

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

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

Замена фильтров противогазов по расписанию (обзор литературы)

¹ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», 125438, Москва, Российская Федерация;

²ООО «Бета ПРО», 111024, Москва, Российская Федерация

Введение. Необходимым условием защиты работника от газов с помощью фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) является своевременная замена фильтров. Ранее для этого использовали реакцию органов чувств на попадание газа в маску. Из-за ненадёжности этот способ был полностью запрещён во всех развитых странах, так как для составления расписания замены фильтров срок их службы оценивается в наихудших ожидаемых условиях.

Материал и методы. Использовали публикации National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), US Occupational Health and Safety Administration (OSHA), Taylor & Francis, Springer, Oxford University Press, Journal of the ISRP, требования законодательства в развитых странах, регламентирующего применение СИЗОД, и другие публикации.

Результаты. В статье описаны проблемы и пути их решения при: составление расписания с помощью математического моделирования срока службы (однократное применение фильтра), учёта его достоинств и недостатков и проблем при неоднократном применении.

Ограничения исследования. При подготовке настоящей статьи были использованы отечественные и зарубежные литературные материалы, подтверждающие рекомендации авторов по оптимизации средств защиты работающих.

Заключение. Рассмотрены обстоятельства, создающие повышенный риск для работников в Российской Федерации, даны рекомендации по улучшению защиты.

Ключевые слова: респиратор; СИЗОД; фильтры; токсичные газы; профзаболевания

Для цитирования: Капцов В.А., Панкова В.Б., Чиркин А.В. Замена фильтров противогазов по расписанию (обзор литературы). *Токсикологический вестник*. 2021; 30(1): 38-44. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-1-38-44>

Для корреспонденции: Капцов Валерий Александрович, доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, заведующий отделом гигиены труда ФГУП «ВНИИ гигиены транспорта» Роспотребнадзора, 125438, г. Москва, Российская Федерация. E-mail: kaptsovva@mail.ru

Участие авторов: Капцов В.А. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Панкова В.Б. – анализ информации, написание текста, редактирование; Чиркин А.В. – сбор информации, редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование велось без спонсорской поддержки.

Поступила в редакцию: 21 декабря 2021 / Принята в печать: 03 февраля 2022 / Опубликовано: 28 февраля 2022

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

Respirator cartridge change schedule (literature review)

¹All-Russian Research Institute of Railway Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Customer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, 125438, Russian Federation;

²LLC "Beta PRO", Moscow, 111024, Russian Federation

Introduction. A necessary condition for protecting an employee from gases with the help of filtering personal respiratory protection equipment (PPE) is the timely replacement of filters. Previously, the reaction of the sense organs to the ingress of gas into the mask was used for this. Due to unreliability, this method has been

completely banned in all developed countries, since filter life is estimated under the worst expected conditions for scheduling filter replacement.

Materials and methods. We prepared the article using publications NIOSH, OSHA, Taylor & Francis, Springer, Journal of the ISRP, legal requirements of developed countries for the use of respirators, and other available publications.

Results. The article describes problems and ways to solve them during scheduling, using mathematical modeling of the service life (single use of the filter), taking into account its advantages and disadvantages and problems in assessing the safety of reuse of cartridges.

Conclusion. The article contains an analysis of the sources of risk for workers using gas masks in Russian Federation; recommendations for its reduction are given.

Keywords: *respirator; PPE; gas filters; toxic gases; occupational diseases*

For citation: Kaptsov V.A., Pankova V.B., Chirkin A.V. Respirator cartridge change schedule (literature review). *Toksikologicheskii vestnik (Toxicological Review)*. 2022; 30(1): 38-44. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2022-30-1-38-44> (In Russian)

For correspondence: Valery A. Kaptsov, Doctor of Medical Science, Professor, Head of the Department of Occupational Health in All-Russian Research Institute of Railway Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Customer Rights Protection and Human Wellbeing, 125438, Moscow, Russian Federation. E-mail: kaptsovva39@mail.ru

Information about the authors:

Kaptsov V.A., <https://orcid.org/0000-0002-3130-2592>

Pankova V.B., <https://orcid.org/0000-0002-3035-4710>

Chirkin A.V., <https://orcid.org/0000-0003-3661-8323>

Contribution: Kaptsov V.A. – the concept and design of the study, writing a text, editing; Pankova V.B. – processing of material, writing a text, editing; Chirkin A.V. – collection processing of material; writing a text, editing. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Conflict of interests. Authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Accepted: December 21, 2021 / Received: February 03, 2022 / Published: February 28, 2022

Введение

Для индивидуальной защиты органов дыхания от газообразных воздушных загрязнений могут использоваться изолирующие и, во многих случаях, фильтрующие СИЗОД. Последние сравнительно легче, компактней, проще и дешевле, не ограничивают перемещение работника (как шланговые СИЗОД), и, на первый взгляд, не требуют квалифицированного техобслуживания. Это обусловило их широкое применение. Но эффективная защита может быть обеспечена лишь при своевременной замене фильтров¹.

