

Д.И. Радчук, Л.Н. Чеберячко

К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ РЕСПИРАТОРА ШБ-1 „ЛЕПЕСТОК“

D.I. Radchuk, L.N. Cheberiachko

TO THE QUESTION OF RESPIRATOR LEPESTOK DESIGN MODERNIZATION

Рассмотрены вопросы адаптации противопылевых респираторов, выпускаемых на Украине, к новым европейским стандартам. Приведены основные отличия в методиках испытаний между ГОСТ 12.4.041-89 и ДСТУ EN 149:2003. Описан процесс получения фильтрующего материала. Проведен анализ конструктивных особенностей респираторов „Лепесток“. Определены основные недостатки существующей конструкции и предложен путь улучшения защитной эффективности при испытаниях по новым методикам.

Ключевые слова: респиратор, стандарт, фильтрующий материал, волокно, полимер

Пылевые бронхиты и пневмокониозы сегодня доминируют среди всех профессиональных заболеваний. Их уровень формируется за счет угольной и горнорудной промышленности и составляет 60–70% [1]. Это обусловлено и недостаточной эффективностью коллективных средств защиты, и нарушением технологического процесса, что приводит к ухудшению условий труда, и несоблюдением правил техники безопасности, и отсутствием действенного контроля пылевой нагрузки. Кроме того, химический состав рудничной пыли очень разнообразный – могут содержаться и свинец, и ртуть, и фтористые, и мышьяковые материалы, что усиливает действие на организм диоксида кремния, присутствующего в породной пыли [2]. Необходимо отметить также и влияние дисперсности пыли, в основном преобладают фракции с размером частиц менее 5 мкм около 90–96%, которые являются наиболее вредными для человека [3].

Значительная роль в плане профилактики профессиональных заболеваний, обусловленных пылевым фактором, отводится средствам индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Наибольшее распространение на предприятиях горнорудной промышленности получил респиратор ШБ-1 „Лепесток“. Его технические характеристики позволяют обеспечить достаточно высокую защиту (достаточный срок службы при запыленности до 200 мг/м³, применение при выполнении работ средней тяжести, возможность разговаривать и др.), в отличие от других образцов сочетанием оказывает минимальное влияние на функциональное состояние человека. Отметим,

что для изготовления этого респиратора применяется фильтрующий материал ФПП (фильтры Петрянова на основе перхлорвиниловой смолы), который характеризуется наличием на его волокнах электростатических зарядов, что существенно повышает улавливание тонкодисперсных частиц пыли [4]. Кроме того, он способствует притяжению волокон к коже лица по полосе обтюрации и тем самым уменьшает возможность стороннего подсоса запыленного воздуха в подмасочное пространство. Удачная конструкция обтюлятора позволяет подогнать СИЗОД практически к любому типу лица.

Несмотря на то, что последнее время в Украине появилось большое количество новых конструкций СИЗОД, которые можно было применять в условиях горно-обогачительных комбинатов, респиратор ШБ-1 „Лепесток“ не утратил своей популярности, что говорит о высоком доверии к нему рабочих. По предварительным подсчетам, сегодня в нашей стране потребность в „Лепестке“ составляет около 25–27 млн/год. Однако в связи с переходом Украины на европейские стандарты, в частности с введением ДСТУ EN 149:2003 „ССБТ СИЗОД. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Общие технические условия“, этот респиратор будет вытеснен с рынка из-за несоответствия его технических показателей требованиям новой нормативной документации.

Это вызвано тем, что в отличие от действующего сегодня отечественного стандарта ГОСТ 12.4.041-89 в ДСТУ EN 149:2003 введена подготовка изделий к испытаниям, которая заключается в температурном и механическом воздействии на испытываемые образцы,

а также испытания на воспламеняемость изделий. Кроме того, в гармонизированном стандарте предусмотрено испытание изделий не только при 30 л/мин, но и при 95 л/мин [5].

В результате проведенных испытаний по требованиям ДСТУ EN 149:2003 в Испытательном центре НПО „Неорганіка“ (г. Електросталь, Московська область, Россия) совместно с представителями Испытательной лаборатории технической экспертизы средств коллективной и индивидуальной защиты трудящихся Национального горного университета (г. Днепропетровск, Украина) установлено, что они не соответствуют по следующим показателям (табл. 1): коэффициент проникания через фильтр респиратора после температурного и механического воздействий (для изделий класса FFP2 – средняя эффективность); воспламеняемость изделия.

Причины такого несоответствия, прежде всего, заключаются в том, что материал ФПП не может сопротивляться механическим деформациям и при этом не разрушаться, так как он состоит из сухих волокон, связанных в местах соприкосновения только адгезионными силами и прижатых друг к другу электриче-

скими [6]. В качестве примера необратимого влияния разрушающего характера механического воздействия можно привести зависимость коэффициента проникания K , по тест-аэрозолю парафинового масла (определяемого при расходе 95 л/мин) от относительного удлинения свернутых в трубочку образцов материала ФПП 15–1,5 при растяжении вдоль оси свертывания (рис. 1). Для сравнения был также испытан полипропиленовый фильтрующий материал элефлен, технические характеристики которого приведены в [7]. Видно, что у материала ФПП проницаемость растет с деформацией быстрее, чем у элефлена, что подтверждает наше предположение.

Кроме того, влияние температуры на эксплуатационные факторы ФПП приводит к изменению механических свойств волокнистого слоя и нарушению его структурных параметров, а следовательно, и к его разрушению. Это отчетливо видно из экспериментальной зависимости относительного коэффициента проникания $K(t)/K$ от продолжительности изотермического нагрева образцов фильтрующих материалов в печи при температуре $t = + 300^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).

Таблица 1

Основные показатели респираторов Лепесток по ДСТУ EN 149:2003

Определяемый показатель	Значение показателей	
	фактические	по EN 149 для FFP2
Коэффициент проникания по тест-аэрозолю парафинового масла при расходе 30 л/мин, K , % - после поставки - после температурного воздействия - после механического воздействия	0,5 – 0,6	не более 6
Сопротивление постоянному воздушному потоку при расходе 30 л/мин, Па, P , - после поставки - после температурного воздействия - после механического воздействия	30 38 31	не более 70
Тест на воспламеняемость при $t = + 800^{\circ}\text{C}$	воспламеняется	не воспламеняется

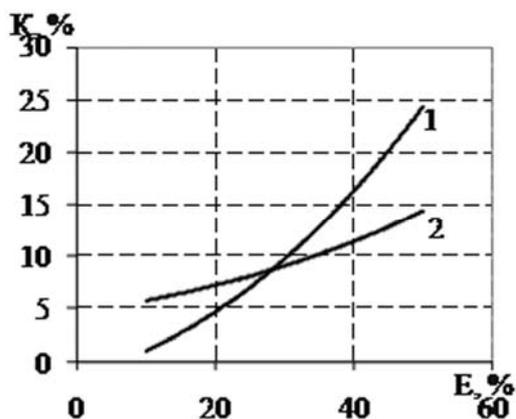


Рис. 1. Зависимости коэффициента проникания по масляному туману от относительного удлинения фильтрующих материалов, свернутых в трубку при растяжении вдоль оси: 1 – ФПП 15-1,5; 2 – элефлен

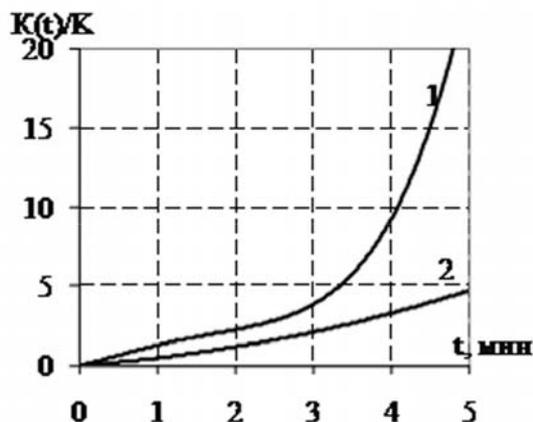


Рис. 2. Зависимости коэффициента проникания по масляному туману от длительности изотермического нагрева образцов фильтрующих материалов в печи при температуре $t = 150^{\circ}\text{C}$: 1 – ФПП 15 – 1,5; 2 – элефлен

В результате исследований было установлено, что с увеличением длительности теплового воздействия структура фильтрующего материала претерпевает необратимые изменения. Это и приводит к снижению защитной эффективности СИЗОД, так как фильтрующие свойства материала ФПП характеризуются устойчивыми показателями только до температуры + 60⁰С. А согласно ДСТУ EN 149:2003 перед началом испытаний необходимо некоторое время выдержать исследуемые образцы в камере с температурой + 70⁰С.

Таким образом, к моменту перехода Украины на европейские стандарты необходимо разработать новый тип СИЗОД, технические характеристики которого удовлетворяли бы гармонизованному стандарту, иначе создадутся предпосылки для экспансии импортной продукции. Проблема также усугубляется тем, что рабочие, которые за последние десятилетия привыкли к респиратору „Лепесток“, с недоверием относятся к новым видам изделий, отказываясь признавать их качество.

Для решения возникшей задачи, на предприятии НПП „Стандарт“ (г. Днепропетровск, Украина) пошли по пути модернизации существующего респиратора ШБ-1 „Лепесток“, которая состоит в замене фильтрующего материала ФПП на аналогичный, изготовленный по специальной технологии из расплава полипропилена.

Полипропиленовые фильтрующие материалы известны уже давно. Однако из-за низких защитных характеристик они применяются для изготовления СИЗОД второго и третьего классов защиты. Это обусловлено сравнительно большим диаметром волокон 3–8 мкм, их большим разбросом, значительной неравномерностью поверхностной плотности, поверхностным электростатическим зарядом, в отличие от объемного у материалов ФПП. Поэтому для повышения качества фильтрующего материала были разработаны предложения по усовершенствованию технологии его изготовления.

Процесс получения волокна из расплава состоит из следующих операций: плавление полимера, формование волокон из расплава, охлаждение и фиксация волокон на приемном устройстве (рис. 3).

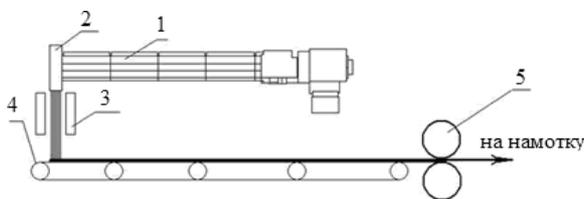


Рис. 3. Структурная схема установки для изготовления фильтрующего материала из полипропилена: 1 – экструдер; 2 – формующая головка; 3 – фильера; 4 – конвейер; 5 – барабаны

Волокно получают методом экструзии. Экструзия – это получение изделий из полимерных материалов путем выдавливания расплава полимера через

формующую головку (фильеру) нужного профиля. Наиболее простым и распространенным является одноструйный экструдер без зоны дегазации (рис. 4).

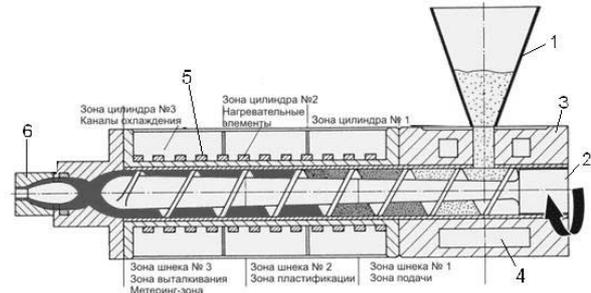


Рис. 4. Устройство экструдера: 1 – бункер; 2 – шнек; 3 – цилиндр; 4 – полость для воды; 5 – нагреватель; 6 – формующая головка

После загрузки полимера в бункер он транспортируется к более горячим зонам цилиндра. С уменьшением глубины нарезки уменьшается и объем витка, который приводит к сжиманию гранул, которые расплавляются. Это улучшает смешивание полимера и помогает лучшему распространению тепла в расплаве. В последней зоне шнека происходит окончательная гомогенизация расплава. Однако сам процесс выдавливания материала происходит через фильеры, вне формующей головки [8].

Расплавленный полимер поступает к фильерам и через отверстия разного диаметра подается в зону, где волокна вытягиваются горячим воздухом. Полимерные волокна, поступающие на барабан или конвейер, вытягиваются, переплетаются между собой и кристаллизуются, образуя фильтрующий слой. Основное влияние на его качество оказывает температура рабочего расплава. Повышение температуры расплава уменьшает вязкость полипропилена, способствуя утончению диаметра волокна, более равномерному распределению волокон на барабане, но негативно влияет на параметры работы установки.

