Объяснить установленные закономерности можно, если учесть геометрические характеристики целлюлозы. Для фракционированной и мерсеризованной целлюлозы характерна более высокая однородность по форме, чем у исходной. Как видно из порограмм, представленных на рисунке, изготовление картона из фракционированной и мерсеризованной целлюлозы способствует уменьшению размера пор и увеличению плотности их распределения при одновременном возрастании эффективного объема пор и их эффективного диаметра и, соответственно, при улучшении ресурсных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Канарский А.В. Влияние способа обработки целлюлозы на свойства фильтровального картона // Лесн. журн. - 1991. - № 2. - С. 97-100. - (Изв. высш. учебн. заведений). [2]. Канарский А.В., Платицина Н.В., Фляте Д.М. Влияние вида целлюлозы на свойства картона для предварительной фильтрации жидкостей // Лесн. журн. - 1988. - № 3. - С. 84 - 87. - (Изв. высш. учебн. заведений). [3]. Прибор Д-Ш для определения удельной поверхности порошков по сопротивлению течению разреженного воздуха: Руководство. - М.: ЦНИИТЭИприборостроения, 1971. [4]. Пузырев С.А. Бумага и картон как фильтрующие материалы. - М.: Лесн. пром-сть, 1970. - 88 с.

УДК 519.85: 674

Ю.В. БУГАЕВ

Воронежская государственная технологическая академия

Бугаев Юрий Владимирович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Воронежский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры математического моделирования технологических систем Воронежской государственной технологической академии. Имеет 30 научных работ, посвященных математическому моделированию технологических процессов глубокой переработки древесины, а также фундаментальным исследованиям в области векторной оптимизации и принятия решения.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ РАСКРОЯ ПРИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Разработана эффективная имитационная модель расчета характеристик продуктов раскроя при глубокой переработке древесины, использующая минимальное количество случайных реализаций процесса и позволяющая с помощью методов теории случайных потоков оценивать плотность распределения длины интервалов между пороками на поверхности продукта раскроя.

The efficient simulation of calculating the cutting products' characteristics by high conversion of wood using minimum amount of random realizations of the process and allowing by means of methods of random flow theory to estimate the closeness of interval length distribution between defects on cutting product surface has been developed.

В расчете вариантов глубокой переработки древесины центральное место занимает модель прогнозирования размерно-качественных показателей полученных изделий и полуфабрикатов при заданных характеристиках сырья и определенных схемах раскроя. Достаточно полную информацию о продукции раскроя содержит функция плотности распределения протяженности бездефектных участков, которая может быть получена с помощью имитационного моделирования процесса. Основная сложность имитации заключается в большой вариантности задачи, так как необходимо определять параметры распределения пороков в изделиях и полуфабрикатах для каждого типоразмера сырья при всех возможных схемах раскроя. В данной работе нами предложена модель, значительно повышающая эффективность имитации.

Введем пространственную систему координат, направив ось Oz вдоль оси предмета раскроя, Ox – горизонтально, Oy – вертикально. Тогда расположение и геометрическая форма порока древесины опишется уравнением его поверхности

$$\Phi(x, y, z, a_1, \dots, a_k) = 0, \tag{1}$$

где $a_1, \dots, a_k$ – параметры уравнения (1), являющиеся случайными величинами, совместная плотность распределения которых $g(u_1, \dots, u_k)$ известна.

Имея конкретные границы при каждой реализации случайного вектора $(a_1, \dots, a_k)$, порок может попасть на поверхность выкраиваемого сортимента и достичь некоторого критического (запрещенного или учитываемого) размера с какой-то вероятностью:

$$q = \int_S \ldots \int g(u_1, \ldots, u_k)\, du_1 \ldots du_k \qquad (2)$$

Здесь S – критическая область пространства случайных параметров, для которой из условия $(a_1, \ldots, a_k) \in S$ следует, что порок достиг критического размера.

Эта область определяется соответствующим решающим правилом классификации порока как критического на основании его размера и формы, задается системой неравенств, полученных из условиях пересечения поверхности (1) с поверхностью продукта раскроя.

Например, в [2] приведены расчетные формулы для определения размеров сечения моделируемого сучка на пласти и кромке выкраиваемой доски, а также указаны условия нахождения сечения в пределах пласти и кромки. Для получения необходимого решающего правила о принадлежности параметров поверхности сучка области S к названной системе соотношений добавляется условие того, что размеры сучка укладываются в определенные границы, соответствующие качественным требованиям к продукту раскроя. Очевидно, что условия, задающие в данном примере область S, достаточно сложные, поэтому интеграл (2) необходимо вычислять методом Монте-Карло.

