

4. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
5. СНиП 2.11.03-93. Строительные нормы и правила. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2011. – 46 с.
6. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ. 2001. – 472 с.

УДК 677.46.494:536.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МИКРЮКОВА О.Н., аспирант, ЛИПАТОВА Л.А., аспирант,
ЗМЕЕВА Е.Д., аспирант, СУББОТИНА Е.В., магистрант, ЗЮЛИН А.А., магистрант,
БЕСШАПОШНИКОВА Н.В., ассистент, БЕСШАПОШНИКОВА В.И., профессор

Московский государственный университет дизайна и технологии,
Российский государственный социальный университет,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: моделирование, оптимизация, текстильные материалы, модификация, замедлители горения, свойства, показатели горючести.

Реферат: в работе представлены результаты поиска эффективного способа модификации целлюлозных текстильных материалов с применением математических методов моделирования эксперимента. Определены оптимальные параметры процесса модификации пропиткой с плюсованием хлопчатобумажной ткани замедлителем горения афламмитом KWB, которые обеспечивают устойчивый огнезащитный эффект с кислородным индексом 27,9-28,2 % об.

На протяжении тысячелетий не ослабевает интерес человечества к хлопчатобумажным тканям. Их природные свойства: высокая гигроскопичность, мягкость, прочность делают их привлекательными для изготовления как изделий бытового (одежда и постельное белье, мебельные и гардинные ткани и др.), так и технического (брезенты, канаты, тенты и т.п.) назначения. Существенным недостатком тканей является горючесть, кислородный индекс не превышает 17-18 % об. В большинстве стран мира приняты законы, запрещающие применение горючих текстильных материалов для отделки помещений и транспорта, в производстве некоторых товаров бытового назначения (одежда для пожилых людей, постельное белье и для других целей) и спецодежды. Поэтому проблема снижения горючести целлюлозных материалов имеет первостепенное значение.

Улучшение функциональных характеристик текстильных материалов или придание им новых свойств путем модифицирования за счет незначительного изменения или дополнения базовой технологии требует значительно меньших материальных затрат и времени, чем создание принципиально новых видов волокон. Поэтому модификация является одним из основных способов придания текстильным материалам специфических свойств, в том числе огнезащитных. Важным вопросом в производстве огнезащитных текстильных материалов является выбор оптимальных путей и методов модификации [1, 2].

В качестве объекта исследования выбрали суровую расшлихтованную хлопчатобумажную ткань арт. 210, поверхностной плотности 110 г/м². Для огнезащитной модификации использовали фосфоразотсодержащий органический замедлитель горения (ЗГ) - Афламмит KWB. В качестве катализатора вводили 70-75% фосфорную кислоту H₃PO₄. Модификацию осуществляли методом пропитки с плюсованием. Замедлитель горения разбавляли дистиллированной водой до требуемой концентрации антипирена в пропиточном растворе. Избыток раствора отжимали, и ткань высушивали до содержания влаги 8%. Затем образцы подвергали термообработке при температуре 150-170 °С в течение 2-10 мин. Модифицированную ткань подвергали промывке холодной водой с

последующей окончательной сушкой. Готовые образцы взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,001. Привес замедлителя горения в структуре ткани определяли по разности веса пробы до и после модификации. Показатели горючести и физико-механических свойств определяли по стандартным методикам.

Для выявления эффективных параметров процесса модификации хлопчатобумажной ткани арт. 210 раствором Афламмита КWB воспользовались математическим методом моделирования - полным трехфакторным экспериментом [3]. Определены основные характеристики моделируемого процесса (таблица 1). Параметром оптимизации является показатель огнестойкости – кислородный индекс, %об.

Таблица 1 – Основные характеристики плана эксперимента

Интервалы варьирования факторов	Факторы		
	x ₁ -концентрация, мл/л	x ₂ -температура, °С	x ₃ - время, сек
X ₁₀	30	85	330
ΔX	1	5	10
dx _i	20	25	270
X _{i max}	50	110	600
X _{i min}	10	60	60

В результате экспериментирования получена математическая модель, уравнение регрессии вида:

$$y = 28,14 + 2,29 x_1 + 1,68 x_2 + 0,89 x_3 + 0,5 x_1 x_2 - 0,33 x_2 x_3 + 0,23 x_1 x_2 x_3, \quad (1)$$

которое позволяет управлять процессом огнезащитной модификации текстильных полотен фосфорсодержащим замедлителем горения афламмитом КWB и получать хлопчатобумажных тканей с разной степенью огнезащиты с учетом предъявляемых требований и назначения изделий.

