

УДК 614.894.29, 613.632

УЛУЧШЕНИЕ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ОТ ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРУЮЩИХ РЕСПИРАТОРОВ (ОБЗОР ПРОБЛЕМ)

Капцов В.А.¹, Панкова В.Б.¹, Чиркин А.В.²

¹ ФГУП «ВНИИ гигиены транспорта Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», Москва, Россия

² ООО «Бета ПРО», Москва, Россия

Цель – сравнение требований к защите органов дыхания от газов фильтрующими средствами индивидуальной защиты (СИЗОД) в РФ и развитых странах для улучшения эффективности защиты работников.

Методы. Были исследованы требования законодательства; рекомендации специалистов (приводимые в учебных пособиях); учтены публикации в научных и специализированных журналах.

Результаты. Выявлен ряд отличий сложившейся за десятилетия практики выбора и организации применения фильтрующих противогазных (и комбинированных) СИЗОД в РФ с научно обоснованными подходами в развитых странах. Эти отличия повышают риск чрезмерного воздействия газообразных воздушных загрязнений на работников, острых отравлений и хронических профзаболеваний, а также повышают риск неприменения СИЗОД в загрязненной атмосфере и демотивируют работников.

Выводы. Необходимо, во-первых, стимулировать работодателей к улучшению условий труда; во-вторых, гармонизировать требования к выбору и применению СИЗОД с лучшими из имеющихся в развитых странах.

Ключевые слова: охрана труда, профессиональные заболевания, респираторы, СИЗОД, токсичные газы.

Для цитирования: Капцов В.А., Панкова В.Б., Чиркин А.В. Улучшение защиты органов дыхания от газов с помощью фильтрующих респираторов (обзор проблем). Медицина труда и экология человека. 2021;2:13-22

Для корреспонденции: Капцов В.А., заведующий отделом гигиены труда, профессор, доктор мед. наук, член-корр. РАН, e-mail: karcovva39@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10201>

IMPROVING RESPIRATORY PROTECTION FROM GASES USING FILTERING RESPIRATORS (OVERVIEW OF PROBLEMS)

Kaptsov V.A.¹, Pankova V. B.¹, Chirkin A. V.²

¹ "ARRI of Transport Hygiene of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing", Moscow, Russia

² Beta PRO LLC, Moscow, Russia

Purpose: Comparison of the requirements for respiratory protection from gases using filtering personal protective equipment (PPE) in the Russian Federation and developed countries to improve the effectiveness of worker safety.

Methods: We have studied legal requirements; recommendations of specialists (presented in training manuals); publications in scientific and specialized journals have been considered.

Results: We have detected a number of differences in the practice of selecting and organizing the use of filtering gas mask (and combined) PPE in the Russian Federation with scientifically based approaches in developed countries. These differences increase the risk of workers being overexposed to gaseous air pollution, acute poisoning and chronic occupational diseases; and also increase the risk of non-use of PPE in a polluted atmosphere, and demotivate workers.

Conclusions: It is necessary: (1) to stimulate employers to improve working conditions; (2) harmonize the requirements for the selection and use of PPE with the best available in developed countries.

Key words: occupational safety, occupational diseases, respirators, PPE, toxic gases.

Citation: Kaptsov V.A., Pankova V.B., Chirkin A.V. Improving respiratory protection from gases using filter respirators (overview of problems). Occupational health and human ecology. 2021: 2:13-22.

Correspondence: Kaptsov V.A., Head of the Occupational Hygiene Department, Professor, Doctor of Medicine, Corresponding Member of RAS, e-mail: kapcovva39@mail.ru.

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10201>

Несмотря на значительный прогресс науки и техники, часть работ все же выполняется в атмосфере, загрязненной токсичными газами. В таких случаях для защиты работников широко используют недорогие, легкие, удобные фильтрующие СИЗОД. Но их применение не всегда позволяет сохранить здоровье людей [1]. Сравнение западного опыта с практикой использования индивидуальной защиты органов дыхания в РФ поможет разработать пути улучшения методов применения СИЗОД.

Материал и методы. Для сравнительной оценки использовались требования национального законодательства к работодателю, определяющие порядок выбора и применения СИЗОД в Австралии, США, Канаде, Великобритании, странах Европейского союза, Японии; учебные пособия по выбору и применению СИЗОД, разработанные специалистами NIOSH (США), IRSST (Канада), HSE (Великобритания); другие научные публикации.

