

УДК 677.026.4

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ТЕРМОСТОЙКИХ
ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ**

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY
OF EFFECTIVENESS OF FILTRATION
OF HEAT-RESISTANT FILTERING NONWOVENS
OF DIFFERENT STRUCTURE**

О.О. ЕРОФЕЕВ., Т.Е. ВОЛОЩИК., З.Ю. КОЗИНДА, С.В. КУЗЬМИН
O.O. EROFEEV, T.E. VOLOSHCHUK, Z.YU. KOZINDA, S.V. KUZMIN

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина",
ООО ПФ "Кадотекс-2000)
(Moscow State Textile University of "A.N. Kosygin";
"Kadotex-2000" Ltd.)
E-mail: office@msta.ac.ru

В работе в качестве сравнения рассматривались три термостойких фильтровальных нетканых материала различного сырьевого состава. Проведены расчеты эффективности фильтрации ТФНМ различной структуры для фракционного состава частиц от 3 до 7 мкм, результаты которых подтвердили экспериментальные данные.

This paper has considered three heat-resistant filtering nonwovens of different raw structure as comparison. The calculation of efficiency of filtering heat-resistant nonwovens of different structure for fractional structure of particles from 3 to 7 microns, which results have confirmed experimental data, have been carried out.

Ключевые слова: термостойкие фильтровальные нетканые материалы, метаарамидные волокна, эффективность фильтрации, дополнительный слой, стекловолокно.

Keywords: heat-resistant filtering nonwovens, metaaramide fibers, filtration effectiveness, additional layer, a glass fiber.

Теоретические и экспериментальные исследования процесса фильтрации направлены на установление зависимости и прогнозирование эффективности фильтра-

ции от структурных особенностей термостойких фильтровальных нетканых материалов (ТФНМ), свойств улавливаемых частиц и режима течения газа. В теории

фльтрации широко используют метод Ленгмюра, позволяющий получить указанные зависимости применительно к промышленным материалам. Наиболее полно теория фильтрации разработана для фильтровальных материалов с упорядоченным расположением волокон. При оценке ТФНМ основываются на сравнении теоретических и экспериментальных значений их фильтрующих свойств [1]. В настоящей работе для сравнения рассматривались три ТФНМ с односторонним опаливанием следующего сырьевого состава.

1. Холсты (внешние слои) и тканый каркас (внутренний слой) из метаарамидных волокон – 100%.

2. Холсты из метаарамидных волокон – 70% (внешние слои) и тканый каркас (внутренний слой) из волокон на основе полиамидбензимидазола (ПАБИ)– 30%.

3. Холсты из метаарамидных волокон – 50% (внешние слои), ПАБИ – 30% (тканый каркас), холст из стекловолокна (внутренний слой) 20% .

В качестве примера ниже приведен расчет эффективности фильтрации ТФНМ №3.

Для расчета брали следующие исходные данные: диаметр частицы $d_{\text{ч}} 5 \cdot 10^{-6}$ м; скорость потока газа $u 5$ м/с; плотность частицы $\rho_{\text{ч}} 2700$ кг/м³; поверхностная плотность ТФНМ $m_{\text{мат}} 490$ г/м²; толщина ТФНМ $H 2,0 \cdot 10^{-3}$ м; средний диаметр волокон $d_{\text{в}} 11,21 \cdot 10^{-6}$ м; средняя плотность волокон $\delta_{\text{вол}} 1,67$ г/см³; вязкость газа $\mu 18 \cdot 10^{-6}$ Н·сек/м²; абсолютная температура $T 293$ К; средняя длина свободного пробега газовых молекул $\lambda 6,5 \cdot 10^{-8}$ м; перепад давления $\Delta P 300$ Па.

Отношение размеров частиц и улавливающего тела за счет механизма касания:

$$R = \frac{r}{a} = 0,446,$$

где r – радиус частицы, м; a – радиус волокна, м.

Коэффициент диффузии частицы D м²/с определялся из соотношения:

$$D = \left(\frac{C_{\text{к}} K_{\sigma} T}{6\pi\eta r} \right) = 4,93 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2 / \text{с},$$

где K_{σ} – константа Больцмана (принимается равной $1,38 \cdot 10^{-22}$ Дж/К); T – абсолютная температура, К; $C_{\text{к}}$ – поправка Кенингема-Милликена, учитывающая повышение подвижности частиц, размер которых сравним или меньше средней длины свободного пробега газовых молекул λ (принимается $6,5 \cdot 10^{-8}$ м);

$$C_{\text{к}} = 1 + \frac{\lambda}{r} (1,257 + 0,4e^{-1,1r/\lambda}) = 1,033$$

Критерий Пекле характеризует относительную роль конвекции и диффузии в подводе частицы к поверхности цилиндра из движущегося потока газа:

$$Pe = \left(\frac{u2a}{D} \right) = 11,37 \cdot 10^5.$$

Параметр инерционного осаждения St , называемый критерием или числом Стокса, характеризует отношение инерционной силы, действующей на частицу, к гидравлической силе сопротивления среды:

$$St = \left(\frac{C_{\text{к}} \rho_{\text{ч}} d_{\text{ч}}^2 u}{18\mu\delta_{\text{вол}}} \right) = 0,960.$$