Так, долгосрочное влияние высоких температур приводит к зашлаковыванию установки, что препятствует нормальной подаче расплава к фильерам, а, следовательно, приводит к получению более крупных волокон, ухудшению их распределения по ширине барабана, появлению значительных пустот в фильтрующем слое, налипанию волокон на барабан или конвейер. Следовательно, чтобы получить качественный фильтрующий материал необходимо придерживаться определенного, чувствительного к изменениям, температурного режима [9]. В результате долгого экспериментирования с температурными режимами установки изготовлен фильтрующий материал, который представляет нетканое полотно из термоскрепленных ультратонких полипропиленовых волокон диаметром 2–5 мкм, с поверхностной плотностью 38–42 г/м², нанесенный на слой марли (рис. 5), который по своим показателям не уступает материалам ФПП.

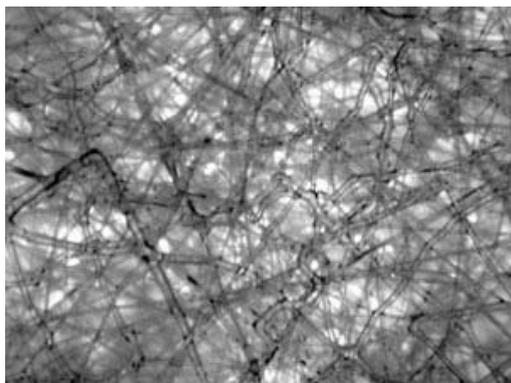


Рис. 5. Структура полипропиленового матеріала

Лабораторные исследования подтвердили его высокие защитные характеристики (табл. 2.) Опытная партия из 100 шт. противопылевых респираторов РПП-1 была изготовлена на НПП „Стандарт“ (рис. 6).



Рис. 6. Экспериментальные образцы респираторов

Она была передана в Испытательный центр „Экоцентр“ ФГУП ЭНПО „Неорганика“ для подтверждения их качества. В результате установлено, что показатели защитных свойств РПП-1, определенные после температурного воздействия и моделирования режима носки, соответствуют EN 149:2003 (табл. 3).

Таблица 2

Техническая характеристика полипропиленового материала

Название	Поверхностная плотность, г/м ²	Сопротивление воздушному потоку при скорости фильтрации 1 см/с, Па	Разрывное усилие, Н	Жесткость материала, см	Относительное удлинение, %	Диаметр волокон, мкм	Коэффициент проникания по тест-аэрозолю парафиновое масло, К %
Елефлен-40	38–42	4,2	6,0	6,0	50	2–4	0,6
Елефлен-40М	38–42	3,2	6,0	6,3	50	2–5	1,1

Таблица 3

Основные показатели респираторов из полипропиленовых волокон по ДСТУ EN 149:2003

Определяемый показатель	Значение показателей опытных образцов респираторов
Коэффициент проникания по тест-аэрозолю парафиновое масло при расходе 30 л/мин, К, %: - после поставки - после температурного воздействия - после механического воздействия	1,4±0,5 4,3±1,0 2,1±0,3
Сопротивление постоянному воздушному потоку при расходе 30 л/мин, Р, Па: - после поставки - после температурного воздействия - после механического воздействия	15±1,1 14±1,1 15±1,1
Тест на воспламеняемость при $t = + 800^{\circ}\text{C}$	не воспламеняется
Содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе, %	не более 1

Выводы. Установлено, что респиратор ШБ-1 „Лепесток“ из материала ФПП не соответствует показателям ДСТУ EN 149:2003 по коэффициенту проникания через фильтр респиратора после температурного и механического воздействий (для изделий класса FFP2 – средняя эффективность), воспламеняемость изделия. Исследования показали, что с увеличением длительности теплового воздействия структура фильтрующе-

го материала претерпевает необратимые изменения. Это и приводит к снижению защитной эффективности СИЗОД, так как фильтрующие свойства материала ФПП характеризуются устойчивыми показателями только до температуры + 60 °С.

Использование полипропиленовых фильтрующих материалов позволяет заменить материалы ФПП и изготавливать респираторы, показатели которых не

только соответствуют европейским стандартам, но и не противоречат традиционным взглядам потенциальных потребителей.

