

– комбинированный метод, который заключается в одновременном использовании нитей с разными структурными показателями и введении дополнительных систем нитей.

Метод модификации нитей является самым простым методом введения усилительных элементов в цельнотканую оболочку. Он осуществляется посредством введения на заданном участке оболочки нитей с другими характеристиками (крутки, диаметра, формы поперечного сечения, сырьевого состава). Метод модификации нитей прост и удобен, так как не надо менять переплетение и оборудование. Но он даёт низкие результаты, недостаточные для явного изменения свойств ткани. Этот метод может применяться только в тех случаях, когда необходимо незначительно изменить показатели оболочки на всем протяжении ткани в одном или нескольких направлениях.

Второй метод формирования усилительных элементов в структуре оболочки ткачеством заключается в модификации переплетения за счёт введения дополнительных систем усилительных нитей.

Самое простое применение данного метода – введение дублирующей нити для нитей одной или нескольких систем вырабатываемой ткани. Количество дополнительных усилительных нитей зависит от требуемых прочностных характеристик. Способы введения дополнительных нитей зависят от многих факторов, например, от требований, предъявляемых к конечному результату или от возможностей оборудования.

Данный метод является наиболее приемлемым с точки зрения технологии изготовления, так как не требует больших изменений в оборудовании. Помимо этого, при использовании данного метода можно ввести исходные поперечные нити с повышенными прочностными показателями на участке усилительного элемента, что еще больше увеличит прочность изготавливаемого элемента оболочки.

Комбинированный метод усиления структуры ткани включает в себя объединение нескольких методов, например метода модификации нитей и переплетений.

Виды комбинированных переплетений разрабатываются в зависимости от требований, предъявляемых к проектированному материалу. Целесообразность использования комбинированного метода модификации структуры ткани возникает в том случае, когда необходимо получить специфические свойства на определенном участке оболочки. Комбинация модификации систем нитей и модификации переплетения позволяет расширить возможные варианты проектируемых оболочек, соответственно повысить область их применения.

Проведенная работа показала, что цельнотканые оболочки с усилительными элементами, изготовленные рассмотренными методами, подходят для широкого применения, как в качестве традиционного текстиля, так и предметов специального назначения.

УДК [677.021:533:6]:519.737

**РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
ПРОПИТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
МНОГОПРОЦЕССОРНОМ КОМПЬЮТЕРЕ**

Е.Е. Корочкина, А.А. Козлов, М.Н. Герасимов

*Ивановская государственная
текстильная академия, Россия*

Расчет оптимальных параметров процесса пропитки текстильных материалов необходим для выпуска продукции надлежащего качества, обусловленного ГОСТом.

Количественное описание процесса пропитки из-за большого разнообразия влияющих параметров создает сложности при моделировании. Данная задача является многопараметрической и нестационарной. Данное обстоятельство накладывает определенные ограничения при разработке программных средств для обычных персональных ЭВМ. Сложность реализации математических моделей связана с ограничением количества влияющих параметров и весьма большим временем расчета процесса. Эти трудности позволяют устранить использование многопроцессорных вычислительных машин. Многопроцессорная ЭВМ позволяет обрабатывать большие массивы информации за короткий промежуток времени. Нами разработана устройство и программное обеспечение для кинетики процесса пропитки волокнистых материалов применительно к многопроцессорным вычислительным комплексам Parcites и MBC-100.

Экспериментальная установка состоит из электронного устройства для измерения изменения влажности текстильного материала, блока сопряжения с компьютером и программного обеспечения, позволяющего рассчитать коэффициент диффузии и степень пропитки текстильного материала в различные моменты времени.

Созданное устройство, включает следующие компоненты: восемь каналов измерения влажности; микроконтроллер, управляющий процессами измерения и передачи данных; блок сопряжения с компьютером. Для снижения влияния сетевых помех (устройство отличается высокой чувствительностью) используется батарейное питание. Каждым из восьми каналов реализована схема, измеряющая сопротивление между электродами (датчиками). Генерируется постоянный ток между электродами. Напряжение на генераторе изменяется пропорционально сопротивлению, то есть обратно пропорционально уровню влажности. Через буферный элемент напряжение передается на вход микроконтроллера, который производит аналогово-цифровое преобразование (АЦП) уровня напряжения в целочисленную величину. Разработана программа для микроконтроллера PIC16F873, обеспечивающая циклическое измерение уровней влажности на восьми датчиках.

В результате работы установки формируется файл, содержащий данные о влагосодержании исследуемого материала. Полученный файл обрабатывается, разработанным нами пакетом прикладных программ. Данное программное обеспечение разработано для однопроцессорных и многопроцессорных вычислительных систем. Для организации работы пакета программ в многопроцессорной версии во время передачи данных между процессорами применена топология "труба". Программное обеспечение реализует приведенную далее математическую модель.

Движение влаги в капиллярно - пористом теле (текстильном материале), погруженном в пропитывающую жидкость. Описывается дифференциальным уравнением в полярных координатах (1). В этом случае жидкость продвигается в направлении нормали к центру текстильного материала.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + v \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(D(U) \frac{\partial U}{\partial x} + rA(U) \frac{\partial^2 U}{\partial t \partial r} \right) \quad (1)$$

где x - координата по сечению материала; r - текущий радиус заготовки; U - текущее влагосодержание текстильного материала; t - время процесса; D и A - коэффициенты переноса массы.

Начальные и граничные условия для уравнения имеют вид:

$$U_{r=0} = \varphi(r) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial r_{r=0}} &= 0; \\ U_{r=R} &= U_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Задача моделирования, описанная уравнениями (1)-(3) решена методом конечных разностей и оптимизационным методом наискорейшего спуска для определения коэффициентов переноса массы. Применена безусловно-устойчивая неявная конечно-разностная схема.

