

## Респиратор как средство защиты шахтеров

Добыча полезных ископаемых связана не только с риском для жизни, но и с воздействием вредных производственных факторов – пыли, шума, вибрации и др. Из-за несовершенств технологических процессов и используемых сейчас технических средств коллективной защиты запыленность воздуха может превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК<sub>р.з.</sub>) в десятки раз. Так, при работе проходческих комбайнов концентрация пыли часто превышает 400 мг/м<sup>3</sup> [1]. Вдыхание пыли создает риск развития неизлечимых профессиональных заболеваний (силикоз и пневмокониоз). Это наносит демографический, социальный и экономический вред не только рабочим и их семьям, но и обществу.

Поскольку применяемые средства коллективной защиты не позволяют снизить концентрацию пыли до безопасного уровня, важный способ защиты шахтеров от пыли – использование респиратора. В связи с этим возникает задача оценки эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) для возможности профилактики профзаболеваний с помощью респираторов. Для ее решения использовали результаты исследований фильтрующих респираторов, опубликованных в зарубежных изданиях, и требования законодательства разных стран к работодателю, регулирующие выбор и применение СИЗОД.

Для защиты рабочих фильтрующий респиратор выполняет две основные функции: изолирует органы дыхания от загрязненного воздуха и очищает вдыхаемый воздух от вредных примесей.

Чтобы определить эффективность респираторов при непрерывном использовании, во многих странах проводили исследования разных типов СИЗОД в процессе носки рабочими в производственных условиях. Одновременно измеряли концентрацию загрязнений и в зоне дыхания, и под маской, и отношение этих концентраций (наружной к подмасочной) считали показателем эффективности – коэффициентом защиты  $K_3$ . Результаты показали, что даже при соответствии маски лицу и непрерывном использовании СИЗОД маска может быть неаккуратно одета и сползать во время работы, из-за чего главная причина ухудшения защитных свойств – просачивание неотфильтрованного воздуха через образовавшиеся зазоры, а не проникание через фильтры. На образование и размер зазоров влияют конструкция маски, характер и условия выполнения работы и др. Поэтому эффективность респиратора непостоянна, случайна (может изменяться в десятки раз за минуты) и может снижаться до очень низких значений. В таблице приведены примеры непостоянства  $K_3$  СИЗОД одинаковой конструкции у рабочих, выполнявших схожую работу в схожих условиях, а также показаны отношения максимального  $K_3$  к минимальному, взятые из числа: всех замеров, проведенных в исследовании; только средних результатов  $K_3$  у разных рабочих; всех замеров одного и того же рабочего, но в разные дни.



**С. И. ЧЕБЕРЯЧКО,**  
канд. техн. наук  
(Национальный горный университет)



**Е. А. ЯВОРСКАЯ,**  
канд. техн. наук  
(Национальный горный университет)



**А. В. ЧИРКИН,**  
инж.  
(ООО «Бета Продакшн», Россия)

Используя результаты многочисленных производственных исследований эффективности СИЗОД, специалисты США и Великобритании определили значения «ожидаемых коэффициентов защиты» ОКЗ (assigned protection factors APF) [10,11]. Они показывают, во сколько раз респиратор определенной конструкции может снизить концентрацию вредных веществ во вдыхаемом воздухе.

Источник	Число замеров	Отношение максимального $K_3$ к минимальному $K_3$		
		Все замеры $K_3$	Сравнение средних $K_3$ у разных рабочих	Сравнение $K_3$ у одного рабочего (разные случаи носки)
[2]	63	296	12,5	129
[3]	26	7,3	3	6,6
[4]	66	5643	252	423
[5]	54	1121	86	30
[6]	55	17692	605	12105
[7]	74	487	96	27
[8]	49	151	32	17
[9]	53	379	8,51	379

хаемом воздухе при своевременном использовании (в большинстве случаев с учетом нестабильности  $K_3$ ). При этом работодатель обязан использовать их при выборе СИЗОД для известных условий применения. В США ОКЗ полумасок равен 10, а в Великобритании (с фильтрами P3) – 20. Двукратное отличие в ОКЗ объясняется разными подходами к оценке эффективности респиратора в этих странах. В США рассматривали наихудший случай – использование респиратора в течение 8-часовой рабочей смены (40 ч в неделю), а в Великобритании пришли к мнению, что работать в полумаске весь день без перерывов невозможно. В результате (с учетом перерывов в работе во вредных условиях) выбрали большее значение.

