

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 677.027.04

А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н. Н. Ясинская

Витебский государственный технологический университет,
210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

© А. Н. Бизюк, С. В. Жерносек, В. И. Ольшанский, Н. Н. Ясинская, 2014

В работе проведено исследование влияния СВЧ-излучения на процесс пропитки текстильных материалов из натуральных волокон аппретирующим составом на основе стирол-акрилового полимера, получены математические модели, отражающие зависимость интенсивности пропитки от режимов СВЧ обработки и концентрации состава ■

Ключевые слова ■ СВЧ-обработка, текстильные материалы, аппрет, пропитка, интенсивность пропитки, моделирование.

MODELING OF IMPREGNATION OF TEXTILE MATERIALS UNDER THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION

This paper investigated the effect of microwave radiation on the impregnation of textiles made of natural fibers with sizing composition based on styrene-acrylic polymer. Obtained mathematical models that reflect dependence of intensity of impregnation on microwave treatment regimes and on concentration of the composition ■

Keywords ■ microwave treatment, textile materials, coupling agent, impregnation, intensity of the impregnation, modeling.

Процесс пропитки текстильного материала является одним из важнейших этапов изготовления ламинированных текстильных материалов. Пропитывание (аппретирование) производится с целью придания материалу различных полезных свойств: жесткость, устойчивость к истиранию, влагоупорность, огнеупорность и др. После пропитывания материал подвергается термообработке с целью ускорения процесса пропитки и затвердевания аппретирующего состава. Режим и метод термообработки оказывают влияние на качество получаемого материала, поэтому при производстве ламинированных материалов требуется определять оптимальные режимы термообработки.

Одним из способов повышения качества и интенсификации процессов отделки текстильных материалов является использование электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Преимущество СВЧ-нагрева при отделке по сравнению с конвективным способом подвода тепла обусловлено возможностью равномерного и быстрого нагрева текстильных материалов, как малой, так и большой поверхностной плотности. Кроме того, дополнительным преимуществом является возможность совмещения операций крашения, аппретирования, сушки и термофиксации [1].

С целью определения влияния режимов термообработки на процесс пропитывания текстильных материалов были проведены экспериментальные исследования. Осуществлялась пропитка текстильного материала

из натуральных волокон аппретирующим составом на основе стирол-акрилового полимера и последующая сушка материала с помощью электромагнитного излучения СВЧ-диапазона. В ходе эксперимента варьировались следующие факторы: концентрация аппрета в пропитывающем составе, мощность СВЧ-излучения, время термообработки. Уровни варьирования факторов представлены в табл. 1.

В ходе проведения эксперимента контролировались следующие параметры: высота пропитки, мм; температура аппрета, °С.

Для исследования процесса пропитки тканого полотна из натуральных волокон с использованием СВЧ-излучения использовалась экспериментальная СВЧ-установка с максимальной мощностью 850 Вт и рабочей частотой 2450 МГц. Мощность СВЧ-излучения задавалась с помощью элементов управления мощностью блока питания генератора. В камеру устанавливалась пропиточная ванна с аппретирующим составом и закрепленными образцами ткани размером 40 x 200 мм.

Значение температуры аппрета в процессе пропитки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты измерялось с помощью пирометра, установленного в штативе на расстоянии, выставленном в соответствии с паспортными данными прибора. Для защиты пирометра от СВЧ-излучения служит сетка Фарадея, установленная на окне корпуса СВЧ-установки. Значения высоты определялись с помощью линейки

Таблица 1

Фактор	Уровни варьирования
Мощность СВЧ, Вт	300, 450, 600
Время, с	0...180
Концентрация аппрата, г/л	100, 200, 300

из диэлектрического материала, закрепленных в пропиточной ванне напротив каждого образца.

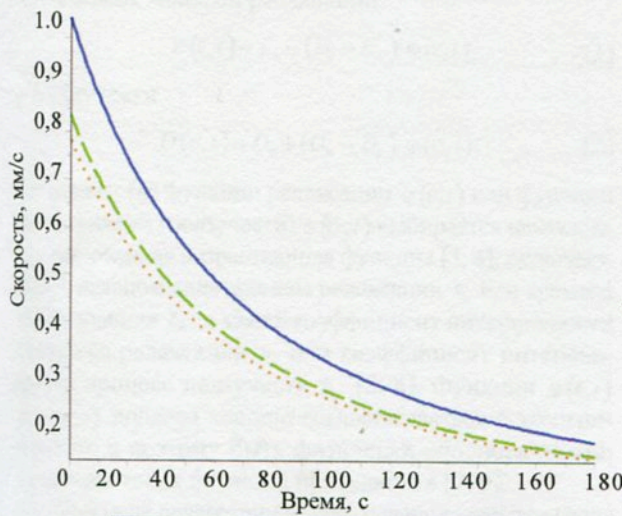
Экспериментально полученные значения были использованы для построения регрессионной модели процесса пропитки текстильного материала. Для определения вида этой модели анализировались графики типовых функций, имеющие асимптоту $h = \text{const}$ и проходящие через начало координат. В результате сравнения графиков типовых функций с экспериментальными значениями определено, что зависимости высоты подъема аппрата от времени воздействия СВЧ, мощности СВЧ-излучения и концентрации аппрата достаточно точно описываются дробно-рациональными функциями. В результате объединения частных функций в общую модель получена модель вида:

$$h = \frac{t \cdot c}{(a_0 + a_1 \cdot t)(a_2 + a_3 \cdot p)(a_4 + a_5 \cdot c)}, \quad (1)$$

где h — высота подъема аппрата, t — время сушки, p — мощность СВЧ, c — концентрация аппрата, $a_0...a_5$ — регрессионные коэффициенты.

