

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ РЕСПИРАТОРОВ-ПОЛУМАСОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ШАХТЕРАМИ

В. Голинко¹, С. Чеберячко¹, Е. Яворская^{1*}, Д. Радчук¹

¹Кафедра аэрологии и охраны труда, Национальный горный университет, Днепропетровск, Украина

*Ответственный автор: e-mail lenayavorskay@mail.ru, тел. +380664852040

STUDY OF PROTECTIVE PROPERTIES OF HALF-MASKS RESPIRATORS USED BY MINERS

V. Holinko¹, S. Cheberiachko¹, O. Yavorska^{1*}, D. Radchuk¹

¹Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

*Corresponding author: e-mail lenayavorskay@mail.ru, tel. +380664852040

ABSTRACT

Purpose. To define coefficient of protection of filtering respirators with elastomeric half-masks PR-7 in conditions of coal mines.

Methods. Antidust respirators applied at mining enterprises of Ukraine were tested for determination of their protective efficiency.

Findings. As a result, it was found that the protection coefficient of the provided half-masks is in the range from 5 to 34. The main reasons of half-masks protective properties deterioration are poor insulating properties of half-masks, their design defects, improper use, application of respirators in case of unacceptably high concentration of dust and also lack of standard sizes of half-masks for operating.

Originality. It has been established that the value of protection coefficient in case of dust content growth due to increasing dust coarse fraction, which in combination with high moisture will quickly fill gaps on an obturation line and thereby will reduce penetration in under mask space of the half-mask.

Practical implications. The received results indicate that the half-mask respirators of the PR-7 type of samples 1 and 4, used by miners, allow to provide effective protection according to DNAOP 0.00-1.04-07 "Regulations of selection and use of personal protection equipment of respiratory organs", in case of their use up to maximum allowable concentrations 12.

Keywords: respirator, half-mask, coal dust, filter, breath

1. ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Добыча полезных ископаемых связана не только с риском для жизни, но и с воздействием вредных производственных факторов – пыли, шума, вибрации и др. Из-за недостатков технологических процессов и технических средств коллективной защиты, запыленность воздуха может превышать ПДК в десятки и сотни раз (запыленность при работе комбайнов может превышать 1 г/м³ (Dremov, Nikitenko, Mokrousov, 2005). Попадание нетоксичной пыли в органы дыхания приводит к развитию профзаболеваний, в том числе необратимых и неизлечимых – таких как антропопневмокозиоз (Ross, 2004; Scarisbrick 2005; Rajhans & Pathak, 2002). Это наносит демографический, социальный и экономический ущерб семьям работающих и обществу в целом. В связи с тем, что использование коллективных средств защиты не позволя-

ет снизить запыленность воздуха до безопасных концентраций, наиболее доступным средством индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) для шахтеров на сегодняшний день остается респиратор.

Постановка задачи. Исследование коэффициента защиты полумасок ПР-7 в производственных условиях.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследований были взяты несколько полумасок ПР-7 (Рис. 1). На полумаски устанавливались фильтрующие коробки с фильтрами, соответствующие второму классу защиты Р2 (ЕС и Украины в соответствии с ДСТУ EN 143, на фильтры имеется сертификат качества). В замерах участвовало 8 человек (2 машиниста очистного комбайна, 4 горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ) и 2 студента). Размеры лиц участников исследований приведены в Таблице 1.