Во время последнего пересмотра этого показателя в США в 2003 г. мнения специалистов разделились. М. Никас и другие специалисты проанализировали результаты измерений  $K_3$  (с учетом непостоянства концентрации воздушных загрязнений). Оказалось, что когда группа рабочих, неоднократно использующих респираторы, обеспечивается требуемым уровнем защиты, в большинстве случаев из-за непостоянства  $K_3$  в группе образуется подгруппа рабочих, которые плохо защищены [12–14]. Высокий риск развития профзаболеваний в подгруппе не компенсируется улучшенной защитой других рабочих. Исследователи пришли к выводу, что использование респираторов позволит защитить рабочих в 100 % случаев лишь при концентрации загрязнений не более 1 ПДК и предложили ограничить применение полумасок, если ПДК превышает 5. Но это предложение не приняли [15].

Сравнение результатов лабораторных и производственных измерений  $K_3$  показало, что реальная эффективность своевременно используемого ре-

спиратора гораздо ниже лабораторной. Например, хотя минимальные  $K_3$ , требуемые для лабораторной сертификации полумасок в США, – более 25, а в Великобритании – более 50; наименьшие  $K_3$ , измеренные в производственных условиях, – 2,2; 2,5; 2,8; 4 ... . Данное отличие – причина ужесточения ограничений области допустимого применения респираторов некоторых конструкций.

Нестабильность и непредсказуемость эффективности СИЗОД привели к тому, что западные специалисты рассматривают применение СИЗОД как самый последний и самый ненадежный метод защиты, которого следует избегать всеми способами:

основной способ защиты – предотвращение воздействия вредных веществ на человека [10];

в случае превышения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны важно определить риск возникновения заболеваний и разработать организационные мероприятия для его снижения [11];

если выявленный риск неприемлем, то для предотвращения или уменьшения вредного воздействия необходимо прежде всего использовать методы, которые *снижают концентрацию загрязнений за счет использования технических и других средств*, а не респираторную защиту;

в DIN EN 529:2005 «Респираторы – указания по выбору и организации применения» (ФРГ), который был взят за основу для ДСТУ EN 529:2006 (Украина), указано, что воздействие вредных веществ на рабочих должно быть *снижено до безопасного уровня*. Если это невозможно или трудно выполнимо, то следует разработать способы уменьшения их концентрации до минимума в источнике образования – до того, как будут применяться респираторы.

На практике использование СИЗОД негативно влияет на самочувствие рабочего и может создать дополнительный риск для его здоровья. Нередко возникают затруднения при общении, ухудшается обзор, сопротивление дыханию и концентрации углекислого газа повышено, концентрация кислорода при вздохе снижена и др. Из-за перечисленных причин рабочие могут часто снимать респиратор (особенно при невысоких концентрациях пыли). Поэтому измерения  $K_3$  полумасок в подземных производственных условиях с учетом непостоянного использования показали, что реальная эффективность ниже ожидаемой при непрерывном своевременном использовании. Например, в Великобритании при добыче угля  $K_3$  полумасок равен 1,7 [16],

а в США  $K_3$  полумасок в среднем составил 3; во время работы выемочного комбайна – 12,5 [17].

Поэтому требования к работодателям такие: обязательные автоматизация и механизация производственных процессов; снижение концентрации пыли в зоне дыхания шахтеров (за счет применения местных отсосов от рабочего органа проходческого комбайна с последующим отводом струи частично очищенного воздуха от оператора комбайна; использование локальных воздушных душей с подачей отфильтрованного воздуха; отделение потока запыленного воздуха от рабочих мест операторов выемочных комбайнов за счет использования экранов и отклонения потоков воздуха струями воды и др. [18]).

В связи с высокой запыленностью при подземной добыче полезных ископаемых и связанными с этим профзаболеваниями у шахтеров (пневмокониоз и пылевой бронхит [19]) был принят ряд законов для улучшения защиты горнорабочих. В частности, в Законе Украины «Об охране труда», Указе Президента Украины от 7 февраля 1996 г. № 116 «О структурной перестройке угольной промышленности» и в КЗоТе Украины есть требования по обеспечению здоровых условий труда, а при невозможности выполнения таких требований – по обеспечению рабочих средствами индивидуальной защиты. Кроме того, в Конвенции № 148 Международной организации труда, ратифицированной Украиной, также указано прежде всего устранять и снижать вредное воздействие, и лишь затем использовать средства индивидуальной защиты.

