

4.7 Теплоэнергетика

УДК 677.027.62

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПИТЫВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Марущак А.С., асс., Жерносек С.В., к.т.н., доц., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены особенности пропитывания материалов в условиях воздействия акустических колебаний ультразвукового диапазона. Показана опытно-экспериментальная установка для исследования процесса капиллярного подъема в текстильных материалах. Выполнено математическое моделирование процесса, получена регрессионная модель и построена поверхность отклика.

Ключевые слова: пропитывание, ультразвук, кавитация, капиллярный подъем, установка, математическое моделирование, модель, МНК.

В процессах заключительной отделки текстильных материалов с использованием аппретов существуют определенные трудности, связанные с сушкой и термофиксацией, так как полимерные вещества быстро мигрируют к поверхности материала в процессе терморadiационной сушки, распределяясь неравномерно по толщине и концентрируясь на поверхности текстильного материала. В результате этого качество заключительной отделки находится на невысоком уровне.

Одним из известных способов повышения качества и интенсификации процессов отделки текстильных материалов является использование акустических колебаний ультразвукового диапазона. Преимущества УЗ-обработки по сравнению с конвективным способом подвода тепла обусловлено явлением кавитации, протекающей в текстильных материалах как малой, так и большой поверхностной плотности.

Известно, что большинство каналов в волокнистой системе не закрыто с боков и имеет ответвления. Шероховатость стенок капилляров и неодинаковый по длине капилляра диаметр в пористых системах обуславливают возникновение капиллярного гистерезиса, который состоит в том, что при стекании жидкости заполнение капилляров больше, чем при подъеме жидкости. Капиллярный гистерезис является результатом двух явлений: обычного гистерезиса смачивания и гистерезиса формы капилляров. Преобладающее значение той или иной компоненты зависит от условий пропитывания и характера пропитываемой системы.

В процессе капиллярного впитывания пористых материалов капилляры меньшего радиуса заполняются медленнее и при этом составляют значительную часть структуры материала. Кроме того, в реальных условиях импрегнирования нетканая основа КТМ полностью погружена в пропиточную ванну с полимерным раствором, образуется замкнутая система тупиковых капилляров с заземленным внутри воздухом. Для повышения качества материалов необходимо обеспечивать эффективное заполнение тупиковых пор. Это возможно при создании противодействующего давления, которое будет способствовать выдавливанию воздуха и заполнению пористой структуры полимерным составом.

Особенности пропитывания основы в условиях воздействия акустических колебаний не позволяет использовать строгие соотношения, чтобы с достаточной точностью описать процессы капиллярного проникания ПК в структуру материала [1]. На практике применяются приближенные методы определения скорости капиллярного проникания, основанные на различных предположениях о характере движения жидкости, среди которых наибольшее распространение получило уравнение Волковой-Госкинса-Уошбурна, выведенное из известного закона вязкости Пуазейля [1]:

$$\frac{h^2}{\tau} = \frac{\sigma_{\text{ПК}} \cos \theta}{2 \eta_{\text{ПК}}} R \quad (1)$$

где h – высота подъема ПК (капиллярность), м; τ – продолжительность подъема жидкости (ПК), с; $\sigma_{\text{ПК}}$ – поверхностное натяжение ПК, Н/м; θ – краевой угол, град; R – радиус капилляра, м; $\eta_{\text{ПК}}$ – динамическая вязкость ПК, Па·с.

Для определения высоты капиллярного подъема ПК в условиях воздействия УЗ-излучения проведены экспериментальные исследования на опытно-экспериментальной установке (рис. 1), разработанной на кафедре «Теплоэнергетика» УО «ВГТУ».

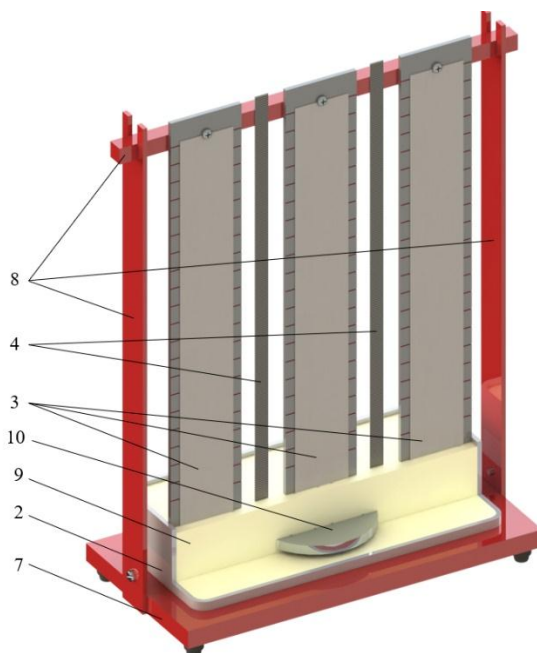


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки:

1 – пирометры (не показаны); 2 – пропиточная ванна с раствором; 3 – элементарные пробы; 4 – измерительные линейки; 5 – стеклянные палочки (не показаны); 6 – смотровое окно (не показано); 7 – стол; 8 – рама; 9 – полимерная композиция; 10 – ультразвуковой излучатель

В результате обработки экспериментальных данных, была получена зависимость (2), регрессионные коэффициенты в которой определены методом наименьших квадратов с использованием программного пакета для статистического анализа Statistica.

$$h_{\text{УЗ}} = \frac{(0,00003P + 0,1279) \cdot (-0,0298C + 16,8298) \cdot \tau}{0,2166 \cdot \tau + 11,5}, \text{мм} \quad (2)$$

Для проверки адекватности коэффициентов регрессионных функций определён коэффициент детерминации R^2 , который составил 0,952. Можно сделать вывод, что полученная регрессионная зависимость с достаточной точностью описывает рассматриваемый процесс и отклонения расчетных и экспериментальных данных находится в пределах погрешности проведения эксперимента.