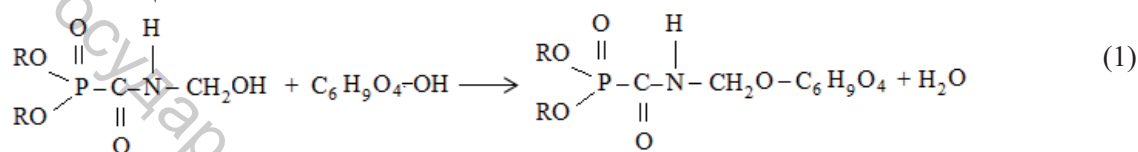
Симплексным методом определены оптимальные параметры процесса модификации пропиткой с плюсованием хлопчатобумажной ткани афламмитом КWB: концентрация замедлителя горения афламмита КWB в модифицирующем растворе 33±0,2мл/л, что соответствует 20% содержанию афламмита в водном растворе пропиточной ванны; температура раствора - 95±2 °С, продолжительность пребывания текстильного материала в растворе 340±5 сек. При этих условиях достигается максимальное значение показателя горючести кислородного индекса 38-40%.

Для экспериментального подтверждения результатов математического моделирования процесса модификации афламмитом КWB поставили серию опытов, с разным содержанием антипирена в водном растворе. Результаты испытания образцов модифицированной ткани на показатель горючести показали (таблица 2), что теоретические расчеты согласуются с экспериментальными данными.

Таблица 2 – Показатели свойств модифицированной ткани до и после стирки

Показатель	20% р-р КWB без термо-обработки	20% р-р КWB T=150°С, T=5 мин	20% р-р КWB без термо-обработки	20% р-р КWB T=150°С, T=5 мин
	До стирки		После стирки	
Привес замедлителя горения в структуре ткани, %	27,2	27,0	9,8	14,6
Кислородный индекс, %об.	39,5	40,0	24,8	27,2

Однако огнезащитный эффект неустойчив к многократным стиркам, то есть модификация является поверхностной. С целью обеспечения взаимодействия замедлителя горения с целлюлозой, в модифицирующий раствор вводили от 1 до 5% фосфорной кислоты. Кроме того, пробы после сушки подвергали термообработке в течение 1-10 мин. Полученные результаты (таблица 2), свидетельствуют, что введение в модифицирующий раствор 1% фосфорной кислоты и термообработка проб в течение 2 мин обеспечивают химическое взаимодействие ЗГ с волокнообразующим полимером ткани арт. 210. О чем свидетельствует высокое значение кислородного индекса 27,2%об после многократной стирки, а также данные инфракрасной спектроскопии. В ИК спектрах образцов, модифицированного афламмитом КWB, значительно уменьшается интенсивность и площадь полос в области 3525 см^{-1} , соответствующих колебаниям валентных связей ОН групп целлюлозы. Кроме того, в структуре модифицированной ткани присутствуют полосы в области 1490 и 822 см^{-1} , характерные для афламмита КWB и свидетельствующие о присутствии фосфора в молекуле модифицированной целлюлозы, которые сохраняются после стирки, что может свидетельствовать о химическом взаимодействии афламмита КWB и целлюлозы по схеме:



Исследование влияния модификации на прочностные свойства хлопчатобумажной ткани показало, что введение в модифицирующий раствор афламмита КWB 1% фосфорной кислоты и термообработка в течение 2 мин не оказывает существенного влияния на прочностные свойства ткани.

Таким образом, в результате проведенных исследований получена математическая модель, которая позволяет управлять процессом огнезащитной модификации текстильных полотен фосфорсодержащим замедлителем горения афламмитом КWB и получать хлопчатобумажные ткани с разной степенью огнезащиты с учетом предъявляемых требований и назначения изделий.

Литература:

1. Besshaposhnikova V.I. Flameproofing modification of synthetic materials by laser radiation /Besshaposhnikova V.I., Artemenko S.E., Panova L.G., Kulikova T.V., Grishina O.A., Shteinle V.A., Zagoruiko M.V. //Fibre Chemistry .-2008 .- V. 40, № 1 .-P. 61-65
2. Бычкова, Е. В. Взаимодействие замедлителей горения с вискозным волокном / Е. В. Бычкова, Л. Г. Панова // Химические волокна. – 2013. – № 6. – С. 27-32.
3. Бешапошникова В.И. Планирование и организация эксперимента в легкой промышленности : учебное пособие / В.И. Бешапошникова. -- М. : РИО МГУДТ, 2013. – 291 с.

УДК 677.022:519.8:62.50

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ИЗНОСА И СТАРЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

¹МОНАХОВ В.В., аспирант, ¹САМОЙЛОВА Т.А., аспирант,
¹СЕВОСТЬЯНОВ П.А., профессор, ²ОРДОВ К.В., профессор

¹Московский государственный университет дизайна и технологии,
²Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
 г. Москва, Россия Федерация

Ключевые слова: износ, старение, компьютерное моделирование.

Реферат: процесс возникновения нарушений в структуре материала является вероятностным процессом. Для его изучения была построена компьютерная модель, с помощью которой можно исследовать влияние нарушений стационарности образования дефектов.