Использование технических средств коллективной защиты (вентиляция; местные отсосы, встроенные в комбайн; воздушные души; дистанционное управление комбайном и др.) позволяет снизить запыленность в зоне дыхания до допустимого в большинстве случаев значения. Переход на такие технологии необходим и неизбежен, так как жизнь, здоровье и безопасность человека признаны в Украине наивысшей социальной ценностью. К сожалению, трудно ожидать, что улучшение условий труда произойдет сразу и повсеместно, так как внедрение новых технологий (автоматизированная струговая выемка и др.) и эффективных средств коллективной защиты (вентиляция и др.) требуют реконструкции оборудования и горных машин. Поэтому на данном этапе единственное доступное средство защиты органов дыхания – респиратор. При этом необходимо учитывать и тот факт, что фильтрующие респираторы могут выбирать

с ошибками, а это уменьшает эффект их применения. К примеру, в ДНАОП 0.00-1.04-07 «Правила выбора и применения СИЗОД» нет однозначно установленных ожидаемых коэффициентов защиты для респираторов разных конструкций, а для респираторов-полумасок указан коэффициент защиты, полученный в лабораторных условиях (при сертификации), что не учитывает существенное снижение защитной эффективности в производственных условиях. Кроме того, в п. 6.2.2 (примечание) рекомендуется использовать полумаски со сменными фильтрами, устойчивыми к запылению, при концентрации угольной пыли 400 – 500 мг/м<sup>3</sup>.

В то же время в стандарте ДСТУ EN 529:2006 «СИЗОД. Рекомендации относительно выбора, использования, ухода и обслуживания», который разработан на основе соответствующего стандарта ЕС, не указано о недопустимости использования лабораторных  $K_3$  для выбора СИЗОД, а в приложении «С» не установлены значения ожидаемых  $K_3$  для Украины, что не позволяет определить, какие респираторы обеспечат надежную защиту в известных условиях.

Указанные требования в этих нормативных документах, хотя и направлены на защиту здоровья людей, имеют общий характер и не дают ответа на конкретные вопросы – как выбрать и как организовать применение респираторов и как оценить их эффективность при практическом применении.

Таким образом, строгое выполнение требований законодательства не предотвращает выбор заведомо недостаточно эффективных СИЗОД и ненамного снижает риск заболевания рабочих. Сопоставление объективной информации с требованиями действующего законодательства Украины позволяет сделать вывод, что законодательство имеет ряд существенных недостатков в отношении выбора и организации применения респираторов, не соответствует современному уровню науки в этой области, не информирует о низкой надежности респираторов как средства защиты здоровья, слабо стимулирует работодателя использовать более надежные технические и организационные методы защиты, требует доработки.

Кроме того, риск развития профзаболеваний увеличивается из-за низкого качества некоторых моделей СИЗОД, разработанных полвека назад, – при установке пластикового пакета вместо фильтра в респираторы Ф-62Ш (полумаска ПР-7 с тканевым обтюратором) эти «средства защиты» можно

надеть и дышать из-за прохождения воздуха через зазоры между маской и лицом.

На основании результатов многочисленных исследований, проводившихся в течение последних лет, во многих странах были установлены ограничения области применения респираторов разных конструкций и требования к их применению. Эти требования необходимо использовать в законодательстве Украины для предотвращения снабжения рабочих заведомо недостаточно эффективными респираторами. Из-за существенного отличия технически достижимой эффективности респираторов в лабораторных и в производственных условиях область допустимого их применения должна устанавливаться (в ДСТУ EN 529 или ином документе) на основе результатов производственных измерений коэффициентов защиты, как, например, в США и Великобритании.

Поскольку снижение запыленности в угольных выработках до ПДК<sub>р,з</sub> в краткие сроки невозможно, следует использовать для выбора СИЗОД их производственные показатели защитной эффективности, организовать более жесткий контроль за пылевой нагрузкой на горняков. Важна разработка новых улучшенных моделей – с надувным обтюратором, с переговорной мембраной (звукопроницаемым корпусом) и других для последующих производственных испытаний. Работодатель должен обеспечить высококачественное медицинское обслуживание людей, работающих во вредных условиях (санатории-профилактории, ингалятории и др.).