Результаты и их обсуждение. При использовании фильтрующих СИЗОД для защиты органов дыхания работников от токсичных газов работодателю необходимо обеспечить: своевременную замену противогазных фильтров; исключить чрезмерное просачивание загрязнений через зазоры между маской и лицом; неприменение СИЗОД в загрязненной атмосфере. Для выполнения этих условий в развитых странах имеются требования к выбору

и организации использования СИЗОД. В РФ эти вопросы охватывают «Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи...», закон №426-ФЗ, «Методика снижения классов (подклассов) ...»¹ и некоторые статьи Трудового кодекса [2]. Для помощи специалистам по охране труда предложены соответствующие рекомендации [3,4].

При сопоставлении западных требований и публикаций с их аналогами в РФ обнаружен ряд отличий.

1. Замена противогазных (и комбинированных) фильтров

1.1. Терминология и присутствие на рынке контрафактной продукции

При очистке воздуха от любых газообразных загрязнений все виды противогазных фильтров могут использоваться на рабочем месте лишь ограниченное время, после которого воздух перестает очищаться в необходимой степени. Этот период в англоязычной литературе называют *service life*. Его длительность зависит от химического состава и концентрации загрязнений; температуры, относительной влажности и расхода воздуха; количества, свойств сорбента в фильтре; непрерывного или дискретного использования. К сожалению, ни в ГОСТах, ни в публикациях на русском языке нет соответствующего эквивалентного термина. Встречающийся термин «время защитного действия»² (фильтрующих СИЗОД) относится к сертификационным испытаниям фильтров в лаборатории и не является эквивалентным. Причину отсутствия термина установить не удалось.

Определение срока службы (*service life*) в конкретных условиях использования СИЗОД может быть очень сложной задачей, однако в публикациях в научной периодике и каталогах отсутствуют сведения о том, что российские и часть иностранных поставщиков (КНР, Южная Корея) учитывают данный показатель. В то же время любой потребитель в той или иной степени сталкивается с задачей обеспечения своевременной замены фильтров и обязан научить работников менять фильтры своевременно (ст. 214, 225 [2]). Отсутствие в ГОСТах адекватного термина помогает поставщику «уходить» от неудобных вопросов, т.е. помещать сорбент в емкости, без указаний потребителю о безопасном применении его продукции. Например, если поставщик не может ответить по существу на вопрос: «Когда работник должен заменять фильтр?», он может сказать примерно следующее: «Время защитного действия фильтра (*модель*), сертифицированного согласно Техническому регламенту 019/2011, в соответствии с протоколом испытания при сертификации (*№ протокола*) по тест-

¹Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением: Приказ Минтруда России от 09.12.2014 № 997н. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_175841/ Available 30.04.2021;

О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 08.12.2020) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/a2d1f36be57aa07bb3d5a9867a8200ff79552c6e/ Available 30.04.2021;

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. URL: <https://base.garant.ru/70875756/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> Available 30.04.2021.

²Пример: п. 2.8 в ГОСТ 12.4.233-2012 «... Показатель, определяемый временем до достижения нормированной проскоковой концентрации **тест-вещества** за фильтром/фильтрующей полумаской **в заданных условиях испытаний** (*breakthrough time*)». Т.е. испытания в условиях, которые (в подавляющем большинстве случаев) не имитируют и не соответствуют условиям на рабочем месте. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/54492/> Available 30.04.2021.

веществу (например) цианистому водороду, составляет (например) 50 минут – что вдвое больше 25 минут, установленных в требованиях ГОСТа...». Такой подход к проблеме вызывает ассоциации с описанным в документе [5] изменением словарного запаса для изменения мышления людей.

Обращаем внимание, что при испытаниях по цианистому водороду фильтры марки «В» (неорганические газы и пары) проверяют³ до достижения концентрации HCN за фильтром $10 \text{ см}^3/\text{м}^3$ (табл.), то есть $\sim 12 \text{ мг}/\text{м}^3$; в то время как предельно допустимая концентрация (ПДКрз) этого вещества $0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$ (№ 606 Гидроцианид [6]). Это еще раз показывает непригодность «времени защитного действия» для оценки срока службы фильтра на практике.

