

применения в производстве бумаги компонентов древесины, обработанных электронно-пучковой плазмой // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр./АГТУ. - 1997. - Вып.3. - С. 82-84. [7]. Чухчин Д.Г., Соколов О.М., Васильев М.Н. Взаимодействие электронно-пучковой плазмы (ЭПП) с древесиной // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр./АГТУ. -1996.-Вып.1. -С. 85-88. [8]. Электронно-лучевые технологии в гетерофазных средах / И.В.Александров, В.Л.Бычков, М.Н. Васильев, Ю.В.Гаврилов // I Межд. конф. по электромеханике и электротехнологии, Суздаль, 12 - 16 сент. 1994 г. - Ч.1. - С. 140. [9]. The application electron beam treatment for surface hardening of titanium alloys / A.A.Shipko , I.L.Pobol, I.J.Urban, M.N.Vasiliev // 5-th Int.Conf. on Welding and Melting by Electron and Laser Beams, La Baule, France, 14 -18 June 1993. - Vol. 2. - P.513 - 519.

Поступила 22 апреля 1999 г.

УДК 676.2.017

Н.В. КОРЯКОВСКАЯ

Коряковская Наталья Владимировна родилась в 1968 г., окончила в 1991 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, заведующая кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет 4 печатных труда в области исследования оптических свойств бумажного полотна.



РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ-ЭТАЛОНОВ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

Приведены варианты построения моделей-эталонov структурной неоднородности бумажного полотна, реализуемые путем численного моделирования на ЭВМ. Показаны преимущества их использования в задачах выбора эффективных количественных оценок просвета бумаги.

Variants of creating the standards for structural heterogeneity of paper sheet are given, being realized through digital modelling on PC. The advantages of their use are shown in the tasks of choosing the efficient quantitative estimates of the look-through paper.

Основная причина неудач в разработке количественных методов оценки структурной неоднородности бумажного полотна заключается, по-

видимому, в оперировании лишь с реальными образцами бумаги. До настоящего времени структурную неоднородность полотна оценивали субъективно, экспертным путем. Однако исследования психофизиологических

механизмов зрения показали, что данные оценки существенно зависят от общей оптической плотности и освещенности исследуемого объекта. Так, например, при одной и той же структурной неоднородности, но при различной освещенности, один и тот же образец бумаги оценивается по-разному: при относительно малой или очень большой освещенности он представляется более однородным, чем при средней. Подобное наблюдается в случае, когда при одной и той же структуре бумажного листа меняется его толщина или поверхностная плотность. Таким образом, использование метода экспертных оценок для характеристики качества просвета бумаги нельзя считать эффективным.

Один из путей преодоления указанных трудностей заключается в создании физических эталонов структурной неоднородности. Однако это достаточно трудная и дорогостоящая задача, требующая разработки технологии изготовления образцов с различными пространственными структурами и оптическими плотностями участков.

Большой и нерешенной к настоящему времени проблемой является создание пространственных структур с заданными свойствами, что, по-видимому, связано с методами контроля неоднородности бумажного полотна по длине только в одной точке.

Появление высокоточных оптических средств измерения, в частности систем технического зрения, позволяющих получать пространственное изображение объекта, а также использование быстродействующих ЭВМ, и новых информационных технологий предопределили пути решения данной задачи.

Основные преимущества создания на ЭВМ моделей-эталонов структурной неоднородности: снижение затрат; возможность создания практически неограниченного числа эталонов без разработки технологии их изготовления (кроме «технологии программирования»); большая наглядность по сравнению с математическими моделями, что делает эти эталоны доступными операторам и технологам; воспроизводимость.

Многими исследователями предлагались количественные методы оценки просвета бумаги, но ни один из них не был включен в стандарты. Основная причина кроется в том, что данный показатель важен не сам по себе, а важна его связь как с параметрами технологического процесса, так и с потребительскими свойствами бумаги. Установление подобных зависимостей необходимо для создания системы управления процессом формования бумажного полотна, а также для разработки неразрушающих методов контроля потребительских свойств бумаги.

Выбор наиболее эффективного метода количественной оценки неоднородности (если не установлены закономерности) можно производить на моделях-эталонах. При их построении целесообразно двигаться от простого к сложному (с учетом простоты исходной формулировки задачи и возможности ее решения).

Прежде всего дифференцируем основные свойства объекта с точки зрения неоднородности структуры. При рассмотрении листа бумаги в про-

ходящем свете отчетливо видны более плотные участки – флокулы и менее плотные – «поры». Хаотичное расположение флокул и пор обуславливает неравномерную структуру листа. На первом этапе разработки была выбрана достаточно простая модель решеточной структуры типа «шахматная доска».

Среди многообразия предлагаемых различными авторами оценок показателей просвета можно выделить две основные группы. К первой группе относятся показатели, характеризующие колебания оптической плотности бумажного листа относительно ее среднего значения, ко второй – характеризующие топологию и размер флокул и пор. Подобная классификация показателей делает очевидным тот факт, что модель «шахматная доска» может быть полезной лишь для исследования второй группы оценок.