Необходимы учебные пособия, посвященные снижению загрязненности воздуха в угольных шахтах, а также по выбору и организации использования респираторов, которые позволят снизить развитие профессиональных заболеваний органов дыхания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дремов А. В. Обоснование рациональных параметров обеспыливания в комбайновом проходческом забое: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охрана труда» / А. В. Дремов. – М., 2010. – 68 с.
2. Galvin K. Variability in protection afforded by half-mask respirators against styrene exposure in the field / K. Galvin, S. Selvin, R. C. Spear // American Industrial Hygiene Association Journal. – 1990. – Vol. 51 – № 6. – P. 625–639.
3. Cohen H.J. Determining and validating the adequacy of air-purifying respirators used in industry Part I—Evaluating the Performance of a Disposable Respirator for Protection Against Mercury Vapor / H. J. Cohen // International Society for Respiratory Protection Journal of the International Society for Respiratory Protection. – 1984. – Т. 2. – № 3. – С. 296–304.

4. Myers W. R. Field Performance Measurements of Half-Facepiece Respirators—Foundry Operations / W. R. Myers, Z. Zhuang, T. Nelson // American Industrial Hygiene Association Journal. – 1996. – Т. 57. – № 2. – С. 166–174.
5. Myers W. R. Field Performance Measurements of Half-Facepiece Respirators: Steel Mill Operations / W. R. Myers, Z. Zhuang // American Industrial Hygiene Association Journal. – 1998. – Т. 59. – № 11. – С. 789–795.
6. Zhuang Z. Correlation Between Quantitative Fit Factors and Workplace Protection Factors Measured in Actual Workplace Environments at a Steel Foundry / Z. Zhuang, C. C. Coffey, P.A. Jensen eds. // American Industrial Hygiene Association Journal. – 2004. – Vol. 64. – № 6. – P. 730–739.
7. Janssen L. Workplace Performance of a Hood-Style Supplied-Air Respirator / L. Janssen, J. Bidwell // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. – 2008. – Т. 5. – № 7. —С. 438–443.
8. Janssen L. Performance of an N95 Filtering Facepiece Respirator in a Grinding Operation / L. Janssen, T. J. Nelson // International Society for Respiratory Protection Journal of the International Society for Respiratory Protection. — www.isrp.com, 2007. – Т. 24. – С. 21–30.
9. Janssen L. Performance of a Full Facepiece, Air-Purifying Respirator Against Lead Aerosols in a Workplace Environment / L. Janssen, J. Bidwell // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. – 2007. – Т. 4. – № 2. – С. 123–128.
10. Respiratory protection: Standard 29 CFR 1910.134. – 2006. – 8 p. – [www.osha.gov](http://www.osha.gov)
11. Guide to implementing an effective respiratory protective device programme: BS 4275–1997. – 1997. – 15 December. – 64 p.
12. Nicas M. Variability in Respiratory Protection and the Assigned Protection Factor / M. Nicas, J. Neuhaus // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. – 2004. – Vol. 1(2). – P. 99–109.
13. Nicas M. Spear A Probability Model for Assessing Exposure Among Respirator Wearers / M. Nicas, C. Robert. – Part I. – Description of the Model American Industrial Hygiene Association Journal. – 1992. – Vol. 53(7). – P. 411–418.
14. Nicas M. Spear A Probability Model for Assessing Exposure Among Respirator Wearers / M. Nicas, C. Robert. – Part II – Overexposure to Chronic Versus Acute Toxicants American Industrial Hygiene Association Journal. – 1992. – Vol. 53(7). – P. 419–426.
15. Federal Register. – Vol. 68. – No. 109. – Friday, June 6, 2003. – Proposed Rules. – P. 34044–34045.
16. Howie R. M. Practical Aspects of the Use of Respirators in the British Coal Mines / R. M. Howie, W. H. Walton. Respiratory Protection. Principles and Applications. — London, New York: Chapman & Hall, 1981. – P. 287–298. – 376 p.
17. Kissell F. N. Handbook for Dust Control in Mining / N. Fred. – DHHS (NIOSH) Publication No. 147. – 2003. – P. 122–124. – 131 p.
18. Colinet J. F. Best Practices for Dust Control in Coal Mining / J. F. Colinet, J. P. Rider, J. M. Listak etc. : DHHS (NIOSH) Publication. – 2010. – N. 110. – 76 p.
19. Солодінов А. І. Захворюваність на пневмоконіоз гірників вугільних шахт у Донецькій області / А. І. Солодінов // Вестник гигиены и эпидемиологии / ДонДМУ. – 2006. – № 1. – Т. 10. – С. 37 – 40.