Таблица

Сравнение «проскоковых концентраций» при сертификационных испытаниях фильтров (например, в таблице 2 в ГОСТ 12.4.245-2013) с ПДКрз [6]

Вещество	Молекулярная масса, г/моль	Проскоковая концентрация*		Максимально разовая ПДКрз, мг/м ³
		см ³ /м ³	мг/м ³	
Циклогексан	84,16	10	~37,6	80
Хлор	70,91	0,5	~1,58	1
Сероводород	34,08	10	~15,2	10
Циановодород	27,03	10	~12,1	0,3
Диоксид серы	64,07	5	~14,3	10
Аммиак	17,03	25	~19	20

* Концентрация в мг/м³ вычислена для условий, когда 1 моль занимает 22,4 л.

Выявление причин отравления работников из-за запоздалой замены противогазных фильтров может быть затруднено присутствием на рынке контрафактных изделий. К сожалению, поставщики фильтров не используют современные методы идентификации своего товара, которые могут позволить эффективно различить случаи отравлений из-за низкого качества фильтров от случаев отравлений из-за отсутствия адекватных указаний по замене высококачественных сертифицированных изделий [7].

1.2. Использование реакции органов чувств для оценки срока службы

В целом российские и иностранные поставщики и специалисты по СИЗОД не склонны давать потребителю советы по замене противогазных фильтров. Иногда это делается с упоминанием таких показателей, как «органолептический метод» [3] или же «появление запаха ...» [4], т.е. с помощью субъективной реакции органов чувств работника на повышение концентрации токсичного газа в очищенном воздухе. Фактически при защите от большинства газов (и смесей) ничего иного не предлагается, этот метод становится основным. Из достоинств такого подхода отмечается отсутствие затрат на определение срока службы. Но сравнение ПДКрз с опубликованными порогами восприятия запаха

³ Фильтры В1, В2 и В3, Таблица 2 в: ГОСТ 12.4.245-2013 URL <https://internet-law.ru/gosts/gost/56755/> Available 05.05.2021

многочисленных газов (~240) показывает, что при воздействии большинства из них хотя бы часть работников не способна обнаружить превышение ПДК_{крз} из-за отсутствия запаха у газа; а также из-за пониженной индивидуальной чувствительности обонятельного анализатора, снижения чувствительности из-за привыкания, отвлечения внимания на работу и по иным причинам⁴ [7]. Такой способ запрещено использовать во всех развитых и многих развивающихся странах.

1.3. Срок службы при однократном применении фильтра

Для своевременной замены фильтров законодательство многих стран обязывает работодателя: определить условия использования СИЗОД, влияющие на срок службы; предоставить эти данные изготовителю фильтров; получив от него значение срока службы для конкретных условий, составить расписание их замены. Для оценки срока службы ведущие производители рекомендуют использовать компьютерные программы, доступные бесплатно на их сайтах. К сожалению, при защите от газов, плохо растворяющихся в воде, и при большой влажности воздуха они могут завышать срок службы. В таких условиях единственным способом является непосредственное измерение срока службы - на рабочем месте или при имитации условий труда на конкретном рабочем месте. Недостатком замены по расписанию является то, что оценка срока службы под «наихудший возможный случай» приводит к преждевременной замене фильтров во всех остальных случаях, увеличивая затраты.

В документе [8] описан пример использования универсальной программы MultiVapor для оценки срока службы. Фильтры стали менять по расписанию каждые 4 часа, а не через 2-3 дня. После этого случаи, когда заменяемые фильтры (на момент замены) уже не очищали воздух, перестали обнаруживаться.

1.4. Неоднократное применение фильтров

При защите от газов при их невысокой концентрации и большой сорбционной емкости фильтра, срок службы может превышать продолжительность одной смены на порядки. Возникает желание использовать фильтр неоднократно, с перерывами. Но при хранении часть уловленных газов может десорбироваться и переместиться к отверстию для выхода очищенного воздуха так, что повторное использование СИЗОД даже в не загрязненной атмосфере может стать опасным. Риск такого использования до настоящего времени плохо изучен и зависит от количества уже уловленного вещества, его свойств⁵, свойств сорбента и его количества в фильтре. Поставщики обычно не дают никакой информации о возможности неоднократного применения фильтра, а использование реакции органов чувств - ненадежно. В США Санитарные Правила (*OSHA Standards*) по работе с бензолом и некоторыми другими веществами запрещают использовать фильтры более одной смены и разработана программа для оценки допустимости двукратного применения фильтров при защите от органических соединений [9]. В РФ, по сути, потенциальная опасность замалчивается.

⁴ Статья направлена в журнал «Медицина труда и промышленная экология».

⁵ Температура кипения 65 град. С не является показателем способности десорбироваться [лекция].