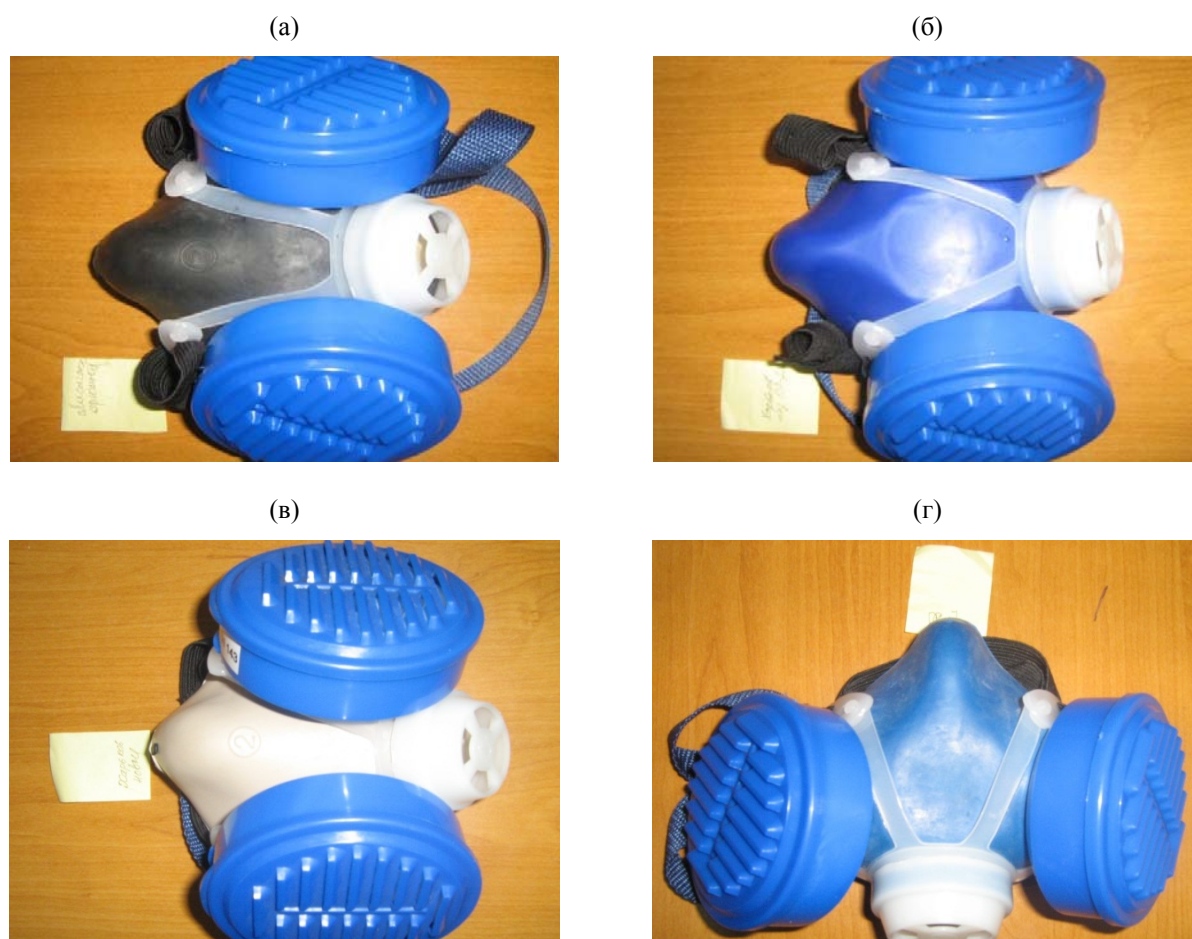


Рисунок 1. Фильтрующие полумаски типа ПР-7: (а) образец 1; (б) образец 2; (в) образец 3; (г) образец 4

Таблица 1. Размеры лиц участников исследований

Высота лица, мм	Ширина лица, мм		
	129 – 139	140 – 145	146 – 155
136 – 126	—	Машинист комбайна (М1) ГРОЗ (Г1)	ГРОЗ (Г4)
125 – 116	ГРОЗ (Г2) ГРОЗ (Г3)	Машинист комбайна (М2), Студент (С1)	—
115 – 105	Студент (С2)	—	—

Ни один из участников не проходил специальную проверку изолирующих свойств полумасок перед началом работы. Суть проверки заключается в индивидуальном подборе полумаски каждому испытуемому, в результате которого полумаска будет соответствовать антропометрическим параметрам лица. Условия работы не позволяли контролировать используются ли респираторы непрерывно или нет. Поэтому полученные значения коэффициентов защиты (КЗ) следует считать эффективными (ЕРF) – измеряемыми как при ношении респиратора, так и при снятой полумаске в загрязненной рудничной атмосфере.

