

УДК 687.01

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПЫЛЬЮ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**EXPERIMENTAL STUDY
OF POLLUTION OF TEXTILE MATERIALS
BY DUST OF FINE-POWDERED POWDER MATERIALS**

*Л.Ф. НЕМИРОВА¹, С.Н. ЛИТУНОВ¹, С.Ш. ТАШПУЛАТОВ²,
И.В. ЧЕРУНОВА³, Ч.Т. КОЧКОРБАЕВА⁴, Г.И. МАХМУДОВА⁵*

*L.F. NEMIROVA¹, S.N. LITUNOV¹, S.SH. TASHPULATOV²,
I.V. CHERUNOVA³, CH.T. KOCHKORBAEVA⁴, G.I. MAKHMUDOVA⁵*

¹ООО "МИНСП", Омский государственный технический университет, Россия,

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

³Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)

Донского государственного технического университета, Россия,

⁴Ошский технологический университет, Республика Кыргызстан,

⁵Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)

¹MINSP LLC, Omsk State Technical University, Russia,

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,

³Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University, Russia,

⁴Osh Technological University, Republic of Kyrgyzstan,

⁵M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: luba.nemirova@mail.ru,

В статье изложены результаты экспериментального исследования текстильных материалов, загрязненных промышленной пылью. Предложена методика и разработано устройство для получения загрязненных образцов

путем фильтрации через них газовой среды, содержащей частицы тонкоизмельченных порошкообразных материалов. Для нетканого полотна и тканей, применяемых для изготовления одежды специального назначения, определены показатели удерживающей способности при загрязнении веществами, различающимися по составу и свойствам.

The article presents the results of an experimental study of textile materials contaminated with industrial dust. A technique is proposed and a device is developed for producing contaminated samples by filtering through them a gaseous medium containing particles of finely divided powder materials. For non-woven fabric and fabrics used for the manufacture of special-purpose clothes, the retention indices for contamination with substances differing in composition and properties are determined.

Ключевые слова: одежда специального назначения, загрязнение, пыль, текстильный материал, удерживающая способность.

Keywords: special clothing, pollution, dust, textile material, retention capacity.

Развитие многих областей современной промышленности сопровождается значительным увеличением приготовления и применения тонкоизмельченных порошкообразных материалов. Пыль представляет собой дисперсную систему с газообразной дисперсионной средой и твердой дисперсной фазой. Конкретный вид пыли характеризуется определенными физико-химическими свойствами, такими как плотность, смачиваемость, слипаемость, удельное электрическое сопротивление, взрываемость, абразивность и др. [1], [2]. Для получения обоснованных решений материалов и одежды специального назначения, применяемой в технологических процессах, необходимы сведения о физико-химических свойствах текстильных материалов, загрязненных определенными видами промышленной пыли. Так, наличие в материале пыли, характеризующейся высокой смачиваемостью, изменяет эффективность влажных материалов, а абразивные свойства учитывают для обоснованного выбора толщины материала и мер по предупреждению его износа.

Между тем стандартизованные методы не предполагают исследование образцов материалов, загрязненных пылью, а предусматривают оценку одежды специального назначения по пылепроницаемости текстильных материалов и швов [3].

На основе совокупности работ, выполненных авторами [1], [2], [4...7], было предложено использовать в оценке загрязнения текстильных материалов пылью характеристики: удельная масса пыли, содержащейся в образце, (г/м^2) и удерживающая способность (г/м^2) – максимальная масса пыли, которую может удержать в своей структуре материал, при определенном перепаде давления (ΔP). Эти характеристики применимы как для оценки надежности и долговечности материала, так и прогнозирования жизненного цикла одежды специального назначения. Показатели удерживающей способности получают как гравиметрическую характеристику в процессе фильтрации воздуха, содержащего пыль, через текстильный материал.

Целью исследования является разработка технологических решений в области материалов и одежды специального назначения, применяемой в технологических процессах, сопровождающихся значительным количеством пыли. Объект исследований – текстильные материалы, загрязненные промышленной пылью. Предмет исследований – изменение физико-химических свойств материала в зависимости от количества удержанной пыли.

Была изготовлена лабораторная установка, в которой газообразную дисперсную среду, содержащую порцию порошкооб-

разного материала, просасывали по трубе диаметром 30 мм через образец текстильного материала. Установка позволяет проводить испытания при определенных параметрах. Перепад давления в трубе измеряли вакууметром DVR 2рго (Германия). При проведении экспериментов перепад давления составлял от 1,7 до 2,8 КПа.

Для образца определяли удельную массу удержанной пыли (г/м^2), как разность массы образца до и после испытания, отнесенную к площади загрязненного участка. Массу измеряли на электронных весах марки OHAUS модель PIONEER (Китай), дискретность 0,001 г, класс точности II. Площадь образцов составляла $S=0,0049 \text{ м}^2$, площадь загрязненного участка $S=0,0028 \text{ м}^2$.

В качестве образцов были использованы ткани, рекомендуемые для изготовления специальной одежды для защиты от механических воздействий и общепромышленных загрязнений:

– смешанные ткани (хлопок/полиэфир) типа "Грета", производство Китай; поверхностная плотность от 210 до 410 г/м^2 ;

– хлопчатобумажная ткань молескин, производства "Нордтекс", РФ; поверхностная плотность 270 г/м^2 ;

– хлопчатобумажная ткань диагональ саржевого переплетения, производство Рес-

публики Узбекистан, поверхностная плотность 360 г/м^2 .

А также экспериментальное нетканое полотно (волокна льна/полиэфир), поверхностная плотность 100 г/м^2 , произведенное по заказу ООО "Леном", РФ, которое было исследовано в качестве фильтрующей среды [4].

В качестве загрязняющего вещества использованы тонкоизмельченные порошкообразные материалы:

– технический углерод серии OMCARB® P-110 (произведен ООО "Омсктехуглерод"), применяемый для производства печатных красок и полимерных суперконцентратов; насыпная плотность сухой смеси: $0,345 \pm 0,02 \text{ кг/дм}^3$;

– Ceresitt CE33 состоит из цемента, минеральных заполнителей, пигментов для цвета и полимерных модификаторов. Насыпная плотность сухой смеси: $1,0 \pm 0,1 \text{ кг/дм}^3$.

В результате проведенных опытов были получены образцы тканей и нетканого полотна, загрязненные техническим углеродом и Ceresitt CE33 с различным количеством удержанного загрязняющего вещества. Для этого в опытах изменяли массу порции загрязняющего вещества, просасываемого через трубу, а следовательно, и его количество в воздушной среде.

Т а б л и ц а 1

Масса порции технического углерода в испытании, г	Масса образца, г		Масса удержанного углерода, г		Удельная масса загрязняющего вещества, г/м^2	
	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
0,250	0,500	0,490	0,024	0,006	8,571	2,143
0,250	0,523	0,508	0,027	0,004	9,643	1,429
0,150	0,507	0,445	0,016	0,003	5,714	1,071
0,100	0,471	0,487	0,009	0,002	3,214	0,714
0,050	0,557	0,488	0,008	0,001	2,857	0,357

Т а б л и ц а 2

№ образца	Поверхностная плотность, г/м^2	Удельная масса удержанного загрязняющего вещества, г/м^2
1	220	77,1
2	250	46,0
3	260	80,2
4	300	86,3
5	410	79,2

Наименование ткани	Загрязняющее вещество	Масса порции в испытании, г	Масса образца, г	Масса вещества, удержанного в образце, г	Удельная масса загрязняющего вещества, г/м ²
Диагональ	Технический углерод серии P110	0,100	1,743	0,005	1,63
		0,550	1,821	0,017	6,08
	Ceresitt CE33	0,550	1,802	0,197	69,59
Молескин	Технический углерод серии P110	0,550	1,321	0,014	4,88
		Ceresitt CE33	0,550	1,385	0,143

Результаты испытаний приведены в табл. 1 (результаты экспериментального исследования льносодержащего нетканого полотна по загрязнению техническим углеродом серии P110), в табл. 2 (результаты экспериментального исследования ткани типа "Грета" по загрязнению Ceresitt CE33), в табл. 3 (статистические результаты экспериментального исследования образцов ткани диагональ и молескин по загрязнению техническим углеродом серии P110 и Ceresitt CE33) и на рис. 1 (график зависимости массы технического углерода, удержанного образцами в двухслойном пакете из нетканого полотна). На рис. 2 представлено изображение лицевой поверхности загрязненных образцов. Увеличенное изображение нетканого полотна (рис. 2-б) получено с помощью зондового микроскопа JEOL JSM-5700.