2. Границы допустимого применения СИЗОД разных типов

Токсичные газы могут попадать в организм работника при использовании исправного СИЗОД как через фильтр, так и через зазоры между маской и лицом. Советские противогазы обычно комплектовали лицевой частью, полностью закрывавшей не только лицо, но и всю голову до шеи (шлем-маска «ШМП»). При правильном выборе размера из-за широкой полосы прилегания к голове и аккуратном надевании риск просачивания через зазоры был минимален и производители длительное время рекомендовали пренебрегать им вообще. Однако недостатки ШМП (очень плохой обзор, низкие эргономические показатели, дискомфорт) порой приводили к отказу от применения СИЗОД при небольшом превышении ПДКрз. Работодатели запрашивали противогазы с масками, обеспечивающими хороший обзор, но производители СИЗОД длительное время не выполняли этот запрос. Оказалось, что у масок с панорамным стеклом и нешироким обтуратором просачивание неотфильтрованного воздуха через зазоры может достигать очень больших значений (до 9% от вдыхаемого воздуха [10]) и продолжать пренебрегать этим уже нельзя. По этой причине применение СИЗОД с полнолицевыми масками с панорамным стеклом в США, Великобритании, Канаде, Японии допускается до 40-50 ПДКрз; а полумасок до 10 ПДКрз. Это сводит случаи превышения ПДКрз из-за просачивания через зазоры к минимуму. Выбор СИЗОД в РФ не регламентируется законодательством так детально, как в развитых странах, а ограничения для разных видов СИЗОД по превышению ПДКрз – не установлены. Это позволяет поставщикам завышать эффективность СИЗОД на порядки (например, давая данные о проникновении вредных веществ в маску = 0,001% - но не уточняя, что этот результат получен в лабораторных условиях и может достигаться на практике редко).

3. Неприменение СИЗОД работником

В соответствии со статьей 214 Трудового кодекса [2] работник обязан своевременно и правильно применять выдаваемые ему работодателем (и приобретенные за счет работодателя или Фонда социального страхования) сертифицированные СИЗ. Поэтому, на первый взгляд, ответственность за случаи неприменения СИЗОД в загрязненной атмосфере (и последствия этого) ложится на работника.

Статья 225 [2] обязывает работодателя обучать работников, но (при применении фильтрующих противогазных СИЗОД) в большинстве случаев он не в состоянии объяснить работнику правила безопасной смены фильтров (т.е. какой срок службы фильтра; когда их можно использовать неоднократно, а когда нельзя), поскольку у него самого нет такой информации. При этом использование субъективной реакции органов чувств может привести к отравлению, по крайней мере, у части работников.

Выдача полумасок для защиты при значительном превышении ПДКрз не исключает отравление хотя бы части работников, т.к. полумаски не обеспечивают плотное прилегание к лицу.

Наконец, при сертификации СИЗОД проводится оценка воздействия углекислого газа на работника (вдыхание ранее выдохнутого воздуха, накапливающегося в маске). СИЗОД

всех типов проверяются при объеме вдоха (дыхательной машины на стенде) 2 литра⁶, что соответствует тяжелой работе, и сертифицируются при средней концентрации CO₂ во вдыхаемом воздухе до 1% (т.е. допускается двукратное превышение среднесменной ПДКрз). Замеры на людях и стенде (при меньшем объеме вдоха, что типично на практике) показали, что концентрация CO₂ может превышать максимально разовую ПДКрз более чем в 1,8 раза, среднесменную – в несколько раз (27 и 9 грамм/м³ [1,37 и 0,46% по объему] соответственно, № 2138 Углерода диоксид [6]) [11-13]. Запоздалая замена фильтров (не по вине работника), выдача заведомо недостаточно эффективных типов СИЗОД, чрезмерное воздействие CO₂ не позволяют считать выдаваемые СИЗОД как соответствующие требованиям охраны труда (ст. 219 [2]). Вопрос о том, виноват работник в неприменении СИЗОД или же поставщик с работодателем в том, что выданный СИЗОД невозможно считать соответствующим требованиям охраны труда, как минимум спорный. Результат (отравления) не меняется в любом случае.

Заключение. В условиях регистрации незначительной, по сравнению с зарубежными показателями, доли профессиональных заболеваний [14], случаи их возникновения из-за ошибок при выборе и организации применения СИЗОД не вызывают адекватных негативных последствий для работодателя и тем более для поставщика сертифицированных СИЗОД. Этому способствует отсутствие: конкретных требований к организации респираторной защиты (таких как в развитых странах), адекватных программ обучения и учебных материалов для подготовки работников, руководителей, специалистов по охране труда.