Участники исследования во время проведения замеров выполняли различные производственные операции: управляли работой выемочного комбайна, производили задвижку секций крепи и другие работы. Студенты перемещались по горным выработкам, выполняли работы на сопряжении лавы со штреком и т.д. Выполняемую работу можно классифицировать как тяжелую и средней тяжести.

Для измерения коэффициентов защиты проводился одновременный отбор проб воздуха в зоне дыхания и в подмасочном пространстве (Рис. 2). Для прокачки воздуха через пробоотборные фильтры АФА в условиях взрывоопасной атмосферы использовался инъекционный побудитель тяги с баллоном сжатого воздуха АЭРА. Замеры проводили 5 раз в течение смены, длительность одного замера составляла приблизительно 0.5 часа, в свою очередь замеры проводили каждый час. Для обеспечения точности расхода воздуха (и в подмасочной, и в наружной линиях измерений – 2 л/мин) контролировали расход с помощью ротаметров.

Для отбора проб из-под маски и вне маски использовались кассеты диаметром 20 мм с фильтрами АФА в соответствии с утвержденной официальной методикой измерений концентрации угольной пыли в выработках. Для определения подмасочной концентрации кассету крепили прямо к маске с помощью самодельного пробоотборного зонда (Рис. 3) с отверстием 20 мм.

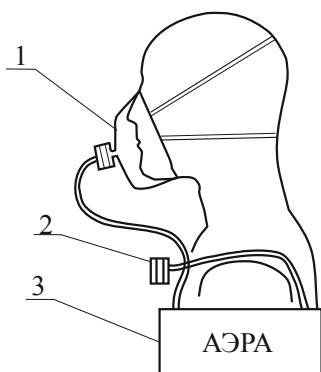


Рисунок 2. Схема отбора проб для определения коэффициента проникновения респиратора в производственных условиях: 1 – противопылевой респиратор; 2 – аллонжи с фильтрами АФА; 3 – воздухопроводы; 4 – аспиратор АЭРА

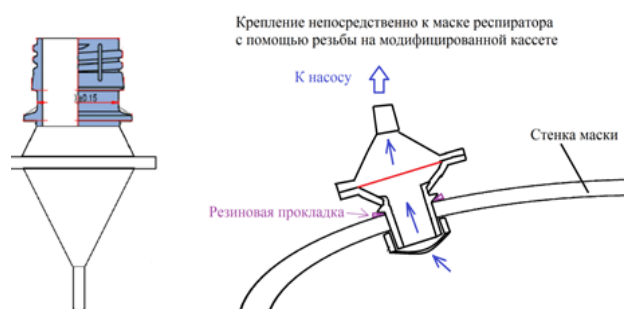


Рисунок 3. Схема пробоотборника

Для определения концентрации пыли предварительно высушенные и взвешенные фильтры устанавливали в кассеты, присоединяли пробоотборную систему к респиратору и просили рабочего по возможности использовать полумаску непрерывно. Пробоотборные кассеты заменяли после каждого замера – т.е. приблизительно через полчаса после начала измерений.

Снятие/одевание респиратора и присоединение/отсоединение пробоотборной системы проводилось в шахте, вне лавы (за пределами рабочей зоны) – для уменьшения вероятности загрязнения пробоотборных фильтров. Обе пробоотборные линии включались одновременно, а в конце замера все делали в обратном порядке.

Концентрацию пыли в рабочей зоне и в подмасочном пространстве определяли в соответствии с “Инструкцией по замеру концентрации пыли в шахтах и учете пылевых нагрузок” по формуле (Metodika ispytaniy protivopylevykh..., 1996):

$$C_0 = \frac{10^3(m_2 - m_1)}{Q_t},$$

где:

C_0 – концентрация пыли в воздухе, мг/м³;

m_1 – масса чистого фильтра АФА, мг;

m_2 – масса фильтра АФА с пылью после отбора пробы, мг;

Q – расход воздуха, л/мин;

t – время отбора пробы воздуха, мин.

