

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

N. Yasinskaya, V. Olshanski, E. Chukasava-Ilyushkina

Study of the process of heat treating the textile multilayer materials

В статье представлены результаты теоретических и практических исследований, в результате которых определены параметры работы сушильной камеры в зависимости от свойств материалов. Построена кривая скорости сушки, проведен анализ кривой скорости сушки пакета материала, получено уравнение для расчета длительности процесса сушки, с помощью которого можно определить количество рабочих секций сушильной установки.

This paper presents the results of theoretical and practical studies in which defined the parameters of the drying chamber, depending on the properties of materials. Curve speed of drying, the analysis of the rate of drying curve of the package material, we obtained the equation for calculating the duration of the drying process by which we can determine the number of working sections of the drying installation.

В настоящее время используется большое число многослойных текстильных материалов, полученных различными способами. При формировании большинства из них заключительной операцией является термообработка и термофиксация.

Основной технологической задачей при анализе процесса термообработки многослойных текстильных

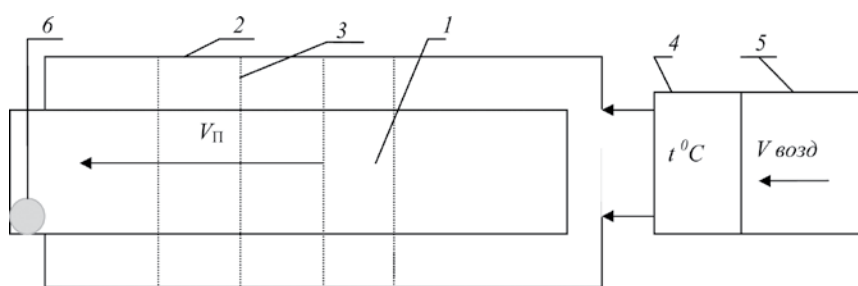
материалов является определение температуры и продолжительности теплового воздействия на материал.

На лабораторном стенде, представляющем собой конвективную сушку (аналог промышленных сушильных установок), поставлен ряд экспериментов по исследованию процесса термообработки многослойного текстильного материала, полученного напылением волокнистых частиц на нетканую основу. На рис. 1 представлена принципиальная схема сушильной установки.

Многослойное полотно, попадая в сушильную камеру 1 со скоростью $V_{\text{п}}$, подвергается воздействию теплового потока 3, создаваемого нагревательными элементами с заданной температурой 4. При соприкосновении влажного материала с нагретым воздухом жидкость на поверхности испаряется и покидает поверхность материала, переходя в окружающую среду. Испарение

РИСУНОК 1

Схема сушильной установки



1 – камера сушки;

2 – нагревательный элемент;

3 – тепловой поток;

4 – блок нагревательных элементов;

5 – вентилятор;

6 – отсос воздуха

Ясинская Н.Н., к.т.н., доц., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.

Чукасова-Ильюшкина Е.В., к.т.н.

Витебский государственный технологический университет

Ключевые слова:

многослойные материалы, сушка, длительность сушки, термообработка

влаги с поверхности материала создает перепад влагосодержания между последующими слоями и поверхностным слоем, что вызывает обусловленное перемещение влаги из низлежащих слоев к поверхностным. Дополнительный эффект создается принудительной конвекцией от вентилятора 5 к пневмоотсосу воздуха 6.

Длительность процесса сушки можно разделить

рого t_p , протекает при неизменных потоках подводимой теплоты к материалу и отводимых от него паров влаги. В этом периоде влага из материала перемещается к его поверхности в виде жидкой фазы, а затем с поверхности материала влага испаряется и в виде паров отводится в воздух. Подводимая к материалу теплота расходуется на испарение влаги, поэтому в этот период влажный материал не прогревается и его температура поддерживается неизменной. На рис. 2 и 3 показаны кривая сушки $W(t)$ и кривая скорости сушки.

$$\frac{dW}{dt} = f(t)$$

После того как влагосодержание материала достигнет некоторого значения, называемого критическим $W_{кр}$, скорость сушки начинает снижаться. Этот период является вторым периодом сушки или периодом падающей скорости сушки. Период падающей скорости сушки протекает при уменьшающихся потоках теплоты и паров влаги. Снижение потоков происходит из-за уменьшения влагосодержания.