При изменении размеров (и формы) клеток «шахматной доски» (флокул и пор) получены достоверные результаты для большинства существующих методов. Однако не все оценки «сработали» при незначительной модификации модели, в частности при ее повороте на 90° , т. е. когда клетки представлены в виде ромбов. Инвариантным относительно поворота оси симметрии модели оказался такой показатель, как коэффициент формы, который предложено вычислять по формуле [3]

$$a = \frac{mS_\phi}{P_\phi}, \quad (1)$$

где m – коэффициент, зависящий от выбранной в качестве модели осредненной формы неоднородностей (при представлении неоднородностей (флокул или пор) в виде квадрата или круга $m = 4$); S_ϕ и P_ϕ – периметр и площадь флокул на рассматриваемой области образца бумаги.

Авторы работы [1] предлагают использовать два показателя оптической неоднородности бумаги. Такой подход позволяет получать информацию как о среднем размере неоднородностей, так и о контрастности бумаги, отчетливо наблюдаемой в проходящем свете. Однако для исследования первой группы оценок эта модель не пригодна.

За точки отсчета при моделировании оптических плотностей участков эталона были приняты известные эталоны оптической плотности, опробованные в ряде задач оптики.

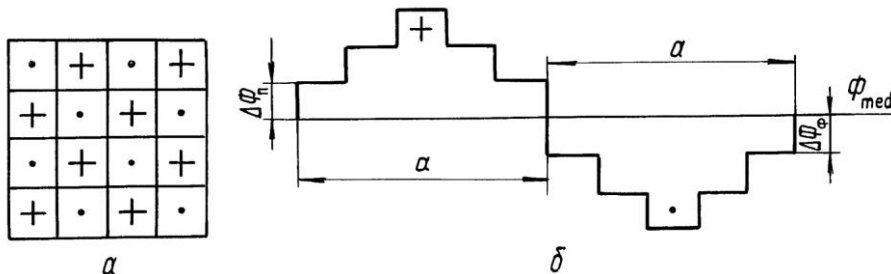


Иллюстрация процесса формирования модели-эталона структурной неоднородности бумажного полотна

В качестве исходных при построении пространственной структуры были выбраны точки, соответствующие центрам флокул (обозначено точками на рисунке *a*) и пор (обозначено крестиками на рисунке *a*). Для простоты рассматривали регулярные структуры, когда размеры флокул и пор совпадают и равны первому параметру поля *a*. Следующий шаг заключается в присвоении модели-эталону определенной контрастности. Пусть границы клеток имеют яркость Φ_{med} , равную медиане функции, характеризующей прошедший через лист бумаги световой поток. Отметим, что функция светопропускаемости $\Phi(x, y)$ [1] определяет зависимость светового потока, прошедшего через лист с координатами *x, y* исследуемого участка образца. В качестве характеристики контрастности используют выборочное среднее квадратическое отклонение светового потока.

Как показали экспериментальные проверки [1], функция светопропускаемости является реализацией стационарного эргодического случайного процесса с нормальной функцией распределения. На рисунке *b* проиллюстрировано представление структурной неоднородности в выбранной пространственной модели. Высота ступени соответствует перепаду яркости на флокуле $\Delta\Phi_{\text{ф}}$ и поре $\Delta\Phi_{\text{п}}$ (второй и третий параметры поля, которые могут задаваться в виде векторов значений). При таком представлении неоднородностей центр поры будет иметь максимальное значение яркости:

$$\Phi_{\text{max}} = \Phi_{\text{med}} + \sum_1^k \Delta\Phi_{\text{п}}, \quad (2)$$

а центр флокул – минимальное:

$$\Phi_{\text{min}} = \Phi_{\text{med}} - \sum_1^n \Delta\Phi_{\text{ф}}, \quad (3)$$

где *k, n* – число возможных перепадов яркости.

Углы наклона пирамид отражают скорость изменения (градиент) оптической плотности на элементах неоднородности.

Основным преимуществом предлагаемой модели является возможность целенаправленного изменения как линейного размера флокул, так и контрастности «исследуемого образца».

Для оценки адекватности выбранной модели реальным объектам был разработан метод идентификации распределения волокнистого вещества в объеме бумажного листа. Суть его заключается в выявлении зависимости средних линейных размеров неоднородностей от величины оптической плотности. Алгоритм обработки изображения включает последовательность его сегментаций с изменением порога яркости от минимального Φ_{min} до максимального Φ_{max} значения функции светопропускаемости и вычисления средних размеров выделяемых участков.

Эксперименты проводили как на моделях, так и на образцах (14 шт.) различных видов бумаги.

Полученные в результате этого кривые были аппроксимированы квадратическими функциями [2], при этом коэффициент множественной