Для определения концентрации угольной пыли фильтры высушивали и взвешивали (весы ВЛО-200, погрешность 10 мг, сушили при температуре +30°C в течении 4 часов). Дисперсный анализ частиц пыли в рабочей зоне выработки поведился на установке “Коултер” и оптическим микроскопом. Результаты измерений приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Распределение частиц пыли по размерам (массовое) в воздухе рабочей зоны

Диапазон размеров частиц, мкм	0.1 – 5	5 – 10	10 – 30	> 30
Доля частиц диапазона в общей массе пыли, %	10	12	49	29

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

За 5 дней было сделано 32 корректных замера (без нарушения отбора проб, поломок и т.п.). Результаты измерений концентраций и вычислений КЗ представлены в Таблице 3. На Рисунке 4 показана зависимость коэффициентов защиты КЗ от концентрации пыли снаружи полумаски C_0 . Связь между наружной концентрацией пыли и КЗ очень слабая ($R^2 = 0.0987$) (Wallis, Menke & Chelton, 1993).

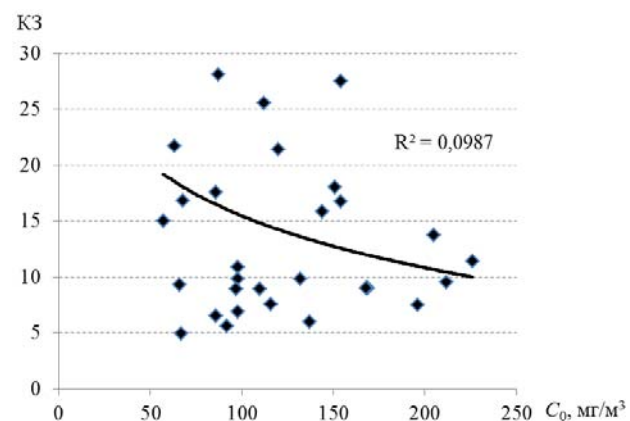


Рисунок 4. Зависимость коэффициентов защиты от концентрации пыли снаружи полумаски

Рост КЗ при повышении концентрации пыли объясняется увеличением ее крупной фракции, которая в сочетании с высокой влажностью быстро забьет щели по полосе обтюрации и тем самым уменьшит проникание в подмасочное пространство. Этот вывод требует дальнейших исследований и системного анализа корреляций для всех доступных ранее опубликованных данных, у которых была выявлена такая зависимость. На Рисунке 5 приведены фотографии различных фильтров и их разверток в ходе производственных испытаний.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В 15 случаях из 32-х концентрация пыли под маской превышала ПДК (2 – 10 мг/м³). Это наглядно показывает невозможность предотвратить развитие профзаболеваний пылевой этиологии при использовании только одних полумасок.

Таблица 3. Результаты измерения концентраций и вычислений КЗ

Участник*	Респиратор	Концентрация снаружи маски, C_0 , мг/м ³	Концентрация под маской, C_1 , мг/м ³	КЗ
Г1	Образец 1	68	4.1	16.6
Г2		73	2.3	31.7
Г3		144	9.1	15.8
Г4		86	4.9	17.6
М1		154	9.8	15.7
М2		212	14.5	14.6
С1		87	3.1	28.1
С2		120	5.6	21.4
Г1	Образец 2	110	12.4	8.9
Г2		97	10.9	8.9
Г3		132	13.5	9.8
Г4		98	14.2	6.9
М1		151	16.3	9.3
М2		168	19.1	8.8
С1		98	10.0	9.8
С2		86	13.2	6.5
Г1	Образец 3	92	16.4	5.6
Г2		169	18.8	9.0
Г3		66	7.1	9.3
Г4		116	15.3	7.6
М1		226	19.8	11.4
М2		196	26.1	7.5
С1		67	9.7	6.9
С2		137	23.0	6.0
Г1	Образец 4	68	2.2	30.9
Г2		57	3.8	15.0
Г3		59	1.7	34.7
Г4		63	2.9	21.7
М1		154	9.6	16.0
М2		205	13.7	15.0
С1		112	4.4	25.5
С2		98	9.0	10.9

