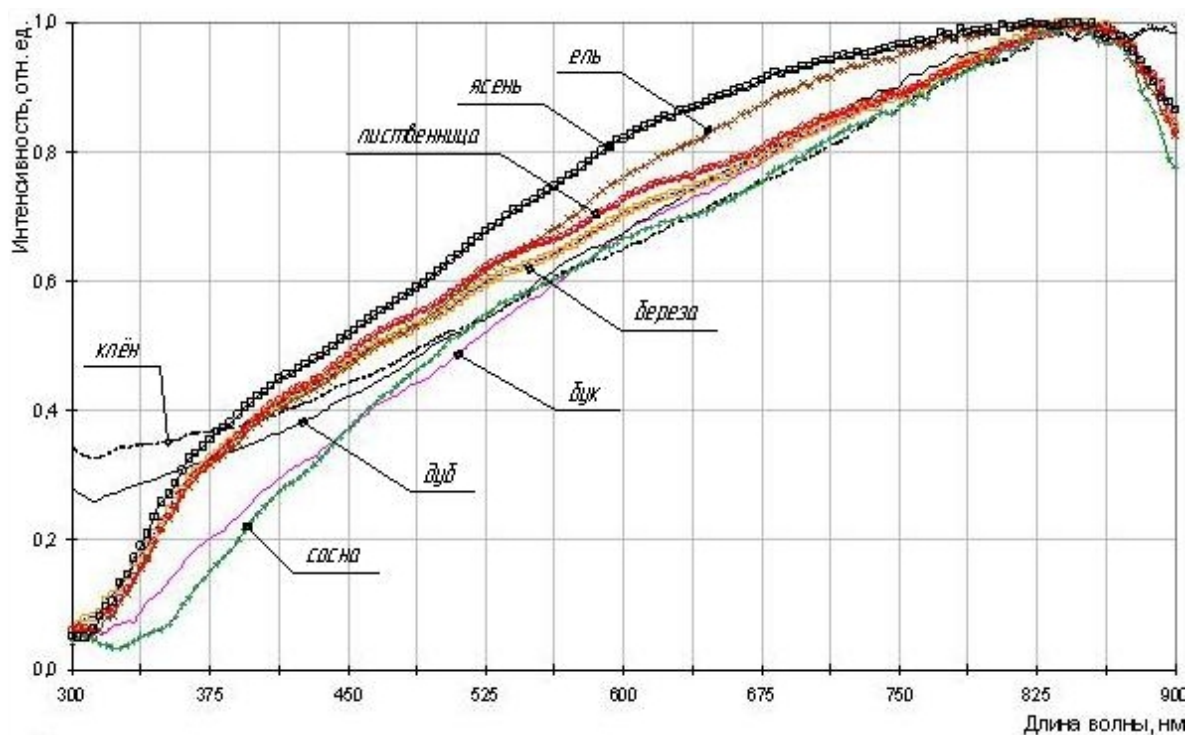


Рис. 4. Спектры диффузного отражения различных пород древесины

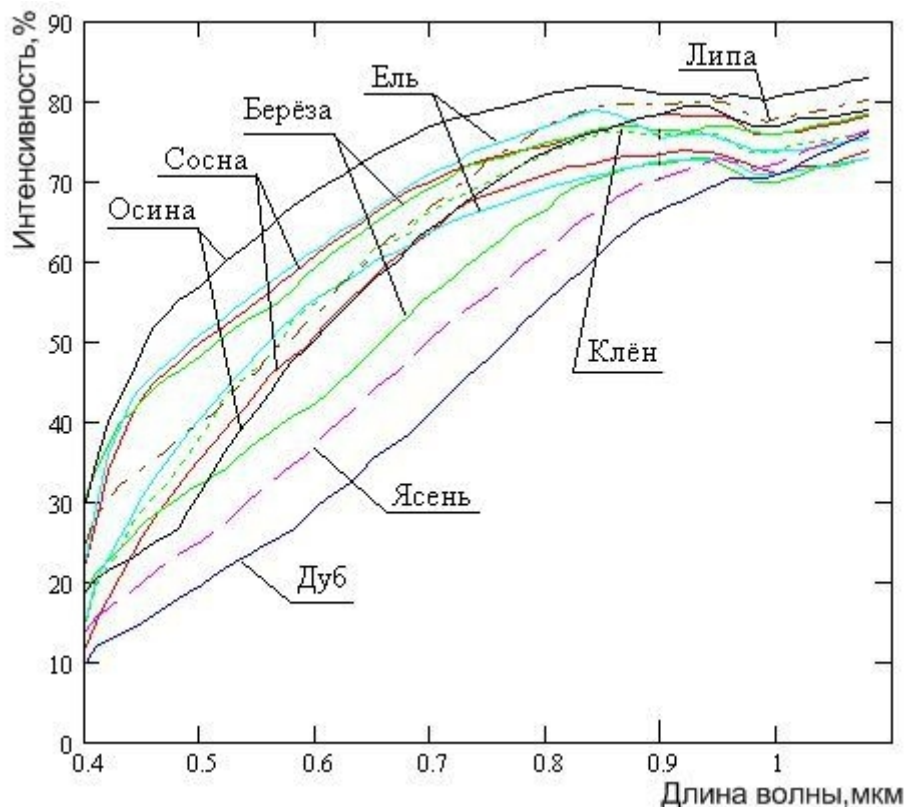


Рис. 5. Коридоры некоторых пород древесины

Алгоритм сравнивает полученный спектр со всеми спектрами пород древесины, хранящимися в базе данных по породам, и дает вероятностную оценку принадлежности образца к той или иной породе древесины. Принцип работы алгоритма базируется на последовательном сравнении спектра от исследуемого образца с так называемыми «эталонными» спектрами как по абсолютной величине, так и по первой производной (наклон кривой спектра). Каждая отличительная особенность спектров одной породы от всех других называется «признаком» породы. Количество признаков каждой из пород в базе данных определяется при составлении базы данных спектров алгоритмом распознавания, а в процессе распознавания породы алгоритм проверяет спектр исследуемого образца на соответствие признакам каждой из пород в базе данных. В результате алгоритм вычисляет соответствие спектра исследуемого образца каждой из пород, находящихся в базе данных, по формуле:

$$P_n = \frac{N_+}{N_{\text{общ}}} \cdot 100\%,$$

где N_+ – количество признаков, которым удовлетворяет спектр исследуемого объекта, $N_{\text{общ}}$ – общее количество признаков для породы, P_n – степень соответствия (уверенность), выраженная в процентах для каждой из пород. Экспериментально установлено, что в случае, если образец не соответствует породе, уверенность всегда меньше 25%. Если образец абсолютно точно соответствует породе из базы данных, то уверенность всегда выше 33%. Если рассчитанная уверенность находится в рамках между 25% и 33%, прибор просит повторить измерение или попробовать другие образцы для исследования.

После отработки алгоритма результат передается в модуль взаимодействия с человеком, в котором принимается решение о типе выводимой информации по следующему алгоритму.

1. В случае удачного распознавания прибор обращается к базе голосовых сообщений и воспроизводит название распознанной породы.
2. В случае неудачного распознавания прибор обращается к базе голосовых сообщений и предлагает на выбор различные варианты действий:
 - а) произвести повторное измерение;
 - б) завершить измерения с отрицательным результатом – порода не соответствует эталонным образцам либо вообще не является древесиной;
 - в) произвести диагностические операции с прибором (замена лампы, чистка оптики).

Следует отметить, что для полноценной работы алгоритма ему необходима обширная база данных по породам, т.е. исчерпывающее описание характеристик различных видов и модификаций одной и той же породы. Если же база данных недостаточна, возможны погрешности и даже ошибки в определении породы, поэтому немаловажным фактором становится сбор статистической информации.

Заключение

Разработан портативный прибор идентификации, позволяющий проводить идентификацию породы древесины. При участии авторов составлена база данных, изучена достоверность идентификации объектов исследования. Достоверность идентификации зависит от множества факторов. Показано, что для повышения уверенности распознавания необходимо не только иметь обширную базу данных объекта исследования, но и предусмотреть температурную коррекцию результатов измерения.

По результатам многократных исследований была выявлена также необходимость доработки как программных, так и аппаратных средств, однако уже на данном уровне принципиально вопрос об автоматической идентификации породы древесины решен практически и реализован в приборах.

Литература

- 1 Колгин Е.А., Ухов А.А., Воронин А.А., Кострюков А.А., Черноглазов В.С., Савушкин А.В. Спектрометрическое устройство для идентификации пород древесины // Петербургский журнал электроники. – 2008. – № 2 (55) –3 (56). – С. 116–120.
- 2 Колгин Е.А., Ухов А.А., Савушкин А.В. Спектрометры на основе полихроматора и одномерной ПЗС-матрицы: опыт разработки и применения // Петербургский журнал электроники. – 2008. – № 2 (55) –3 (56). – С. 120–127.

<i>Воронин Андрей Анатольевич</i>	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, V-electronics@mail.ru
<i>Смирнова Елена Викторовна</i>	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, smirnova-elen@yandex.ru
<i>Смирнов Александр Павлович</i>	– Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор