

УДК 677.016.253

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ МЕРСЕРИЗАЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА***М.К.КОШЕЛЕВА, А.А.ЩЕГОЛЕВ, В.А.РЕУТСКИЙ***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)**

Ультразвуковое оборудование, широко используемое при очистке и обезжиривании различных деталей, медицинских инструментов, химической посуды и др., в отделочном производстве текстильной промышленности пока не находит применения, несмотря на результаты научных исследований, показавших его перспективность [1, 2].

Интенсификация процесса промывки имеет большое значение и с экологической точки зрения, поскольку позволяет уменьшить объем сточных вод и содержание в них вредных примесей, то есть перейти к малоотходной технологии.

Целью настоящей работы явилось продолжение исследований количественного влияния технологических факторов на интенсификацию процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации при использовании ультразвуковых колебаний, так как только на основе количественных характеристик можно рассчитать увеличение производительности промывного оборудования в результате применения ультразвука, определить снижение расхода воды на промывку и целесообразность использования выпаривания промывной воды с целью регенерации щелочи.

Нами обработаны результаты экспери-

ментальных исследований, полученных на модельной установке, включающей промывную ванну с закрепленными на днище пьезопреобразователями и питающим ультразвуковым генератором с рабочей частотой колебаний 35 кГц, потребляемой мощностью 90 Вт и амплитудой колебаний 3...5 мк. Принцип действия установки основан на возбуждении интенсивных колебаний в ультразвуковом диапазоне частот, вызывающих кавитацию в промывном растворе.

Исследования проводили на хлопчатобумажных тканях четырех артикулов: миткаль арт. 6978, бязь арт. 102, полудвунитка арт. 4800 и двунитка арт. 6863, отличающихся поверхностной M плотностью: миткаля 101 г/м²; бязи 145 г/м²; полудвунитки 280 г/м² и двунитки 340 г/м².

В промывную ванну помещали ткань, закрепленную на проволочном цилиндрическом каркасе, установленном на оси мешалки, соединенной с электродвигателем постоянного тока, позволяющим плавно регулировать скорость вращения мешалки. Ткань размещалась на каркасе таким образом, что все ее точки находились на одинаковом расстоянии от оси вращения. Изменение расстояния от ткани до источника ультразвука для легких и тяжелых шерстяных и хлопчатобумажных тканей показывает, что в зависимости от мощности установки оптималь-

ным является расстояние 5...30 мм [3]. В описываемых исследованиях это расстояние составляло 5 мм.

В результате предварительных экспериментов показано, что кривые кинетики промывки ткани на лабораторной установке с мешалкой (без включения ультразвука) и на лабораторной модели современной высокоскоростной башенной промывной машины (для одинаковых условий процесса) находятся в хорошем соответствии друг с другом.

С целью оценки эффективности исполь-

зования ультразвуковых колебаний при промывке исследования проводили при движении ткани относительно промывной воды с линейной V скоростью 100 м/мин при действии ультразвука, но без движения ткани; при движении ткани и действии ультразвука. При этом модуль M_B ванны изменялся от 100 до 500.

Некоторые полученные результаты исследований процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации представлены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	τ , с	0	120
Миткаль арт. 6978 $M_B = 100$, $V = 100$ м/мин			
1	C' , кг/кг	203,9	29,4
Миткаль арт. 6978 $M_B = 100$, $V = 100$ м/мин, ультразвук			
2	C' , кг/кг	181,6	25,8
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100$, $V = 100$ м/мин			
3	C' , кг/кг	187,3	49,6
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100$, $V = 100$ м/мин, ультразвук			
4	C' , кг/кг	181,5	36,4
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100$, ультразвук			
5	C' , кг/кг	167,3	53,2
Двунитка арт. 6863 $M_B = 500$, $V = 100$ м/мин			
6	C' , кг/кг	169,4	47,5
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100$, $V = 500$ м/мин, ультразвук			
7	C' , кг/кг	166,2	37,7

Каждое значение концентрации щелочи в ткани C' , кг/кг представляет собой среднеарифметическое двух измерений.

Для количественной оценки степени интенсификации процесса промывки на основе данных табл.1 определяли параметры обобщенного уравнения массопередачи ОУМ [2]:

$$\tau = \frac{M}{\beta} \ln \left[\frac{(C'_n - C')(A - B)}{(C'_n - A)(C' - B)} \right], \quad (1)$$

где τ – время промывки, с; C' , C'_n – соответственно текущая и начальная концентрация щелочи в ткани, кг/кг; A и B – соответственно начальная и конечная равновесные концентрации щелочи в ткани, кг/кг; β – коэффициент массопередачи, г/(м²·с); β/M – относительный коэффициент массопередачи, с⁻¹.

Определение параметров ОУМ (1) проводили по методике [2].

Проверку адекватности ОУМ полученным экспериментальным данным с использованием найденных параметров уравнения осуществляли путем определения среднеквадратичного отклонения концентрации щелочи в ткани, рассчитанной по ОУМ, от экспериментально найденной концентрации.