В этом периоде подводимая теплота расходуется в двух направлениях: одна часть, распространяясь теплопроводностью, прогревает влажное тело, другая – идет на испарение влаги.

Для расчета кривой сушки пакета материала воспользуемся приближенным методом [1], основанным на замене реальной кривой скорости сушки

$$\frac{dW}{dt} = f(W)$$

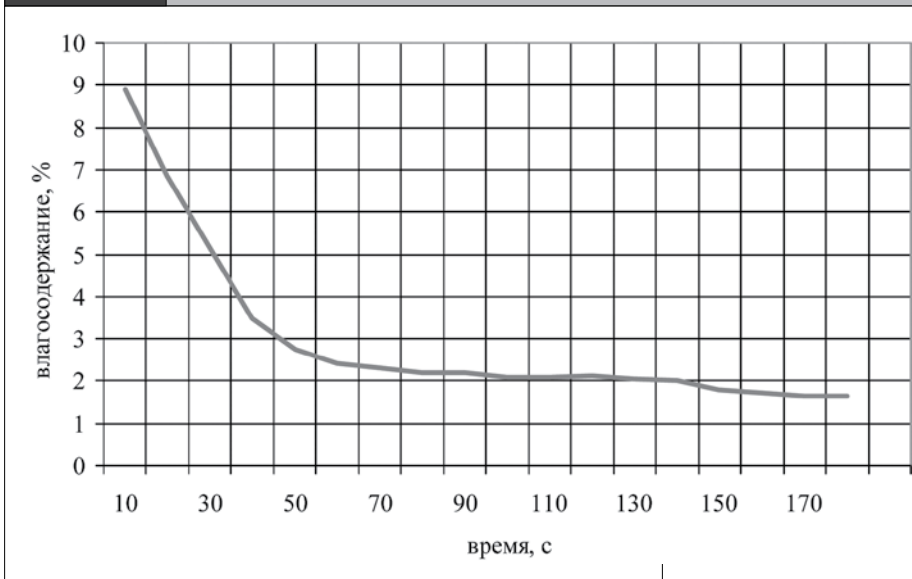
ее упрощенной идеализированной моделью. Кривую скорости сушки построили с помощью зависимостей

$W = f(t)$ и $\frac{dW}{dt} = f(t)$, и с ключая время. На рис. 4 представлена кривая скорости сушки.

$$\frac{dW}{dt} = f(W)$$

Согласно методике при построении идеализированной модели кривой скорости сушки, участок, соответствующий периоду падающей скорости сушки, заменим отрезком прямой, проходящей через точку,

РИСУНОК 2 Изменение влагосодержания пакета материала



на три периода. Первый из них, продолжительностью t_0 , представляет собой период прогрева. Первый период заканчивается в момент, когда скорость сушки $\frac{dW}{dt}$ достигает постоянного значения, а влагосодержание начинает снижаться по линейному закону. Период постоянной скорости сушки, длительность кото-

РИСУНОК 3 Кривая скорости сушки $\frac{dW}{dt} = f(t)$

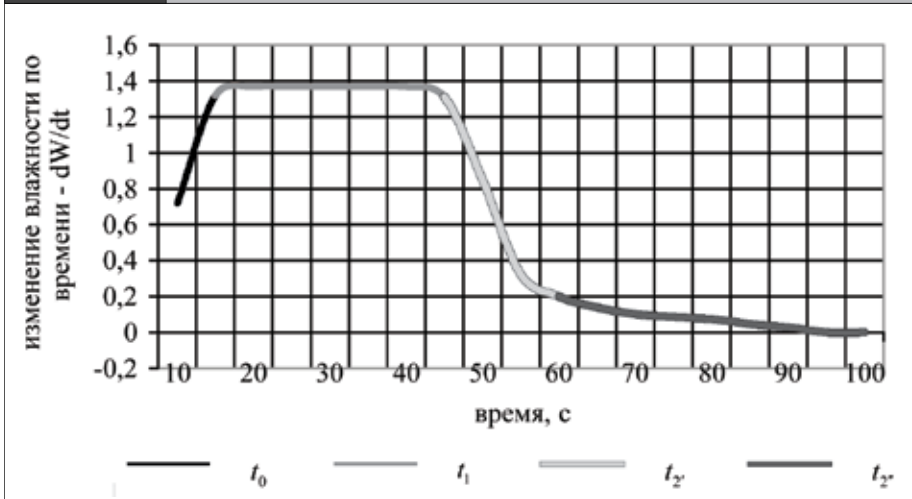
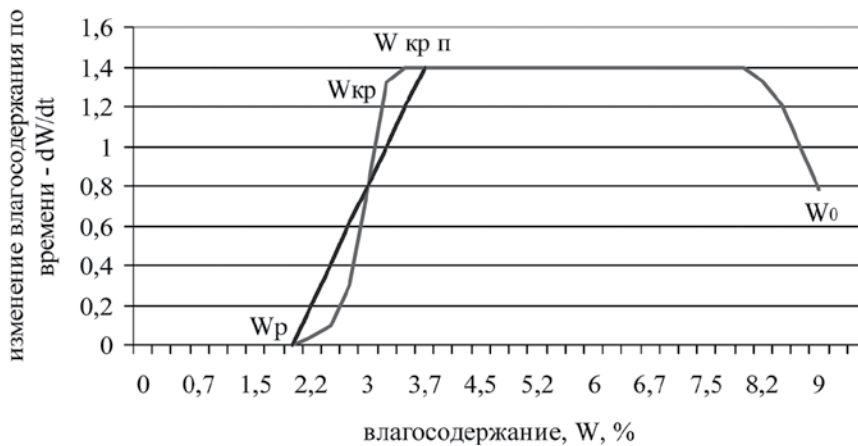


РИСУНОК 4

Кривая скорости сушки $\frac{dW}{dt} = f(W)$



соответствующую состоянию равновесия ($W = W_p, dW/dt = 0$). Для построения идеализированной модели использовался метод наименьших квадратов. Кривая скорости сушки была задана в виде линейной функции, общий вид которой $y = a_0 + kx$. Уравнение отрезка прямой,

периоде постоянной скорости сушки определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{(W_0 - W_{крп})}{N} \quad (6)$$

а общая продолжительность сушки ($t = t_1 + t_2$) определяется по формуле:

$$t = \frac{1}{N} \left[W_0 - W_{крп} + \frac{1}{\chi} \ln \frac{W_{крп} - W_p}{W_{кр} - W_p} \right] \quad (7)$$

При заданной скорости движения полотна, используя формулу (7), можно определить количество рабочих секций сушильной установки на линии для формирования рулонных материалов.

В табл. 1 представлены расчетные данные

Разработанные модели подтверждаются экспериментальными исследованиями. Ошибка эксперимента не превышает 5%, что подтверждает возможность использования полученных математических моделей для

определения различных параметров процесса сушки текстильных многослойных материалов, полученных различными способами формирования.

Литература

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – Издание 2-е, переработанное и дополненное. – Москва: «Энергия», 1968. – 472 с.

ТАБЛИЦА 1 Расчетные и экспериментальные данные процесса сушки

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение расчетное	Значение экспериментальное
Начальное влагосодержание	W_0	%	–	9
Критическое влагосодержание	$W_{кр}$	%	–	3,25
Критическое приведенное влагосодержание	$W_{крп}$	%	–	3,5
Равновесное влагосодержание	W_p	%	–	2
Постоянный коэффициент сушки	K	–	1,25	–
Относительный коэффициент сушки	χ	1/%	0,67	–
Продолжительность сушки в периоде постоянной скорости	t_1	мин	2,93	3,0
Продолжительность сушки во втором периоде	t_2'	мин	0,097	0,1
Продолжительность сушки	t	мин	3,074	3,1
Скорость сушки	N	%/мин	1,88	2

проходящей через точки с координатами ($W = W_p, dW/dt = 0$) и ($W = W_{крп}, dW/dt = N$), принимает вид:

$$\frac{dW}{dt} = -N \frac{W - W_p}{W_{крп} - W_p} \quad (1)$$

Интегрируя уравнение (1) для второго периода сушки, при начальных условиях $t = 0$ и $W = W_{крп}$, получим:

$$\frac{W - W_p}{W_{крп} - W_p} = e^{-Kt} \equiv e^{-\chi N t} \quad (2)$$