Список литературы

1. Передерій Г.С. Професійні ризики впливу виробничого пилу на гірників очисних вибоїв вугільних шахт. / Г.С. Передерій, А.М. Пономаренко, Г.М. Шемякін, С.Ф. Ветров // Укр. журнал з проблем медицини праці. – 2009. – 2(18). – С. 21–30.
2. Басманов П.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справочное руководство. / Басманов П.И., Каминский С.Л., Коробейникова А.В., Трубицына М.Е. – СПб.: ГИПП „Искусство России“, 2002. – 399 с.
3. Чеберячко С.И. Анализ фильтрующих материалов, применяемых для изготовления средств индивидуальной защиты органов дыхания // Разработка рудных месторождений. – 2001. – № 76. – С. 98–102.
4. Лепесток (Легкие респираторы) / Петрянов И.В., Кошечев В.С., Басманов П.И. и др. – М.: Наука, 1984. – 218 с.
5. Ищенко А.С., Чеберячко С.И. К переходу на европейские стандарты в области противоаэрозольных средств индивидуальной защиты органов дыхания // Сб. научн. тр. / НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – №17., Т. 2. – С. 384–386.
6. Филатов Ю.Н. Электроформирование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Под ред. В.Н. Кириченко. – М.: ГНЦ РФНИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997. – 297 с.
7. Пат. 22314 Украина, МКИ³ А62 В23/02 Фільтруючий елемент респиратора / К.В. Поляков, Ю.Е. Бурых, С.П. Ткачук и др. – № 97031310, Заявл. 21.03.97; Опубл. 30.06.98; Бюл. №3.
8. Полипропилен / Под ред. В.И. Пилиповского и И.К. Яйцева. – Л.: Химия, 1967. – 316 с.
9. Радчук Д.І. Вплив температурних умов на фільтрувальні властивості матеріалів // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 10. – С. 44–48.

Розглянуто питання адаптації протипилових респираторів, що випускаються в Україні, до нових європейських стандартів. Наведено основні відмінності в методиках випробувань між ГОСТ 12.4.041-89 і ДСТУ EN 149:2003. Наведено процес виготовлення фільтрувального матеріалу. Проведено аналіз конструктивних особливостей респираторів „Лепесток“. Визначено головні недоліки існуючої конструкції та запропоновано шлях з покращення захисної ефективності при випробуваннях за новими методиками.

Ключові слова: *респиратор, стандарт, фільтруючий матеріал, волокно, полімер*

The problem of adaption of respirators, produced in Ukraine, to new European standards has been considered. The main differences in test procedures between the GOST 12.4.041-89 and EN 149:2003 have been found out. Process of manufacturing of filter material has been described. The analysis of design features of respirators “Lepestok” has been carried out. The main defects of an existing design have been defined and the way of improvement of protective efficiency has been offered after new test procedures.

Keywords: *respirator, standard, filter material, fiber, polymer*

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голінком 15.03.10

Вийшла друком монографія

О.Б. Владико

Технологія створення протифільтраційних завіс струменями високого тиску

Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 85 с. – Рос. мовою

Монографія присвячена питанням створення протифільтраційних завіс навколо підземних виробок неглибокого закладення, підземних споруд і відстійників шкідливих речовин. На базі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовані технологічні параметри створення протифільтраційних завіс струменями високого тиску закріплюючого розчину. Встановлено, що геометричні параметри і фізико-механічні властивості створюваної завіси залежать від густини закріплюючого розчину і щільності породи, що закріплюється, ударної в'язкості породи, тиску струменя закріплюючого розчину, діаметра сопла.

Розроблено методику створення елементів завіс в дисперсній породі, що дозволяє визначати обсяги закріплюючого розчину в дисперсній породі, від якого залежать фільтраційні і міцнісні властивості завіси. В результаті експериментальних досліджень встановлена довжина елементу і товщина завіс. На основі експериментальних досліджень встановлено закономірності впливу якості і кількості закріплюючого розчину і тиску нагнітання на коефіцієнт фільтрації і міцність породо-цементних елементів.

Монографія може бути корисною для студентів, науково-педагогічних і науково-технічних співробітників вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів та проектних організацій, а також інженерно-технічних робітників будівельних і гірничих підприємств.