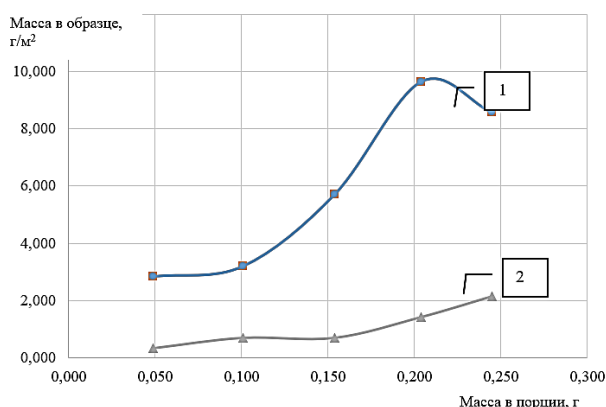


Рис. 1

В результате проведенных испытаний для нетканого полотна установлено, что его удерживающая способность составляет 10 г/м² (рис. 1 – точка А), что связано с обра-

зованием на поверхности слоя загрязняющего вещества, так называемого кейка, после чего на поверхности образуется агломерация частиц углерода, не связанная со структурой материала. На графике (рис. 1) можно видеть, что в этом интервале, за счет изменения массы загрязняющего вещества, могут быть получены образцы, содержащие различное количество загрязняющего вещества. В данном образце удельная масса технического углерода, удержанного в образцах, составила от 0,360 до 9,700 г/м².

Удельная масса вещества Ceresitt, удержанная образцами ткани, значительно выше, чем масса технического углерода. У образцов ткани типа "Грета" ее величина равна от 70 до 86 г/м², (табл. 2), меньшее значение (46 г/м²) у образца №2 обусловлено наличием пропитки. Для хлопчатобумажных тканей удельная масса составила (табл. 3): диагональ – 69,59 г/м², молескин – 51,70 г/м². Они удерживают значительно меньше технического углерода: 6,08 г/м² и 4,88 г/м² соответственно.

Такие различия объясняются составом и свойствами загрязняющего вещества: насыпная масса Ceresitt CE33 равна 1,0 кг/дм³ и в 3 раза превышает насыпную массу технического углерода серии P110. Кроме того, Ceresitt, в силу своего назначения, характеризуется высокой липкостью, на поверхности образцов образуется плотная устойчивая агломерация из его частиц.

В загрязненных образцах нетканого полотна во всех опытах отмечено изменение окраски как лицевой, так и изнаночной стороны (рис. 2-г), что свидетельствует об удержании частиц не только лицевой поверхностью (рис. 2-б), но и структурой ма-

териала. У тканей картина загрязнения поверхности несколько иная: значительная часть пыли оседает на лицевой поверхности (рис. 2-а, рис. 2-в), цвет изнаночной стороны практически не изменяется. Это характерно как для загрязнения техническим углеродом, так и для загрязнения Ceresitt CE33.

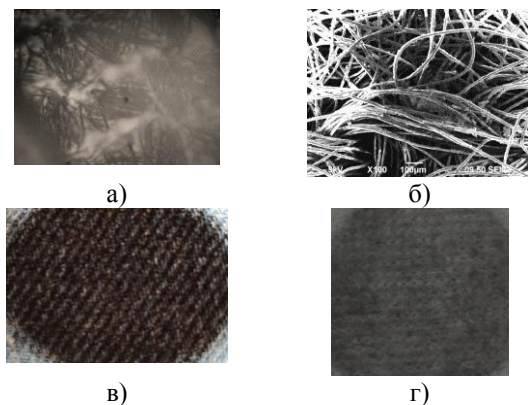


Рис. 2

В результате проведенных исследований были получены образцы материалов, загрязненные пылью тонкоизмельченных порошкообразных материалов, которые пригодны для дальнейшего исследования изменения физико-химических свойств загрязненных материалов. как-то паропроницаемости, устойчивости к истиранию, степени очистки, а также подбора эффективных способов очистки специальной одежды от пыли.

ВЫВОДЫ

Предложена методика и разработано устройство для получения образцов текстильных материалов, загрязненных пылью. В качестве характеристики загрязнения материала использованы удельная масса пыли, содержащейся в образце, ($\text{г}/\text{м}^2$) и удерживающая способность ($\text{г}/\text{м}^2$).

Для образца нетканого полотна была получена зависимость удельной массы технического углерода серии P110, удержанной в образце, от ее количества в газообразной дисперсной среде, пропущенной через образец. Установлено, что изменение массы пыли в дисперсной газовой среде и числа слоев материала в пакете позволяют получать образцы с различной степенью загряз-

нения и определить показатель удерживающей способности материала.