* Г – ГРОЗ; С – студент; М – машинист комбайна

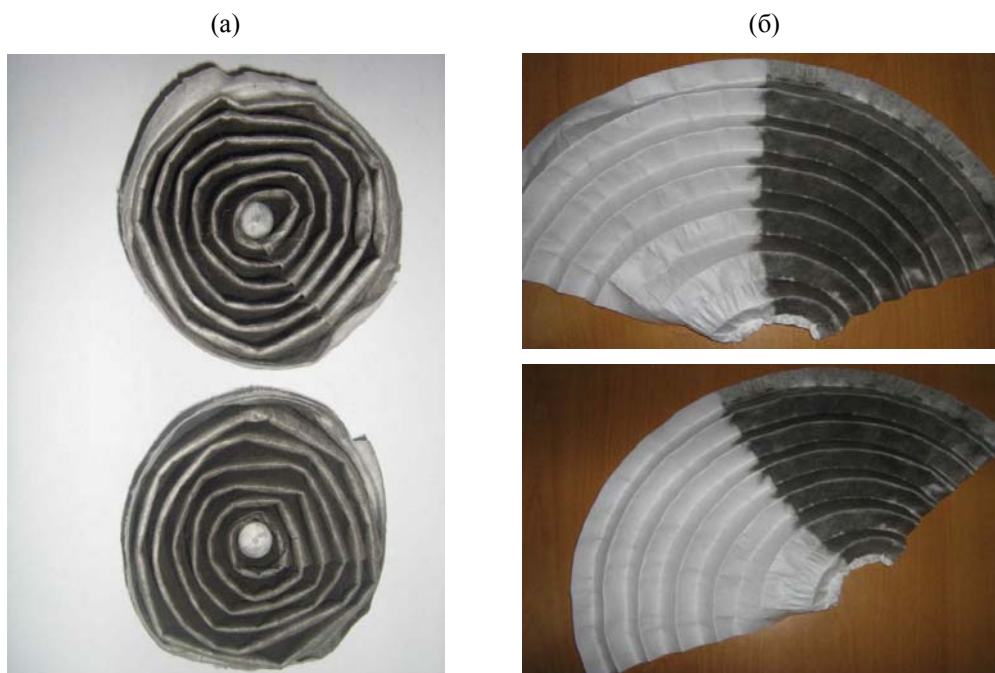


Рисунок 5. Фотографии фильтров после производственных испытаний: (а) в условиях небольшой запыленности; (б) при высокой концентрации пыли

Поэтому важен комплексный подход по обеспыливанию горных выработок и постоянный, достоверный учет пылевых нагрузок горняков, при расчете которого обязательно должна учитываться реальная эффективность средств индивидуальной защиты органов дыхания (Cheberyachko, Yavorska, & Tykhonenko, 2015).

В то же время фотографии фильтров показывают, что они являются достаточно эффективными для улавливания угольной пыли (Рис. 6). На их обратной стороне визуально не просматривается наличие загрязнений. Также этот вывод подтверждают низкие значения коэффициента проникновения запыленных фильтров определенного по тест-аэрозолю хлорид натрия в лабораторных условиях по методике, приведенной в ДСТУ EN 143. Результаты представлены в Таблице 4.

Наибольшее количество пыли проникало по полосе обтюрации. На фотографии лиц шахтеров отчетливо видны места проникновения пыли – область переносицы (Рис. 6). Наихудшими изоляционными свойствами обладали образцы 2 и 3.

Учитывая, что фильтры для экспериментов подбирали с одинаковым сопротивлением дыханию, у этих полумасок измеренный перепад давления на испытателях был значительно ниже, чем у образцов 1 и 4 (Табл. 5). Отчасти это объясняется и наличием дополнительных зазоров по полосе обтюрации из-за чрезмерной жесткости обтюраторов и невозможностью плотно подогнать такую полумаску.



Рисунок 6. Лица горняков после работы

Таблица 4. Значения основных показателей фильтров после производственных испытаний

Участники, у которых проверялись фильтры	Концентрация пыли, мг/м ³	Масса пыли на фильтре, г	Перепад давления, после запыления, Па	Коэффициент проникновения, K _п , %
Машинист комбайна	205	0.98	79	0.78
Студент 2	137	0.58	52	1.25
ГРОЗ 2	169	0.79	67	0.92
ГРОЗ 3	59	0.15	48	3.51

Таблица 5. Перепад давления на респираторах РПА с фильтрами

Номер образца	Средний перепад давления на герметически закрепленной полумаске с фильтрами, Па	Средний перепад давления на полумаске, одетой на испытателя, Па	Расчетный размер эквивалентного зазора по полосе обтюрации, мм
Образец 1	41	35	1.5
Образец 2	40	28	3.0
Образец 3	38	24	3.5
Образец 4	41	37	1.0

Размер эквивалентного зазора по полосе обтюрации для респираторов РПА можно определить по эмпирической формуле (Holinko, Kolesnyk, & Cheberiyachko, 2015):

$$d_B = -\frac{\Delta p - \Delta p_1}{4},$$

где:

Δp – перепад давления на респираторе, одетом на испытателя, Па;

Δp_1 – перепад давления на респираторе, который герметично закреплен на испытателе, Па;

d_B – диаметр эквивалентного отверстия по полосе обтюлятора, мм.

Реальные значения эффективности проверяемых СИЗОД могут быть и выше, поскольку проооботборная система вносила свои коррективы в полученный результат. В некоторых случаях были жалобы на невозможность герметично закрепить полумаску.

В процессе испытаний были выявлены следующие недостатки, устранение которых приведет к повышению эффективности данных полумасок:

- в фильтрующей коробке накапливалась влага, которая в сочетании с пылью забивала щели на крышке коробки, в результате чего возникала необходимость снимать полумаску и очищать ее от налипшей грязи (этот недостаток можно устранить с помощью применения префильтров из специального гидрофильного материала, которые будут располагаться на коробке и легко меняться);

- часто фиксировали сползание полумаски, что увеличивало зазоры по полосе обтюрации и ухудшало КЗ; к этому приводили две основные причины: первая – несовершенная система крепления полумаски всего в двух точках не позволяла ее надежно зафиксировать, и вторая – наличие пробоотборника, который мешал выполнению операций и при поворотах головы и наклонах, полумаска сползала (решение этой проблемы заключается в изготовлении полумасок с несколькими точками крепления оголовья – наилучший вариант, когда работник сам выберет, где зафиксировать оголовье на полумаске и тем самым обеспечит равномерность распределения усилий по полосе обтюрации);

- в некоторых полумасках клапан выдоха работал с перебоями из-за попадания в седловину пыли, что

способствовало накоплению влаги и увеличивало проникание аэрозоля (проблема решается с помощью изготовления клапанов выдоха из эластичной резины и своевременной их замене на новые);

- сложно обеспечить надежную изоляцию по полосе обтюрации одним типоразмером полумаски (наиболее распространенный типоразмер – 3-ий, тогда как первый и второй встречаются очень редко) – это еще одна причина снижения КЗ; в случаях, когда полумаска плотно прилегала к лицу, фиксировался коэффициент защиты более 30 (решение этой проблемы зависит от внедрения методики по организации специальной проверки изолирующих свойств респираторов для каждого рабочего на производстве, и контроля работодателем ее обязательного использования);

- при ношении образцов 2 и 3 шахтеры жаловались на боли в области переносицы, это объясняется тем, что обтюратор сдавливал лицо, тем самым вызывая при ношении этих полумасок дискомфорт (поэтому необходима предварительная проверка изолирующих свойств респираторов перед началом работы и возможность выбора у рабочих наиболее удобной полумаски).

В Таблицах 6 и 7 приводятся обобщенные средние значения КЗ, полученные от каждого из участников при проведении 5 замеров и соответственно по образцам респираторов.

Таблица 6. Средние значение коэффициентов защиты у участников

Участник	Г1	Г2	Г3	Г4	М1	М2	С1	С2
Средний КЗ	15.4	16.1	17.4	13.4	13.1	11.4	17.5	11.2

* Г – ГРОЗ; С – студент; М – машинист комбайна

Таблица 7. Средние значение коэффициентов защиты по полумаскам

Тип полумаски	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Средний КЗ	20.9	8.6	8.2	21.1

Анализ полученных данных говорит о том, что в среднем за время эксперимента коэффициент защиты КЗ колебался от 5 до 34, что на порядок ниже подобных значений, зафиксированных в лабораторных условиях. Стандартное геометрическое отклонение GSD у средних значений находится в диапазоне 1.1 – 1.34.