Уравнение для коэффициента захвата частиц изолированным цилиндром за счет механизмов диффузии, касания и их совместного действия:

$$P_{\text{F}} = St + 2Pe^{-1} = 0,960$$

Общую эффективность фильтрации невозможно представить в виде суммы, поскольку отдельные механизмы взаимосвязаны. Для расчета коэффициента суммарной фракционной эффективности захвата частиц в режиме вязкого обтекания изоли-

рованного цилиндра за счет совместного действия механизмов инерции и касания предложена следующую зависимость:

$$\eta_{\Sigma} = 0,16(R + (0,25 + 0,4R)P_F - 0,0263P_F^2) = 0,133.$$

Пористость материала определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\delta_{\text{мат}}}{\delta_{\text{вол}}}\right) \cdot 100\% = 85,3\%.$$

По закону улавливания частиц определяется логарифм коэффициента проскока:

$$\lg K = 2 - \frac{0,43 \cdot 2(100 - \varepsilon)H\eta_{\Sigma}}{\pi a \varepsilon} = -0,242,$$

откуда коэффициент проскока $K=0,57\%$.

Фракционная эффективность очистки:

$$\eta = 100 - 0,57 = 99,43\%.$$

Результаты расчетных и экспериментальных значений эффективности фильтрации для всех трех образцов ТФНМ представлены в табл. 1 и на рис. 1 (зависимость расчетных значений эффективности фильтрации для различного фракционного состава частиц от структуры ТФНМ).

Т а б л и ц а 1

№ образца	Эффективность фильтрации, %					экспериментальная
	теоретическая					
	3	4	5	6	7	
1	84,06	93,63	97,82	99,40	99,87	98,5
2	83,45	93,27	97,64	99,34	99,85	98,5
3	91,33	97,40	99,43	99,91	99,99	99,6

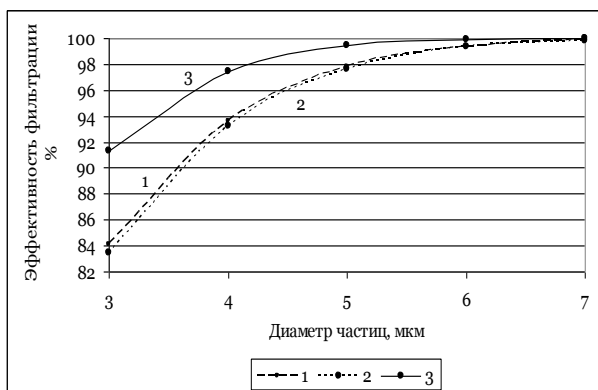


Рис. 1

Приведенные расчетные значения эффективности фильтрации ТФНМ для различного фракционного состава частиц отображают зависимость улавливания частиц от структуры ТФНМ.

Анализ расчетных и экспериментальных данных показал, что сырьевой состав тканого каркаса не влияет на общую эффективность фильтрации ТФНМ. Значения эффективностей фильтрации ТФНМ № 1 и № 2, содержащих тканые каркасы из волокон различной природы, равны и составляют 98,5%.

Использование в структуре ТФНМ дополнительного внутреннего холста из стекловолокна способствует увеличению эффективности фильтрации до 99,6 %. Расчетные данные это наглядно отображают.

Опаливание одной из поверхностей ТФНМ также способствует повышению эффективности фильтрации. Например, экспериментальное значение эффективности фильтрации ТФНМ №3 без опаливания составляет 98,7%, после одностороннего опаливания – 99,6%, позволяя рекомендовать данный ТФНМ для эксплуатации на промышленных предприятиях, где размер выбрасываемых частиц превышает 5 мкм.

ВЫВОДЫ

1. Проведены расчеты эффективности фильтрации ТФНМ различной структуры для фракционного состава частиц от 3 до 7 мкм, результаты которых подтвердили экспериментальные данные.

2. Анализ расчетных и экспериментальных данных показал, что сырьевой состав

став тканого каркаса не влияет на общую эффективность фильтрации ТФНМ.

3. Введение в структуру ТФНМ дополнительного слоя в виде холста из стекловолокна и опаливание одной из поверхностей ТФНМ повышает эффективность фильтрации и позволяет рекомендовать данный ТФНМ для эксплуатации на промышленных предприятиях, где размер выбрасываемых частиц превышает 5 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ужов В.Н. и др. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов МГТУ им. А.Н. Косыгина.. Поступила 16.12.12.