Уравнения (2) аппроксимируются в полярной системе координат

$$\begin{aligned} \frac{U_i^{k+1} - U_i^k}{\tau} + v \frac{1}{r_i} \frac{U_{i+1}^{k+1} - U_{i-1}^{k+1}}{2h} &= \frac{1}{r_i} \frac{1}{h^2} \left((r_{i+\frac{1}{2}} D_{i+\frac{1}{2}}^k (U_{i+1}^{k+1} - U_i^k) - \right. \\ &- r_{i-\frac{1}{2}} D_{i-\frac{1}{2}}^k (U_i^{k+1} - U_{i-1}^{k+1})) + \frac{1}{\tau} (r_{i+\frac{1}{2}} A_{i+\frac{1}{2}}^k (U_{i+1}^{k+1} - U_{i-1}^{k+1}) - r_{i-\frac{1}{2}} A_{i-\frac{1}{2}}^k (U_i^{k+1} - U_{i-1}^{k+1})) - (5) \\ &- r_{i+\frac{1}{2}} A_{i+\frac{1}{2}}^{k-1} (U_{i+1}^k - U_i^k) + r_{i-\frac{1}{2}} A_{i-\frac{1}{2}}^k (U_i^k - U_{i-1}^k) \left. \right) \end{aligned}$$

Запись U_i^k означает величину влагосодержания в узле с номером i в момент времени k , а N – общее число узлов.

В математической модели предполагается, что часть капилляров текстильного материала является тупиковыми, а другая часть – сквозными. Скорость поднятия жидкости по сквозным капиллярам определяется по формуле (6).

$$v = \frac{\partial l}{\partial t} = \frac{r_{kap}^2}{8\eta l} (p - \rho g l \sin \alpha) \quad (6)$$

Скорость поднятия пропитывающей жидкости по тупиковым капиллярам описывается формулами (7-8)

$$v = \frac{\partial l}{\partial t} = \frac{r_{kap}^2 \Delta p}{8\eta l} \quad (7);$$

$$\Delta p = p_k + p_0 - p_0 \frac{l_0}{l_0 - l} \rho g l \quad (8)$$

где l_0 – длина капилляра; p_0 – атмосферное давление; l – длина заполненного жидкостью участка капилляра; ρ – плотность жидкости; g – ускорение силы тяжести; η – кинематическая вязкость жидкости; α – угол наклона капилляра к горизонту; r_{kap} – радиус капилляра.

Коэффициентов переноса массы D и A определяются одним из методов безусловной оптимизации – методом наискорейшего спуска. Согласно показаниям натуральных экспериментов, зависимости $D(U)$ и $A(U)$ достаточно сложны. Их удобно представить в виде сеточных функций. То есть, выделены некоторые значения влагосодержаний U_1, U_2, \dots, U_N и определены соответствующие им значения коэффициентов переноса D_1, D_2, \dots, D_N и A_1, A_2, \dots, A_N . Таким образом, задача сводится к отысканию указанных табличных значений.

Для нахождения экстремума целевой функции введена мера близости Q , полученного численного решения уравнения влагопереноса $U(t^k, x_i)$ действительному значению процесса в экспериментальной установке $\tilde{U}(t^k, x_i)$.

$$Q = \sum_{k=0}^M \sum_{i=1}^N (U(t^k, x_i) - \tilde{U}(t^k, x_i))^2 \quad (9)$$

Задача сводится к отысканию таких значений коэффициентов переноса массы A и D , при которых обеспечивается наилучшее приближение численного решения к результатам натурального эксперимента. Поиск прекращается, когда начнет выполняться условие

$$\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Q}{\partial D_i} \right)^2 < \varepsilon \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial Q}{\partial A_i} \right)^2 < \varepsilon \quad (10)$$

где ε – заданная малая величина.

В начале оптимизация производится по коэффициенту D , затем, при найденном оптимальном D , находим оптимальное значение коэффициента A .

Полученные коэффициенты переноса используются для определения степени пропитки исследуемого материала в зависимости от времени.

За степень пропитки принято отношение порового объема текстильного материала, заполненного пропитывающей жидкостью, к общему объему пор этого материала. Показатель степени пропитки определяется как отношение влагосодержания материала после исследуемого режима жидкостной обработки и последующего его центрифугирования к максимально возможному влагосодержанию того же материала, пропитанного в вакууме с последующим центрифугированием [1].

$$\delta_{пр} = \frac{U_{ли} - U_{равн}}{U_{сн}^{max} - U_{равн}} \quad (11)$$

где $\delta_{пр}$ – степень заполнения микроструктуры волокнистого материала (степень пропитки); $U_{сн}$ – влагосодержание материала после исследуемого режима пропитки и центрифугирования; $U_{сн}^{max}$ – влагосодержание того же материала после вакуумной пропитки и центрифугирования (соответствует полному заполнению всех микропустот материала), $U_{равн}$ – равновесное влагосодержание материала до пропитки.

Адекватность математической модели оценивалась при помощи кривой кинетики пропитки, определенной экспериментальным методом. Расхождение результатов натурального и численного эксперимента не превышает 5%.

Предлагаемый комплекс, состоящий из экспериментальной установки и программного обеспечения, нами он был апробирован при исследовании процесса пропитки суровых тканей различных артикулов без применения интенсифицирующих воздействий. Данный комплекс может использоваться для создания банка данных кинетических зависимостей для различных волокнистых материалов.

Список использованных источников

1. Герасимов М.Н. Пропитка тканей: теория процесса, технология, оборудование. - Иваново: ИГТА, 2002, С.32-33.