Уменьшение эффективности защиты проверенных полумасок объясняются, прежде всего, подсосами по полосе обтюрации. Например, у студента (С2) респиратор не соответствовал его размерам лица. Исходя из данных Таблицы 1, ему необходима полумаска первого размера. Однако из-за ее отсутствия было принято решение об использовании третьего размера. В случае обязательного контроля подбора и проверки эффективности защиты СИЗОД на рабочем месте, как это принято в США или Англии, он вообще не должен быть допущен к выполнению своих трудовых обязательств. В тоже время в отечественных стандартах такая норма отсутствует, поэтому подобная ситуация имеет место. По тем же причинам низкие значения коэффициента защиты и у ГРОЗа под номером Г4. Невысокие значения у машинистов комбайна объясняются значительной запыленностью воздуха. Исходя из требований ДНАОП 0.00-1.04-07

“Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання”, респираторы второго класса защиты можно использовать до 12 ПДК. То есть граничная концентрация пыли, при которой можно использовать респиратор даже при самом низком содержании оксида кремния, составляет не более 120 мг/м³. Кроме того, отметим, что у машинистов комбайнов наиболее тяжелая работа, что также влияет на величину защиты.

Анализ данных Таблицы 7 указывает на слабые изолирующие свойства полумасок у образцов 2 и 3. Это вызвано значительной жесткостью материала, из которого изготовлены полумаски, что приводит к их частому сползанию, и к невозможности надежного крепления. Работая в этих респираторах, шахтеры часто их снимали или ослабляли крепления, чтобы избавиться от болевых ощущений на лице, нарушая тем самым герметичность.

5. ВЫВОДЫ

1. В результате было установлено, что коэффициент защиты представленных полумасок находится в диапазоне от 5 до 34. Уменьшение эффективности защиты объясняется, прежде всего, недостаточными

изолирующими свойствами лицевой части из-за сползания полумаски вызванной неравномерностью распределения усилий по полосе обтюрации через крепления оголовья в двух точках, сложностью подбора полумасок исходя из антропометрических характеристик лиц, быстрым ростом сопротивления фильтров из-за оседания на фильтрующих коробках мокрой пыли и забивании входных отверстий.

2. Полученные результаты указывают, что респираторы-полумаски типа ПР-7 образцов 1 и 4, используемые шахтерами, позволяют обеспечить эффективную защиту в соответствии с ДНАОП 0.00-1.04-07 “Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання”, при использовании их до 12 ПДК.

3. Установлено, что величина коэффициента защиты при повышении запыленности повышается за счет увеличения крупной фракции пыли, которая в сочетании с высокой влажностью быстро забьет щели по полосе обтюрации и тем самым уменьшит проникание в подмасочное пространство полумаски.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторский коллектив выражает признательность за предоставленные материалы и оказанную помощь при проведении исследований ШУ “Першотравенское” ПАО “ДТЭК Павлоградуголь” в лице директора А.С. Гусева.

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Определить коэффициент защиты фильтрующих респираторов с эластомерными полумасками ПР-7 в условиях угольных шахт.

Методика. Для определения защитной эффективности использовалась методика испытаний противопылевых респираторов, применяемых на горнодобывающих предприятиях Украины.

Результаты. В результате было установлено, что коэффициент защиты представленных полумасок находится в диапазоне от 5 до 34. Основными причинами ухудшения защитных свойств полумасок являются слабые изолирующие свойства полумасок и их конструктивные недостатки, неправильная эксплуатация, применение респираторов при недопустимо высоких концентрациях пыли, а также отсутствие типоразмеров полумасок для работающих.

Научная новизна. Установлено, что величина коэффициента защиты при повышении запыленности повышается за счет увеличения крупной фракции пыли, которая в сочетании с высокой влажностью быстро забьет щели по полосе обтюрации и тем самым уменьшит проникание в подмасочное пространство полумаски.