Последовательность пороков в однородном по качеству сырье будем интерпретировать как случайных поток с известной плотностью распределения $f(t)$ интервалов между событиями. Тогда последовательность пороков критического размера на поверхности пласти или кромке продукта раскроя можно представить как результат разрежения этого потока. Параметр разрежения q, равный вероятности сохранения события в результирующем потоке, в данном случае совпадает с вероятностью достижения пороком критического размера в продукте раскроя и определяется выражением (2). Отсюда, плотность распределения длины бездефектных участков в изделиях и полуфабрикатах $f^{(q)}(t)$ в соответствии с теорией случайных потоков [1] определим по формуле

$$f^{(q)}(t) = q \sum_{k=1}^{\infty} (1 - q)^{k-1} f_k(t), \qquad (3)$$

где
$$f_k(t) = f(t)\, f_{k-1}(t) = \int_0 f(t - \tau)\, f_{k-1}(\tau)\, d\tau\,; \qquad (4)$$

$$f_1(t) = f(t).$$

При вычислении $f^{(q)}(t)$ с заданной точностью при любом t всегда используют конечное, обычно небольшое число членов ряда (3), а интегралы (4) часто берут аналитически. Поэтому предлагаемый метод расчета достаточно экономичен, что можно проиллюстрировать следующим примером.

Исследования соснового пиловочника второго сорта в Бобровском опытном лесокомбинате Воронежской области показали, что распределение интервалов между мутовками с доверительной вероятностью 0,90 описывается плотностью распределения Эрланга

$$f(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^n}{n!}\exp(-\lambda t)$$

с параметрами $n = 9$ и $\lambda = 19{,}6$. Значения математического ожидания и среднего квадратичного отклонения соответственно составляют 0,510 м и 0,161 м. Для нахождения выражения $f_k(t)$ воспользуемся преобразованием Лапласа:

$$F(s) = L\,\{f(t)\} = \left(\frac{\lambda}{S-\lambda}\right)^{n+1}$$

По свойству преобразования имеем

$$L\,\{f(t)f(t)\} = \left(\frac{\lambda}{S-\lambda}\right)^{2(n+1)}$$

С помощью обратного преобразования получаем

$$f_2(t) = f(t)f(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{2n+1}}{(2n+1)!}\exp(-\lambda t),$$

т. е. свертка представляет собой распределение Эрланга порядка $2n+1$.

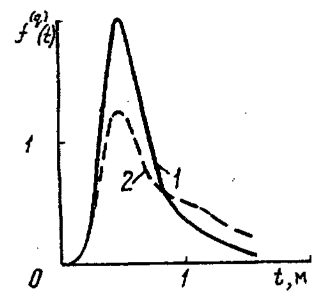
Исходя из индукции, находим

$$f_k(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{k(n+1)-1}}{[k(n+1)-1]!}\exp(-\lambda t),$$

т. е. $f_k(t)$ является плотностью распределения Эрланга порядка $k(n+1)-1$.

Расчеты, проведенные при различных значениях t = 0...6 м и q = 0,05...1,00, показали, что при вычислении членов ряда (3) с точностью 10^{-4} максимальное значение переменной суммирования k не превышает 17, что позволяет определять значения $f^{(q)}(t)$ с помощью ЭВМ достаточно точно и быстро. Характер зависимости плотности $f^{(q)}(t)$ от t и q представлен на графиках (см. рисунок).

Таким образом, предлагаемый метод определения плотности распределения $f^{(q)}(t)$ длины интервалов между пороками на поверхности продукта раскроя состоит в последовательном решении двух задач.



Графики плотности $f^{(q)}(t)$ при различных значениях q: $1 - q = 0{,}8$; $2 - 0{,}5$

1. Для исследуемой зоны объекта, которая определена выбранной схемой раскроя и задана координатами своих границ, методом Монте-Карло по формуле (2) вычисляют вероятность q попадания в эту зону порока критического размера.

2. По формулам (3–4) определяют значение плотности $f^{(q)}(t)$ для любых необходимых значений t.

При использовании обычного метода имитационного моделирования [2] возникает необходимость строить по результатам машинного эксперимента гистограмму распределения и находить ее подходящую многопараметрическую аппроксимацию, в то время как предлагаемый способ использует имитацию для нахождения лишь одного параметра q, что делает метод более простым, точным и требует минимального количества случайных реализаций имитируемого процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гнеденко В.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания.- М.: Наука, 1987. - 336 с. [2]. Пижурин А.А., Розенблит М.М. Исследование процессов деревообработки. - М.: Лесн. пром-ть, 1984. - 232 с.