Эти условия помогают сохранять устаревшие подходы к выбору и применению СИЗОД, не соответствующих как современному уровню науки и практике в развитых странах, так и требованиям охраны труда; повышают риск для жизни и здоровья работников, демотивируют их, увеличивая текучесть кадров, ухудшая производительность труда и дисциплину, стимулируют рост потребления алкоголя. В то же время менее ответственные работодатели, формально выполняя несовершенные требования законодательства, получили возможность снижать классы (подклассы) труда за счет выдачи неэффективных СИЗОД и запоздалой замены фильтров. Это бессмысленно и недопустимо.

Для улучшения защиты здоровья работников необходимо действенно стимулировать работодателей к улучшению условий труда, а выбор и применение СИЗОД должны регулироваться законодательными требованиями, аналогичными лучшему мировому уровню.

Рекомендации

1. При установлении возможной взаимосвязи причин заболевания у работавших в атмосфере, загрязненной газообразными вредными веществами, необходимо учитывать возможность недостаточной эффективности СИЗОД.
2. Учитывать риск публикации неадекватных рекомендаций, например: «при установке на противогазный фильтр противоаэрозольного предфильтра срок службы увеличивается в

⁶ Пункт 8.10 в: ГОСТ EN 1827 Полумаски из изолирующих материалов без клапанов вдоха со съёмными противогазовыми, противоаэрозольными или комбинированными фильтрами. URL <https://internet-law.ru/gosts/gost/53025/> Available 05.05.2021.

10 раз» (см. [7]). Для обучения выбору СИЗОД и замене фильтров рекомендуются [15], [16]⁷ и [7].

Список литературы:

1. Капцов В.А., Чиркин А.В. Об эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания как средства профилактики заболеваний (обзор). Токсикологический вестник. 2018; (2): 2-6. doi 10.36946/0869-7922-2018-2-2-6.
2. Трудовой кодекс РФ. Статьи: 214. Обязанности работника в области охраны труда; 219. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда; 225. Обучение в области охраны труда, URL: <https://www.zakonrf.info/tk/ch3/> Available 28.04.2021.
3. Каминский С.Л., Коробейникова А.В., Рогожин И.Б. и др. Методические рекомендации по выбору и применению средств индивидуальной защиты органов дыхания. Под. ред. Сорокина Ю.Г. и др. М.: Издательство «КОЛОС»; 2006.
4. Руководство по выбору фильтров (Материалы и средства для обеспечения безопасности труда). М.: ЗМ; 2018.
5. Part 1, Chapter 5. In: G. Orwell. 1984. Adelaide (Australia). University of Adelaide, 2016.
6. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, URL https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9967 Available 05.05.2021
7. Капцов В.А., Чиркин А.В. Замена противогазных фильтров СИЗОД. 2019. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) Available 30.04.2021.
8. M Jahangiri, J Adl, SJ Shahtaheri, Hn Kakooe, AR Forushani & MR Ganjali. Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting for developing change schedule of respirator cartridges. J Environ Health Sci Eng 2014; 12(1): 41. doi 10/1186/2052-336X-12-41
9. G.O. Wood & J.L. Snyder. Estimating Reusability of Organic Air-Purifying Respirator Cartridges. J Occup Environ Hyg 2011; 8(10): 609-617. doi 10.1080/15459624.2011.606
10. Tannahill S.N., R.J. Willey & M.H. Jackson. Workplace Protection Factors of HSE Approved Negative Pressure Full-Facepiece Dust Respirators During Asbestos Stripping: Preliminary Findings. Ann Occup Hyg 1990; 34(6): 541-552. doi: 10.1093/annhyg/34.6.547 URL
11. E. Sinkule, N. Turner, S. Hota (NIOSH). Automated Breathing and Metabolic Simulator (ABMS) CO2 Test for Powered and Non-Powered Air-Purifying Respirators, Airline Respirators, and Gas Mask. *American Industrial Hygiene Conference and Exposure. Dallas (Texas)*, 2003. Abstract #227, p. 54 <https://www.researchgate.net/publication/307855799>
12. C.L. Smith, J.L. Whitelaw & B. Davies. Carbon dioxide rebreathing in respiratory protective devices: influence of speech and work rate in full-face masks. Ergonomics. 2013; 56(5): 781-790. doi 10.1080/00140139.2013.777128. URL

⁷ Доступны и в переводе, соответственно: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Руководство_по_выбору_респираторов_2004.pdf

https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД

<https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1836&context=smhpapers> Available 05.05.2021.