Практическая значимость. Полученные результаты указывают, что респираторы-полумаски типа ПР-7 образцов 1 и 4, используемые шахтерами, позволяют обеспечить эффективную защиту в соответствии с ГНАОТ 0.00-1.04-07 “Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання”, при использовании их до 12 ПДК.

Ключевые слова: респиратор, полумаска, угольная пыль, фильтр, дыхание

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Визначити коефіцієнт захисту фільтруючих респіраторів з еластомерними півмасками ПР-7 в умовах вугільних шахт.

Методика. Для визначення захисної ефективності використовувалася методика випробувань протипилових респіраторів, що застосовуються на гірничодобувних підприємствах України.

Результати. У результаті було встановлено, що коефіцієнт захисту представлених півмасок знаходиться у діапазоні від 5 до 34. Основними причинами погіршення захисних властивостей півмасок є слабкі ізолюючі властивості півмасок та їх конструктивні недоліки, неправильна експлуатація, застосування респіраторів при неприпустимо високих концентраціях пилу, а також відсутність типорозмірів півмасок для працюючих.

Наукова новизна. Встановлено, що величина коефіцієнта захисту при підвищенні запиленості підвищується за рахунок збільшення великої фракції пилу, яка в поєднанні з високою вологістю швидко заб'є щілини по полосі обтюрації й тим самим зменшить проникнення в підмасочний простір півмаски.

REFERENCES

- Cheberyachko, S., Yavorska, O., & Tykhonenko, V. (2015). Effect of Obturation Line on Protective Efficiency of Dust Half-masks. *Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*, 319-323. <https://doi.org/10.1201/b19901-56>
- Dremov, V.I., Nikitenko, E.A., & Mokrousov, B.L. (2005). Prognoz dinamiki riska zaboлеваemosti prokhodchikov pnevmokoniozom. *Tekhnologicheskaya i ekologicheskaya bezopasnost'*, 26-27.
- Holinko, V.I., Kolesnyk, V.Ie., & Cheberiyachko, S.I. (2015). Doslidzhennia zakhysnoi efektyvnosti protytypovykh respiratoriv pry naiavnosti dodatkovykh vytokiv. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie*, (83), 87-95. *Metodika ispytaniy protivopylevykh respiratorov, primenyayemykh na predpriyatiyakh Minugleproma Ukrainy*. (1996). Donetsk: AO “Nadezhda”.
- Rajhans, G.S., & Pathak, B.P. (2002). Respirator Types, Uses, and Limitations. *Practical Guide to Respirator Usage in Industry*, 47-75. <https://doi.org/10.1016/b978-075067435-5/50003-6>
- Ross, M.H. (2004). Occupational Respiratory Disease in Mining. *Occupational Medicine*, 54(5), 304-310. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqh073>
- Scaribrick, D.A. (2005). Occupational Respiratory Disease in Mining. *Occupational Medicine*, 55(1), 72-73. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi005>
- Wallis, G., Menke, R., & Chelton, Ch. (1993). Workplace Field Testing of a Disposable Negative Pressure Half-Mask Dust Respirator (3M 8710). *American Industrial Hygiene Association Journal*, 54(10), 576-583. <https://doi.org/10.1080/15298669391355080>

Практична значимість. Отримані результати показують, що респіратори-півмаски типу ПР-7 зразків 1 і 4, які використовуються шахтарями, дозволяють забезпечити ефективний захист відповідно до ДНАОП 0.00-1.04-07 “Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання”, при використанні їх до 12 ГДК.

Ключові слова: респіратор, напівмаска, вугільна пиль, фільтр, дихання

ARTICLE INFO

Received: 03 August 2016

Accepted: 19 October 2016

Available online: 30 December 2016

ABOUT AUTHORS

Vasyl Holinko, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/83, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: golinko@nmu.org.ua

Serhii Cheberiyachko, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/71, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: cheberiyachko_s@nmu.org.ua

Olena Yavorska, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/82, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: lenayavorskay@mail.ru

Dmyro Radchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aerology and Labour Protection, National Mining University, 19 Yavornytskoho Ave., 4/71, 49005, Dnipropetrovsk, Ukraine. E-mail: dima.radchuk@in.ua