Исследовано загрязнение образцов тканей, используемых для производства одежды специального назначения, техническим углеродом серии P110 и Ceresitt CE33. Определены показатели удерживающей способности и установлено, как на результат удержания пыли влияет структура текстильного материала и свойства загрязняющего вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ташпулатов С.Ш., Расулова М.К.* Исследования по обеспечению эксплуатационной надежности спецодежды по программе импортозамещения // Сб. науч. тр. ВНИИ: Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг, (21-22 марта 2019), ИСОиП (филиал) ДГТУ. – 2019. С.76...79.

2. *Кочкорбаева Ч.Т., Черунова И.В., Немирова Л.Ф., Ташпулатов С.Ш.* Лабораторные исследования тождологии износа специальной одежды и разработка способов повышения их износостойкости // Наука. Образование. Техника, КУУ. – 2019, №2. С.93...98.

3. ГОСТ Р 12.4.289–2013 ССБТ. Одежда специальная для защиты от нетоксичной пыли. Технические требования.

4. *Коузов П.А., Скрязина Л.Я.* Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. – Л.: Химия, 1983.

5. *Nemirova L.F., Shtabnova V.L., Litunov S.N., Filkin N.Y.* Experimental studies of flax-containing nonwoven fabric properties as a filter material, in Oil and gas engineering (OGE 2017) Omsk State Technical University, Russian Federation, 25-24 April 2017. Procedia Engineering. – V. 152, 2017. P. 270...275.

6. *Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V., Merkulova A.V., Cherunov P.V.* Study of the structural and acoustic protection of human // International Journal of Applied Engineering Research. – Vol.10, №19, 2015. P. 40506...40512.

7. *Черунова И.В., Стефанова Е.Б., Князева С.В., Медведева О.П., Юстина Н.И.* Исследование поверхностных свойств волокнистых материалов с учетом климатических условий средовых пространств строительных объектов // Инженерный вестник Дона. – 2018, №3. URL ivdon.ru/magazine/archive/n3y2018/5164.

REFERENCES

1. *Tashpulatov S.Sh., Rasulova M.K.* Issledovaniya po obespecheniyu ekspluatatsionnoy nadezhnosti spetsodezhdy po programme importozameshcheniya // Sb. nauch. tr. VNIIPK: Tekhnicheskoe regulirovanie: bazovaya osnova kachestva materialov, tovarov i uslug,

(21-22 marta 2019), ISOiP (filial) DGTU. – 2019. S.76...79.

2. Kochkorbaeva Ch.T., Cherunova I.V., Nemirova L.F., Tashpulatov S.Sh. Laboratornye issledovaniya topologii iznosa spetsial'noy odezhdy i razrabotka sposobov povysheniya ikh iznosostoykosti // Nauka. Obrazovanie. Tekhnika, KUU. – 2019, №2. S.93...98.

3. GOST R 12.4.289–2013 SSBT. Odezhda spetsial'naya dlya zashchity ot netoksichnoy pyli. Tekhnicheskie trebovaniya.

4. Kouzov P.A., Skryabina L.Ya. Metody opredele-niya fiziko-khimicheskikh svoystv promyshlennykh pyley. – L. : Khimiya, 1983.

5. Nemirova L.F., Shtabnova V.L., Litunov S.N., Filkin N.Y. Experimental studies of flax-containing nonwoven fabric properties as a filter material, in Oil and gas engineering (OGE 2017) Omsk State Technical University, Russian Federation, 25-24 April 2017. Procedia Engineering. – V. 152, 2017. P. 270...275.

6. Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V., Merkulova A.V., Cherunov P.V. Study of the structural and acoustic protection of human // International Journal of Applied Engineering Research. – Vol.10, №19, 2015. P. 40506...40512.

7. Cherunova I.V., Stefanova E.B., Knyazeva S.V., Medvedeva O.P., Yustina N.I. Issledovanie poverkhnostnykh svoystv voloknistykh materialov s uchetom klimaticheskikh usloviy sredovykh prostranstv stroitel'nykh ob"ektov // Inzhenernyy vestnik Dona. – 2018, №3. URL ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5164.

Рекомендована кафедрой нефтяного и строительного производства Университета дружбы народов имени академика А. Куатбекова. Поступила 05.03.20.