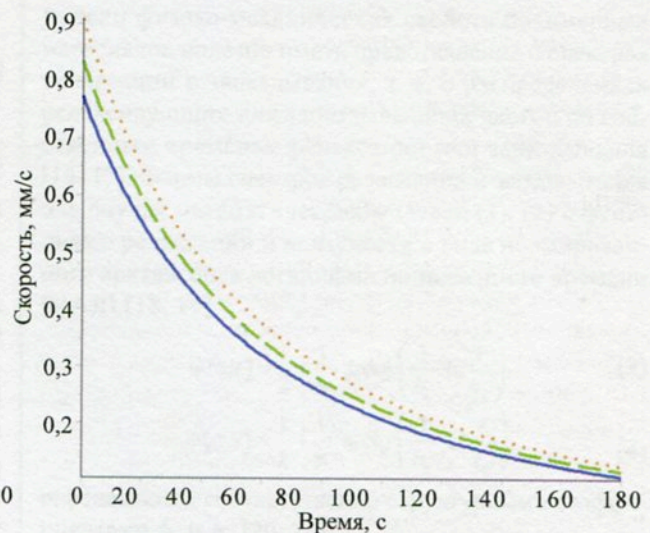
В результате определения регрессионных коэффициентов с помощью метода наименьших квадратов в системе компьютерной алгебры Maple получена следующая функция:

$$h = \frac{t \cdot c}{(82,5 + 0,763 \cdot t)(281 - 0,121 \cdot p)(-0,00255 + 0,00008 \cdot c)}. \quad (2)$$



— мощность 450 Вт, концентрация 100 г/л
 - - мощность 450 Вт, концентрация 200 г/л
 мощность 450 Вт, концентрация 300 г/л

а



— мощность 300 Вт, концентрация 200 г/л
 - - мощность 450 Вт, концентрация 200 г/л
 мощность 600 Вт, концентрация 200 г/л

б

Рис. 2. Графики изменения скорости подъема аппрата при различных концентрациях аппрата (а) и при различной мощности СВЧ излучения (б)

Коэффициент детерминации полученной регрессионной функции R^2 составил 0,97.

Функция (2) позволяет определить высоту поднятия аппрата при заданных концентрации аппрата, мощности СВЧ излучения и времени сушки.

На рисунке 1 изображены графики изменения высоты поднятия аппрата со временем при различной мощности СВЧ излучения и при концентрациях аппрата: 1—100 г/л; 2—200 г/л; 3—300 г/л. Точками на графиках показаны экспериментальные значения высоты подъема аппрата в условиях СВЧ воздействия.

Путем дифференцирования формулы (2) по времени получена формула для определения скорости поднятия аппрата в заданный момент времени.

$$v = \frac{c}{(82,5 + 0,763 \cdot t)(281 - 0,121 \cdot p)(-0,00255 + 0,00008 \cdot c)} \cdot \frac{0,763 \cdot t \cdot c}{(82,5 + 0,763 \cdot t)^2 (281 - 0,121 \cdot p)(-0,00255 + 0,00008 \cdot c)}. \quad (3)$$

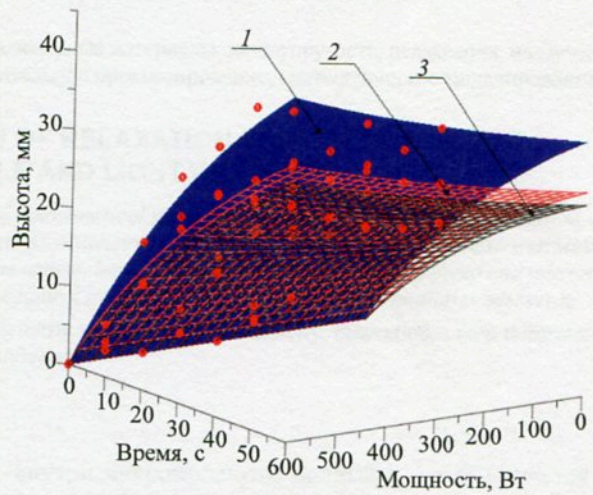
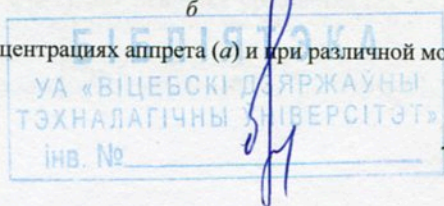


Рис. 1. Графики изменения высоты поднятия аппрата со временем при различной мощности СВЧ-излучения



На рисунке 2 представлены графики изменения скорости поднятия аппрета при различных концентрациях аппрета (*а*) и при различной мощности СВЧ излучения (*б*).

Выводы

1. Получены математические модели зависимости высоты подъема аппретирующего состава и скорости пропитки волокнистого материала от мощности СВЧ излучения, продолжительности обработки материала и концентрации аппретирующего состава.

2. Полученные математические модели позволяют спрогнозировать процесс пропитывания тек-

стильного материала аппретом и выбрать оптимальные технологические параметры.

3. С использованием полученных математических моделей разработано программное обеспечение для ЭВМ, позволяющее рассчитывать рациональные режимы процесса аппретирования текстильных материалов.

Список литературы

1. *Побединский, В. С.* Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов / В. С. Побединский. Иваново: ИХР РАН, 2000. 128 с.: ил.