Зависимость (2) позволяет определить высоту поднятия ПК при заданных режимах: концентрация ПК, частота и продолжительность обработки в условиях УЗ-излучения.

Графическая зависимость высоты капиллярного подъема ПК от режимных параметров обработки при пропитывании нетканой полиэфирной основы в условиях воздействия акустических колебаний ультразвукового диапазона показана на рисунке 2.

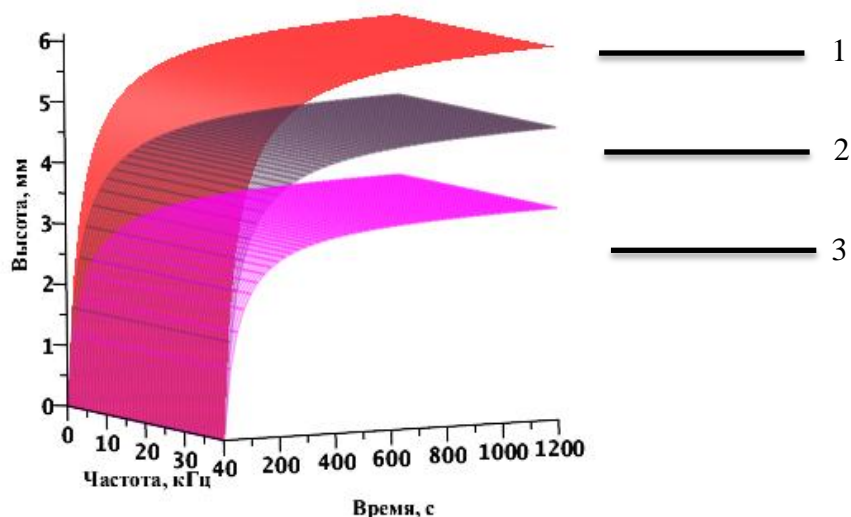


Рисунок 2 – Поверхности отклика высоты капиллярного подъёма полимерного состава от режимных параметров обработки: 1 – концентрация 100 г/л; 2 – концентрация 200 г/л; 3 – концентрация 300 г/л

Если рассматривать процесс для одной, определённой частоты, то зависимость высоты капиллярного подъёма от режимных параметров упрощается и приобретает вид, представленный на рисунке 3.

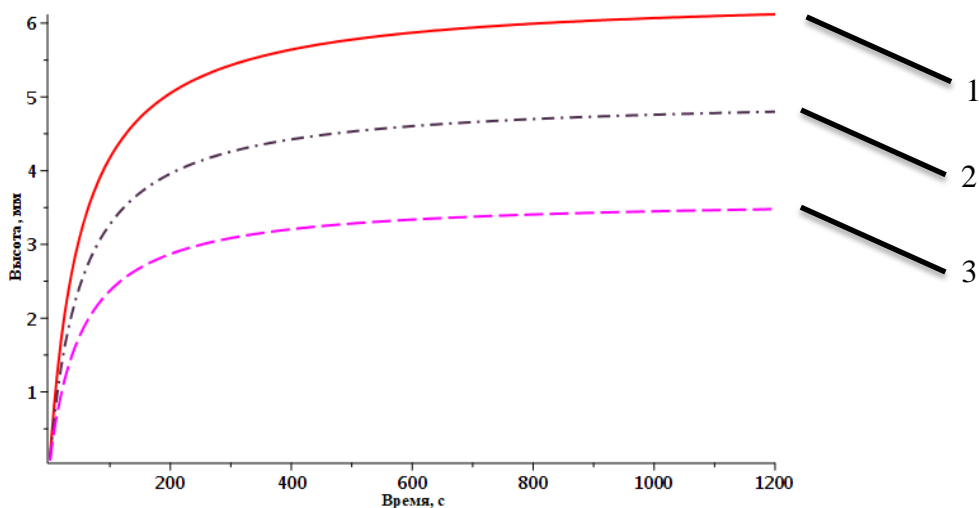


Рисунок 3 – Зависимости высоты капиллярного подъёма полимерной композиции от времени при частоте 28 кГц: 1 – концентрация 100 г/л; 2 – концентрация 200 г/л; 3 – концентрация 300 г/л

Для испытуемых материалов установлена зависимость поверхностного натяжения аппретирующей полимерной композиции от продолжительности обработки, концентрации и температуры в условиях воздействия акустических колебаний ультразвукового диапазона.

Список использованных источников

1. Воюцкий, С. С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров / С. С. Воюцкий. – Ленинград : Химия, 1969. – 336 с.
2. Дягилев, А. С. Методы и средства исследований технологических процессов : учебное пособие для студентов вузов по спец. «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов» / А. С. Дягилев, А. Г. Коган ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – 206 с.