

УДК 614.894.25

**РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРУЮЩЕГО НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ РЕСПИРАТОРОВ,
ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО СВОЙСТВ**

**DEVELOPMENT OF FILTERING NON-WOVEN MATERIAL
FOR RESPIRATORS,
RESEARCH AND OPTIMIZATION OF ITS PROPERTIES**

*Н.В. МЕНЗЕЛИНЦЕВА, Н.Ю. КАРАПУЗОВА, О.Н. МАРИНИНА, И.В. СТЕФАНЕНКО
N.V. MENZELINTSEVA, N.YU. KARAPUZOVA, O.N. MARININA, I.V. STEPHANENKO*

(Волгоградский государственный технический университет)
(Volgograd State Technical University)
E-mail: karapuzova_ny@mail.ru

Авторами разработан нетканый материал, который может быть использован в качестве пористого слоя респираторов. Структура материала позволяет повысить плотность прилегания к лицу работающего с учетом физиологических особенностей его строения, тем самым снижается вероятность подсоса по линии obtюрации, а также вероятность возникновения наминов на коже. Материал обладает высокой эффективностью при улавливании пыли и кислых газов, а также улучшенными гигиеническими свойствами.

A nonwoven material has been developed that can be used as a porous layer of respirators. The structure of the material makes it possible to increase the tightness of the fit to the face of the patient, taking into account the physiological characteristics of its structure, thereby reducing the likelihood of sucking through the obturation line, as well as the likelihood of nimes on the skin. The material is highly effective in capturing dust and acid gases, as well as improved hygienic properties.

Ключевые слова: фильтрующий нетканый материал, респиратор, подсос по линии obtюрации.

Keywords: filtering non-woven fabric, respirator, sucking on the obturation line.

Анализ условий труда на рабочих местах и в рабочих зонах предприятий строительной индустрии показал, что даже при

действующей местной вентиляции во многих случаях концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны значительно

превышают предельно допустимые, что ведет к риску возникновения профессиональных заболеваний [1].

В связи с высоким содержанием вредных веществ в рабочих зонах для защиты органов дыхания необходимо применять респираторы. Практически все фильтрующие респираторы воспринимаются рабочими как дополнительная нагрузка, так как они громоздки, ограничивают зрение и слух, создают ощущение дискомфорта. Наиболее хорошо зарекомендовали себя в классе облегченных респираторов универсальные газопылезащитные респираторы Снежок ГП-В [2].

Для оценки удобства применения этих респираторов рабочими строительной индустрии проведена комплексная оценка по нормативной методике [3] на основе анкетирования работников, выполняющих заливку полов производственного помещения с использованием сухих смесей для наливных полов на основе цемента, которая показала, что 20% опрошенных дали оценку "очень удобно", 75% – "удобно", 5% – "удовлетворительно".

Для определения основных направлений совершенствования фильтрующего респиратора типа Снежок ГП-В была проведена экспертная ранговая оценка, в которой принимали участие работники, разработчики СИЗОД и работодатели. Результаты оценки показали, что основными направлениями совершенствования респираторов являются повышение надежности прилегания к лицу респиратора и улучшение гигиенических свойств фильтрующего материала респиратора [4].

С целью улучшения этих показателей нами разработан фильтрующий материал, состоящий из скрепленных иглопрокалыванием слоев [5]. Один слой сформирован из анионообменных волокон, в частности,

можно использовать анионообменное модифицированное полиамидное волокно [6]. Второй слой выполнен из смеси гидрофильного модифицированного полиамидного волокна мегалон [6] и вискозного волокна. Содержание вискозного волокна в смеси составляет 30%. Соотношение слоев по массе составляет 1:0,4. Слои скреплены иглопрокалыванием по технологии Di loft с образованием на поверхности материала ворсовых петель, при этом величина остова каждой петли изменяется от 2 мм по внутренней поверхности петли до 10 мм по внешней поверхности петли. Поверхностная плотность материала составляет 400 г/м².

Скрепление слоев материала иглопрокалыванием с образованием на поверхности ворсовых петель с меняющейся величиной остова петли позволило получить равномерную ворсовую поверхность, устойчивую к деформации под действием механических или аэродинамических нагрузок на протяжении всего времени эксплуатации, и повысить комфортность при соприкосновении с лицом работающего. Разработанная структура материала позволила увеличить плотность прилегания к лицу работающего с учетом физиологических особенностей его строения, тем самым понизить вероятность подсоса по линии обтюрации, а также вероятность возникновения наминов на коже.

По стандартным методикам [7...9] исследованы свойства разработанного материала. Установлено [5], что он обладает высокой эффективностью улавливания мелкодисперсных частиц η , низкой пылепроницаемостью P_n , высокой пылеемкостью P_e , хорошей пылеотдачей $K_{пот}$, значительными защитными свойствами по кислотным газам, высокой прочностью, невысокой жесткостью при изгибе и достаточной гигроскопичностью (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1

Показатель	Размер улавливаемых частиц			
	2,5 мкм и менее	2,5...7 мкм	7...10 мкм	10 мкм и более
$\eta, \%$	95,3	96,9	99,5	99,7
P_n	0,047	0,038	0,002	0,002
P_e	27,3	27,5	29,1	35,4
$K_{пот}$	0,73	0,74	0,75	0,75

№	Показатель	Значение
1	Время, ч:	
	до проскока HCL	31,8
	до насыщения HCL	32,2
	до проскока HF	33,8
	до насыщения HF	34,1
	до проскока SO ₂	4,2
	до насыщения SO ₂	4,4
3	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с (перепад давлений 20 Па)	220
6	Нормальная влажность, %	11,0
7	Разрывная нагрузка, Н:	
	по длине по ширине	303 305
8	Относительное удлинение при разрыве, %:	
	по длине по ширине	62 65
9	Жесткость при изгибе, сН:	
	по длине по ширине	10,2 10

Задача оптимизации показателей свойств фильтрующих элементов из разработанного материала решалась путем установления зависимостей между ними и факторами, существенно влияющими на эти свойства, с помощью математических методов планирования и анализа эксперимента. Критериями при оптимизации являлись: $\eta_{\text{п}}$ – эффективность улавливания пыли цемента, $\eta_{\text{г}}$ – эффективность улавливания по HF, y_2 , %; B – воздухопроницаемость, y_3 , дм³/м²·с (влажность ГВС 65%). В качестве варьируемых факторов принимали: $C_{\text{п}}$ – концентрация пыли в ГВС, (X_1), мг/м³; $C_{\text{г}}$ – концентрация HF в ГВС (X_2),

мг/м³; n – число смен работы фильтрующего элемента до замены (X_3).

При проведении эксперимента использовали симметричный план В_i для трех факторов (B_3). Оценка воспроизводимости экспериментальных исследований выполнена по критерию Кохрена.

В результате реализации эксперимента и его обработки получены адекватные уравнения регрессии. Проверка на адекватность осуществлялась по критерию Фишера. Значимость коэффициентов проверяли по критерию Стьюдента. Уравнения регрессии с учетом только значимых коэффициентов в именованных величинах имеют следующий вид:

$$\eta_{\text{п}} = 95,364 - 0,671 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right) - 0,620 \left(\frac{n-14}{4} \right) - 0,238 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right) \left(\frac{n-14}{4} \right) - 0,136 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right)^2 - 0,452 \left(\frac{n-14}{4} \right)^2, \quad (1)$$

$$\eta_{\text{г}} = 94,124 - 0,730 \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right) - 0,797 \left(\frac{n-14}{4} \right) - 0,912 \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right) \left(\frac{n-14}{4} \right) - 0,135 \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right)^2 - 0,537 \left(\frac{n-14}{4} \right)^2, \quad (2)$$

$$B = 256,56 - 8,74 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right) - 4,31 \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right) - 10,38 \left(\frac{n-14}{4} \right) - 19,43 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right) \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right) - 1,77 \left(\frac{C_{\text{п}} - 5,5}{4,5} \right) \left(\frac{n-14}{4} \right) - 18,99 \left(\frac{C_{\text{г}} - 5,5}{4,5} \right) \left(\frac{n-14}{4} \right) - 4,42 \left(\frac{n-14}{4} \right)^2. \quad (3)$$

Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод о значимом влиянии всех факторов.

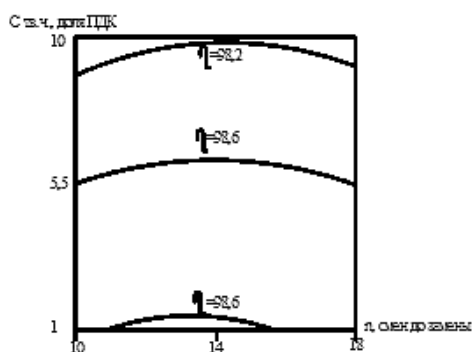


Рис. 1

Построены двумерные сечения поверхностей отклика. На рис. 1 приведена зависимость эффективности улавливания твердых частиц η_p от их концентрации в рабочей зоне C_p и числа смен работы фильтрующего элемента до замены n при концентрации фтористого водорода в смеси $C_r = 5,5$ ПДК. Оптимизация методом наложения сечений поверхностей отклика показала, что применение респираторов наиболее эффективно при улавливании ГВС, содержащих твердые частицы с концентрацией 6...10 ПДК, фтористого водорода с концентрацией 8...10 ПДК, числе смен работы до замены элемента – 17.

Для оценки эффективности предложенных мероприятий по совершенствованию конструкции респиратора Снежок ГП-В была проведена балловая комплексная оценка по нормативной методике [3] на основе анкетирования работников, выполняющих заливку полов производственного помещения с использованием сухих смесей для наливных полов на основе цемента. Обработка анкет дала следующие результаты: 60% опрошенных дали оценку "очень удобно", 30% – "удобно", 10% – "удовлетворительно", что значительно лучше результатов предыдущего опроса.

ВЫВОДЫ

1. Разработан фильтрующий материал для пористого слоя респираторов, струк-

тура которого позволяет повысить плотность прилегания к лицу работающего с учетом физиологических особенностей его строения, тем самым понижается вероятность подсоса по линии обтюрации, а также вероятность возникновения наминов на коже.

2. Исследованы свойства разработанного материала, установлено, что он обладает высокой эффективностью улавливания мелкодисперсных частиц, низкой пылепроницаемостью, высокой пылеемкостью, хорошей пылеотдачей, значительными защитными свойствами по кислотным газам, высокой прочностью, невысокой жесткостью при изгибе и достаточной гигроскопичностью.

3. Получены адекватные уравнения регрессии, устанавливающие связь между показателями основных свойств материала и условиями эксплуатации. На основании оптимизации результатов, осуществленной методом наложения сечений поверхностей отклика, установлены наиболее оптимальные условия применения. Материал можно рекомендовать для использования в качестве фильтрующего элемента респиратора при улавливании ГВС, содержащих твердые частицы с концентрацией 6...10 ПДК, фтористого водорода с концентрацией 8...10 ПДК при числе смен до замены элемента, равном 17.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров В.Н. О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Сб. мат. II Междунар. науч. конф.: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2003. С. 27...31.

2. Эннан А.А., Белинский Е.Е., Климов Л.В., Байденко В.И. Математическое моделирование конструкции облегченного респиратора типа "Снежок" // Сб. тр. I Междунар. науч.-практ. конф.: Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве. – Одесса: Астропринт, 2002. С.432...439.

3. Методика снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом [Электронный ресурс] Режим доступа:

base.garant.ru (доступ свободный). - Загл. с экрана.- Яз.рус.

4. Стефаненко И.В., Мензелинцева Н.В., Марышев К.Г., Фомина Е.О. Определение весомости показателей качества средств индивидуальной защиты органов дыхания // Сб. тр. XI Междунар. науч. конф.: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. С.111...113.

5. Патент №2596455 С1 Российская Федерация, МПК D04N 1/46 Нетканый материал / Мензелинцева Н.В., Стефаненко И.В., Карапузова Н.Ю., Фомина Е.О.; заявитель и патентообладатель Волгоградский гос. техн. ун-т.- №2015114039/12; заявл.15.04.2015, опубл.26.05.2016.

6. Желтобрюхов В.Ф., Мензелинцева Н.В. Ионообменные волокнистые сорбенты для очистки ГВС // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1997, №3. С. 63...65.

7. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению // Под ред. А.И. Коблякова. – М.: Легпромбытиздат, 1986.

8. Лабораторный практикум по технологии нетканых материалов // Под ред. Г.Л.Барабанова. – М.: Легпромбытиздат, 1988.

9. ГОСТ Р 517721–2001. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Определение запыленности газовых потоков. – М., 1996.

REFERENCES

1. Azarov V.N. O koncentracii i dispersnom sostave pyli v vozduhe rabochih i obsluzhivaemyh zon predpriyatij strojindustrii // Sb.mat. II Mezhdunar. nauch. konf.: Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhayushej sredy. – Volgograd: VolgGASU, 2003. S. 27...31.

2. Ennan A.A., Belinskij E.E., Klimov L.V., Bajdenko V.I. Matematicheskoe modelirovanie konstrukcii oblegchennogo respiratora tipa " Snezhok" // Sb. tr. I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: Zashita okruzhayushej

sredy, zdorove, bezopasnost v svarochnom proizvodstve. – Odessa: Astroprint, 2002. S.432...439.

3. Metodika snizheniya klassa (podklassa) uslovij truda pri primenenii rabotnikami, zanyatymi na rabochih mestah s vrednymi usloviyami truda, effektivnyh sredstv individualnoj zashity, proshedshih obyazatelnuyu sertifikaciyu v poryadke, ustanovlennom sootvetstvuyushim tehničeskim reglamentom [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: base.garant.ru (dostup svobodnyj). - Zagl. s ehkrana.- Yaz.rus.

4. Stefanenko I.V., Menzelineva N.V., Maryshev K.G., Fomina E.O. Opredelenie vesomosti pokazatelej kachestva sredstv individualnoj zashity organov dyhaniya // Sb. tr. XI Mezhdunar. nauch. konf.: Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhayushej sredy. – Volgograd: VolgGASU, 2013. S.111...113.

5. Patent №2596455 S1 Rossijskaya Federaciya, MPK D04N 1/46 Netkanyj material / Menzelineva N.V., Stefanenko I.V., Karapuzova N.Yu., Fomina E.O.; zayavitel i patentoobladatel Volgogradskij gos. tehn. un-t.- №2015114039/12; zayavl.15.04.2015, opubl.26.05.2016.

6. Zheltobryuhov V.F., Menzelineva N.V. Ionoobmennye voloknistye sorbenty dlya ochistki GVS // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 1997, №3. S. 63...65.

7. Laboratornyj praktikum po tekstilnomu materialovedeniyu // Pod red. A.I. Koblyakova. – М.: Legprombytizdat, 1986.

8. Laboratornyj praktikum po tehnologii netkanyh materialov // Pod red. G.L.Barabanova . – М.: Legprombytizdat, 1988.

9. GOST R 517721–2001. Oborudovanie gazo-ochistnoe i pyloulavlivayushee. Opredelenie zapylenosti gazovyh potokov. – М., 1996.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, стандартизации и метрологии. Поступила 06.12.17.