

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### MODELING OF THE COMPOSITION FOR THE ANTIMICROBIAL FINISHING OF CELLULOSIC TEXTILE MATERIALS

*С.М. РАХИМОВА, Б.Р. ТАУССАРОВА*  
*S.M. RAKHIMOVA, B.R. TAUSSAROVA*

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: s.rahimova@atu.kz

*Статья посвящена определению оптимального состава композиции для придания антимикробных свойств целлюлозным текстильным материалам методом математической статистики. Результаты математической обработки позволили определить оптимальные концентрации аппретирующей композиции для заключительной отделки текстильных материалов.*

*The article is devoted to the determination of the optimal composition of a dressing coating for imparting antimicrobial properties to cellulosic textile materials using mathematical statistics. The results of the mathematical processing allowed to determine the optimum concentrations of the dressing composition for final finishing of textile materials.*

**Ключевые слова:** моделирование, оптимизация, математическая обработка, оптимальные концентрации, антимикробная отделка.

**Keywords:** modeling, optimization, mathematical processing, optimal concentration, antimicrobial treatment.

Ранее в работах [1], [2] была представлена информация по разработанному составу для придания антимикробных свойств целлюлозным текстильным материалам на основе поливинилового спирта, салициловой кислоты, сульфата меди и мочевины.

Совокупность данных, полученных экспериментальным путем, среди которых рабочие концентрации компонентов антимикробного препарата, микробиологическая обсемененность, разрывная нагрузка, были обработаны методами математической статистики [3], [4].

Целью математической обработки результатов эксперимента явилась оптимиза-

ция состава для антимикробной отделки целлюлозного текстильного материала.

Предварительно была проведена проверка результатов для исключения грубых ошибок [3], которая подтвердила корректность проведенных исследований и высокую точность использованных методик.

Следующим этапом в математической обработке явилось решение оптимизационных задач, направленное на нахождение оптимальных значений варьируемых факторов.

Исследовалось влияние антимикробной отделки на функционально-технологические и механические свойства целлюлозного текстильного материала. На основа-

нии полученных экспериментальных данных необходимо было выбрать наилучший вариант состава антимикробной отделки, обеспечивающий оптимальное значение целевых функций (критериев оптимизации).

В качестве регулируемых факторов были выбраны следующие параметры: концентрация салициловой кислоты, г/л; концентрация мочевины, г/л и концентрация сульфата меди, г/л.

Введены обозначения для выбранных параметров, а также наложены ограничения, определяющие область допустимых значений локальных критериев оптимальности.

Регулируемые факторы (переменные):

X1 – концентрация салициловой кислоты, г/л;

X2 – концентрации мочевины, г/л;

X3 – концентрации сульфата меди, г/л.

Критерии оптимальности (целевые функции):

Y1 – показатели микробиологической обсемененности, количество клеток;

Y2 – показатели разрывной нагрузки, Н;

Y3 – воздухопроницаемость,  $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Условиями оптимальности целевых функций являются:

Y1 → min;

Y2 → max;

Y3 → max.

Оптимизация проводилась для каждой целевой функции в отдельности. В табл. 1 представлены экспериментальные уровни варьируемых факторов.

Таблица 1

№ уровня	Управляемые факторы		
	X1, г/л	X2, г/л	X3, г/л
1	2	4	1
2	4	4	2
3	6	4	3

Формализованную математическую зависимость получили в виде суммы нелинейных функций:

$$Y = \sum_{i=1}^n F_i(X_i). \quad (1)$$

Диапазоны варьирования факторов были взяты из собственных исследований. План реализации эксперимента составлен на основе ортогональных квадратов. Расширенная матрица планирования приведена в табл. 2.