Концентрацию щелочи в ткани рассчитывали по уравнению, полученному в результате алгебраического преобразования (1):

$$C'_{\text{расч}} = (C'_n + \varphi B) / (1 + \varphi), \quad (2)$$

где

$$\varphi = \frac{(C'_n - A)}{(A - B)} \exp(\tau\beta/M),$$

а относительное среднеквадратичное отклонение в процентах вычисляли по формуле

$$S = 100 \sqrt{\sum_{i=1}^N [(C'_{\text{ср.}i} - C'_{\text{расч.}i}) / C'_{\text{ср.}i}]^2 / N}, \quad (3)$$

где i – порядковый номер точки на кинетической кривой.

Эффективность использования ультразвуковых колебаний определяли по сокращению продолжительности процесса промывки на комбинированной установке, то есть с применением ультразвука и при движении ткани по сравнению с продолжительностью промывки ткани в установке с движущейся тканью, но без ультразвукового воздействия до одинаковой остаточной концентрации щелочи в ткани C'_k . В связи с тем, что остаточная концентрация щелочи в ткани на комбинированной установке не совпадает с остаточной концентрацией на установке с мешалкой, продолжительность промывки на комбинированной установке, соответствующую указанной концентрации, определяли в результате расчета по уравнению (1).

Параметры ОУМ для определения расчетного времени промывки или текущего значения концентрации щелочи в ткани приведены в табл. 2 для всех видов тканей, указанных в табл. 1.

Таблица 2

№ кривой	1	2	3	4	5	6	7
А	104,56	107,43	92,6	95,19	93,80	58,60	61,25
В	45,41	40,18	29,48	40,00	30,54	15,00	20,90
$(\beta / M) \cdot 10^2$	2,11	2,09	2,25	2,08	2,29	1,08	1,97

Относительные S , % среднеквадратичные отклонения расчетной и экспериментальной концентраций для этих же кривых кинетики промывки представлены в табл. 3.

Таблица 3

№ кривых	1	2	3	4	5	6	7
S , %	2,44	3,38	2,44	1,85	5,41	6,59	2,74

Продолжительность процесса промывки в комбинированной установке при наложении ультразвуковых колебаний и относительное сокращение продолжительности промывки

$\Delta\tau$ по отношению к установке без интенсификатора, например, составили:

при промывке ткани двунитка арт. 6863:
 при модуле 100 $\tau_{\text{ыз}} = 68,35$ с, $\Delta\tau = 43,0$ %;
 при модуле 500 $\tau_{\text{ыз}} = 79,1$ с, $\Delta\tau = 34,1$ %;
 при промывке миткала арт. 6978:
 при модуле 100 $\tau_{\text{ыз}} = 91$ с, $\Delta\tau = 24,2$ %.

Из приведенных данных видно, что при постоянной суммарной массе ткани и промывного раствора модуль ванны, при котором достигается максимальное повышение эффективности промывки, снижается с повышением поверхностной плотности ткани.

Получено степенное уравнение зависимости относительного $\Delta\tau$ сокращения продолжительности процесса промывки при воздействии ультразвуковых колебаний с частотой 35 кГц от модуля M_B ванны и поверхностной M плотности ткани. При этом факторы M_B и M представлены в форме безразмерных симплексов $(M_B / M_{\text{вст}})$ и $(M / M_{\text{ст}})$, где $M_{\text{вст}}$ и $M_{\text{ст}}$ – значения величин M_B и M , принятые в качестве стандартных: $M_{\text{вст}} = 100$ и $M_{\text{ст}} = 100$ г/м².

Уравнение связи в форме степенной зависимости:

$$\Delta\tau = a_0 (M_B / M_{\text{вст}})^{a_1} (M / M_{\text{ст}})^{a_2}, \% \quad (4)$$

С использованием приведенных выше условий проведения эксперимента и рассчитанных значений $\Delta\tau$ в результате логарифмической анаморфозы уравнения (4) получена система трех линейных уравнений:

$$\begin{aligned} 43,0 &= \ln a_0 + a_1 \ln 1 + a_2 \ln 3,6, \\ 34,1 &= \ln a_0 + a_1 \ln 5 + a_2 \ln 3,6, \\ 24,2 &= \ln a_0 + a_1 \ln 1 + a_2 \ln 1,01. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате решения этой системы имеем следующие значения параметров уравнения (4):

$$a_0 = 24,99; \quad a_1 = -0,144; \quad a_2 = 0,452.$$

Коэффициент корреляции при использовании уравнения (4) $r = 0,994$.

Получено уравнение, позволяющее прогнозировать степень интенсификации процесса промывки (то есть сокращение продолжительности) хлопчатобумажных тканей после мерсеризации под действием ультразвуковых колебаний в зависимости от поверхностной плотности ткани и от модуля промывной ванны. Результаты исследований могут быть использованы при сравнительном анализе ультразвукового оборудования с различными рабочими параметрами.

1. *Сажин Б.С. и др.* Процессы промывки тканей и методы их интенсификации. – М.: Легкая промышленность, 1984.
2. *Сажин Б.С. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 4. С.61...64.
3. *Копелева М.К., Чернышев Б.В.* Влияние технологических параметров и технических характеристик ультразвукового оборудования на степень интенсификации процесса промывки // Тез. докл.: «Текстиль - 99». – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2000.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 01.11.01.