13. G.O. Dahlbäck, L-G Fallhagen. A Novel Method for Measuring Dead Space in Respiratory Protective Equipment. *J Int Soc Respir Prot* 1987; 5(1): 12-18.
14. Измеров Н.Ф., Кириллов В.Ф., ред. Краткий исторический очерк развития гигиены труда. Гл.1. Гигиена труда. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008.
15. N. Bollinger. NIOSH Respirator Selection Logic. Cincinnati, OH: NIOSH; 2004. doi 10.26616/NIOSH PUB2005100
16. Occupational Safety and Health Administration (USA). Respirator Change Schedules. Respiratory Protection eTool, 2019. URL https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html Available 28.04.2021

References:

1. Kaptsov V.A., Chirkin A.V. About efficiency of individual protection equipment of respiratory organs as prophylactics of diseases (review). *Toksikol. Vestn.* 2018; (2): 2-6. doi 10.36946/0869-7922-2018-2-2-6
2. Labor Code of the Russian Federation. Articles: 214. Obligations of Employees in Occupational Safety and Health; 219. Right of employee to work in conditions that meet the requirements of occupational safety; 225. Occupational Safety and Health Training. URL: <https://www.zakonrf.info/tk/ch3/> Available 28.04.2021. On Russian.
3. S.L. Kaminsky, A.V. Korobeinikova, I.B. Rogozhin et al.. Recommendations for the selection and use of respirators. Sorokin Yu.G. ed. Moscow: Publishing House "KOLOS", 2006. On Russian.
4. 3M Cartridge Selection Guide (Materials and Supplies for Workplace Safety). Moscow: 3M, 2018. On Russian.
5. Part 1, Chapter 5. In: G. Orwell. 1984. Adelaide (Australia): University of Adelaide, 2016. p. 61.
6. Hygienic Standard GN 2.2.5.3532-18 Occupational Exposure Limits (OEL) of Hazardous Substances in the Workplace Air, URL https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9967 Available 05.05.2021. On Russian.
7. Kaptsov V.A., Chirkin A.V. Respirator cartridge replacement (lecture). 2019. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) Available 05.05.2021. On Russian.
8. M Jahangiri, J Adl, SJ Shahtaheri, Hn Kakoee, AR Forushani & MR Ganjali. Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting for developing change schedule of respirator cartridges. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2014; 12(1): 41.
9. G.O. Wood & J.L. Snyder. Estimating Reusability of Organic Air-Purifying Respirator Cartridges. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2011; 8(10): 609-617.
10. Tannahill S.N., R.J. Willey & M.H. Jackson. Workplace Protection Factors of HSE Approved Negative Pressure Full-Facepiece Dust Respirators During Asbestos Stripping: Preliminary Findings. *Ann Occup Hyg.* 1990; 34(6): 541-552. doi: 10.1093/annhyg/34.6.547 URL <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1836&context=smhpapers>

11. E. Sinkule, N. Turner, S. Hota (NIOSH). Automated Breathing and Metabolic Simulator (ABMS) CO₂ Test for Powered and Non-Powered Air-Purifying Respirators, Airline Respirators, and Gas Mask. *AIHCE. Dallas (TX)*, 2003. p. 54.
12. C.L. Smith, J.L. Whitelaw & B. Davies. Carbon dioxide rebreathing in respiratory protective devices: influence of speech and work rate in full-face masks. *Ergonomics*. 2013; 56(5): 781-790. doi 10.1080/00140139.2013.777128.
13. G.O. Dahlbäck, L-G Fallhagen. A Novel Method for Measuring Dead Space in Respiratory Protective Equipment. *J Int Soc Respir Prot* 1987; 5(1): 12-18.
14. Измеров Chapter 1: History of Occupational Hygiene. In: Izmerov N.F., Kirillov V.F. eds. *Occupational Hygiene*. Moscow: GEOTAR-Media Publishers. 2008. On Russian.
15. N. Bollinger. NIOSH Respirator Selection Logic. NIOSH. — Cincinnati, OH: NIOSH; 2004. doi 10.26616/NIOSH PUB2005100
16. Occupational Safety and Health Administration (USA). Respirator Change Schedules URL https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html Available 28.04.2021

Поступила/Received: 11.05.2021

Принята в печать/Accepted: 27.05.2021.