Таблица 2

№	X1	X2	X3	Y1	Y1 <sub>ср</sub>	Y2	Y2 <sub>ср</sub>	Y3	Y3 <sub>ср</sub>
1	2	4	2	3000	3125	330	297,5	180	180
2	2	4	1	3500		280			
3	2	4	3	2500		300			
4	2	4	1	3500		280			
5	4	4	1	500	125	380	370	180	180
6	4	4	3	0		365			
7	4	4	3	0		365			
8	4	4	2	0		370			
9	6	4	2	0	0	370	366,75	180	180
10	6	4	1	0		360			
11	6	4	2	0		367			
12	6	4	3	0		370			
Среднее значение				1083,3		344,75		180	

Уравнения, содержащие фактор каждого уровня:

$$\begin{aligned} Y_1 &= F_1(X1_j) + F_2(X2_j) + F_3(X3_j), \\ Y_2 &= F_1(X1_j) + F_2(X2_j) + F_3(X3_j), \\ Y_3 &= F_1(X1_j) + F_2(X2_j) + F_3(X3_j), \\ Y_4 &= F_1(X1_j) + F_2(X2_j) + F_3(X3_j), \\ Y_5 &= F_1(X1_j) + F_2(X2_j) + F_3(X3_j). \end{aligned}$$

Для каждого критерия оптимальности определено среднее значение:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i. \quad (2)$$

Найдено среднее значение критериев оптимальности для *i*-го фактора на *j*-м уровне:

$$Y_{ij} = \frac{k}{N} \sum_{i=1}^{N/k} Y_{u_{ij}}. \quad (3)$$

где *N* – число опытов в плане; *k* – количество факторов.

Рассчитаем эффект *i*-го фактора на *j*-м уровне, для каждого фактора по числу уровней:

$$\Theta_{ij} = Y - Y_{ij}.$$

При этом соблюдено необходимое условие равенства суммы эффектов на каждом уровне нулю, что говорит о корректности составленного плана эксперимента. Результаты расчетов представлены в табл. 3...5: влияние управляемых факторов на показатели микробиологической обсемененности (табл. 3); на показатели разрывной нагрузки (табл. 4); на воздухопроницаемость ткани (табл. 5).

Таблица 3

Факторы		Уровень целевой функции			
		1	2	3	4
X1	г/л	2	4	6	***
	$\Theta_{ij}$	0,30667	-0,0058	-0,2008	
X2	г/л	4	4	4	4
	$\Theta_{ij}$	-0,1633	0,08	-0,0767	-0,1667
X3	г/л	1	2	3	***
	$\Theta_{ij}$	0,15167	-0,0883	-0,0633	

Таблица 4

Факторы		Уровень целевой функции			
		1	2	3	4
X1	г/л	2	4	6	***
	$\Theta_{ij}$	0,03667	0,00667	-0,0433	
X2	г/л	4	4	4	4
	$\Theta_{ij}$	0,145	0,03167	-0,145	0,03167
X3	г/л	1	2	3	***
	$\Theta_{ij}$	0,05167	0,00667	-0,0583	

Таблица 5

Факторы		Уровень целевой функции			
		1	2	3	4
X1	г/л	2	4	6	***
	$\Theta_{ij}$	0,51	-0,175	-0,535	
X2	г/л	4	4	4	4
	$\Theta_{ij}$	0,0516	0,2436	0,14771	-0,0635
X3	г/л	1	2	3	***
	$\Theta_{ij}$	0,0125	-0,0811	0,1875	

Графическая интерпретация результатов обработки экспериментальных данных представлена на рис. 1...3 (рис. 1 – влияние концентрации салициловой кислоты на межфакторные эффекты целевых функций; рис. 2 – влияние концентрации сульфата меди на межфакторные эффекты целевых

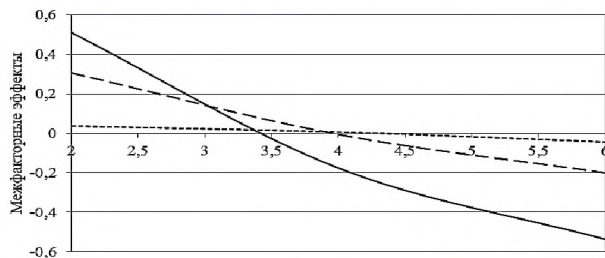


Рис. 1

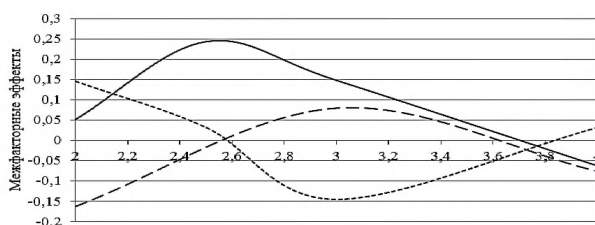


Рис. 3

Оптимальные параметры целевых функций, представленные на рисунках в виде зависимостей  $\mathcal{E}_{ij} = F(X_i)$ , следует искать в области минимизации межфакторных эффектов для всех целевых функций, при условии  $\mathcal{E}_{ij} \rightarrow 0$ .

## ВЫВОДЫ

Как видно из рис. 1...3, применение методов математической статистики позволило установить оптимальный состав антимикробной отделки. Наиболее рациональное значение концентрации салициловой кислоты составило 4 г/л, значение концентрации мочевины – 4 г/л, значение концентрации сульфата меди – 2 г/л. При таком составе антимикробной отделки выполняются заданные условия оптимальности целевых функций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимова С.М., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Буркитбай А. Разработка композиционного

функций; рис. 3 – влияние количества мочевины на межфакторные эффекты целевых функций: — — — антимикробные показатели, кол-во клеток; - - - - разрывная нагрузка, Н; ———— - воздухопроницаемость,  $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ).

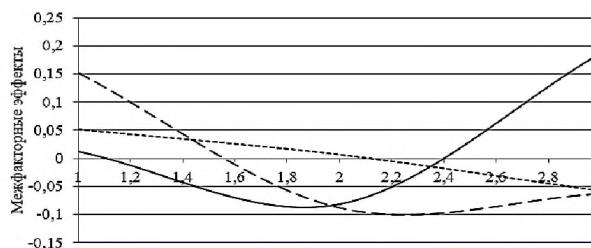


Рис. 2

состава для придания антимикробных свойств хлопчатобумажной ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С.75...78.

2. Патент РК № 29451. Состав для придания антимикробных свойств целлюлозным текстильным материалам / Рахимова С.М., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Буркитбай А. – Оpubл.16.02.2015, бюл.№2.

3. Рахимова С.М., Логинова Л.В., Таусарова Б.Р. Определение оптимальных концентраций компонентов аппрета для антимикробной отделки хлопчатобумажной ткани // Вестник Алматинского технолог. ун-та. – 2015, №4(109). С.102...104.

4. Сautin С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: Химия, 1975.

## REFERENCES

1. Rahimova S.M., Tausarova B.R., Kutzhanova A.Zh., Burkitbaj A. Razrabotka kompozicionnogo sostava dlja pridanija antimikrobnih svojstv hlochatobumazhnoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №3. S.75...78.

2. Patent RK № 29451. Sostav dlja pridanija antimikrobnih svojstv celljuloznym tekstil'nym materialam / Rahimova S.M., Tausarova B.R., Kutzhanova A.Zh., Burkitbaj A. – Opubl.16.02.2015, bjul.№2.

3. Rahimova S.M., Loginova L.V., Tausarova B.R. Opredelenie optimal'nyh koncentracij komponentov appreta dlja antimikrobnaj otdelki hlochatobumazhnoj tkani // Vestnik Almatinskogo tehnolog. un-ta. – 2015, №4(109). S.102...104.

4. Sautin S.N. Planirovanie jeksperimenta v himii i himicheskoj tehnologii. – L.: Himija, 1975.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 21.09.17.