Материал и методы

Для подготовки статьи использовали публикации NIOSH, OSHA, Taylor & Francis, Springler, Oxford University Press, Journal of the International Society for Respiratory Protection, требования законодательства к замене фильтров, и другие публикации.

¹ Период времени, в течение которого фильтр СИЗОД, используемый работником на рабочем месте, снижает загрязненность очищенного воздуха до концентрации, меньшей, чем предельно допустимая концентрация (ПДК_{р.з.}), у фильтров всех типов ограничен. Период зависит от состава загрязнений, их концентрации, свойств фильтра, условий на рабочем месте и потребления воздуха работником. Далее он будет называться «срок службы» (*Service life* – 3. Definitions. In: Canadian Standard Association. Standard Z94.4-11. Selection, use, and care of respirators, p. 7), так как термин «время защитного действия» (пункт 2.8 в: ГОСТ Р 12.4.233-2012) относится к испытаниям фильтра в лаборатории на стенде и не применим на практике для обозначения длительности защиты на рабочем месте.

Результаты

Оценка срока службы (однократное непрерывное применение). Воздух рабочей зоны может содержать вредные вещества в газообразном состоянии; для более чем 1100 из них разработаны ПДК_{р.з.} (предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны), для более 140 – ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия). Отличия строения молекул обуславливают многообразие свойств: и в части токсичности, и в части способности фильтра очищать от них воздух. В табл. 1 приведены оценки срока службы фильтра «органические соединения» в схожих условиях при защите от разных веществ.

В прошлом веке для оценки срока службы часто использовали субъективную реакцию органов чувств работника на повышение концентрации газа во вдыхаемом воздухе (запах, раздражение, привкус). Однако из-за того, что порог восприятия запаха многих веществ выше ПДК_{р.з.}, то у части рабочих из-за привыкания и отвлечения внимания снизилась чувствительность органа обоняния, поэтому во всех развитых странах отказались от продолжения использования этого способа [1]. Было разработано более полсотни приспособлений для установки на фильтр/мас-

Таблица 1 / Table 1

Минимальные оценки срока службы фильтра (один на маске) с сорбционной ёмкостью, не превышающей ёмкости фильтра А1, при расходе воздуха 50 л/мин, температуре 20 °С, относительной влажности 50% (расчёт выполнен с помощью Multi Vapor 2.2.5 (июнь 2018 г.))
Estimates of minimum values of service life of cartridges by Multi Vapor 2.2.5 (2018). Sorption capacity is close to A1. Air flow rate 50 l/min, temperature 20 °C, relative humidity 50%

Вещество	Максимально разовая ПДК _{р.з.} ¹ , мг/м ³	Порог (максимальный) восприятия запаха людьми, мг/м ³		Срок службы, мин	
		АИНА ²	ЗМ Russia ³	10 ПДК ⁴	50 ПДК ⁴
Метил изобутенил кетон	1	48	0,23	9453	2502
1,1,2,2-Тетрахлорэтан*	5	50	1,46	5714	1394
2-Хлорпропилен оксид*	2	46	3,59	3066	1074
Винил карбинол ⁴	2	83	1,16	1225	550
Бензол ⁴	15	1000	29,7	626	176
Толуол	150	1000	0,61	145	32
Тетрагидрофуран*	100	180	11,4	95	29
Хлористый метилен*	100	1530	3,41	49	21
Гептан*	900	3000	40,7	22	4
Этиловый спирт	2000	76000	0,28	11	2

Примечание. * по данным International Chemical Safety Cards (https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=en), обнаружение превышения ПДК по появлению запаха ненадёжно.

¹ СанПиН 1.2.3685-21. Доступно: <https://base.garant.ru/400274954/#friends> (дата обращения 16 декабря 2021).

² Обзор Американской ассоциации промышленной гигиены (США) (American Industrial Hygiene Association, АИНА). Murnane S.S., et al. Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards. 2ed., Falls Church, 2013.

³ Каталог ЗМ Russia «Выбор фильтров», 2018, автор не указан.

⁴ Превышение максимальной разовой ПДК_{р.з.} в воздухе рабочей зоны (в США, Канаде, Японии и др. применение полумасок ограничено 10 ПДК_{р.з.}, а полнолицевых масок 50 ПДК_{р.з.}).

ку, предупреждавшие работника о завершении срока службы [2]. Но, по ряду объективных и субъективных причин, их производство прекращено почти полностью².

Основным способом профилактики несвоевременной замены фильтров стала оценка их срока службы для составления расписания замены. Для оценки используют:

1. Измерение срока службы при лабораторной имитации наихудших условий на рабочем месте, или при прокачивании через фильтр воздуха рабочей зоны. Во многих случаях способ требует применения таких средств измерений, которых нет у работодателей, и поэтому применяется нечасто (хотя обеспечивает самый точный результат).

2. Приближенная оценка срока службы путём математического моделирования. В середине 1990-х гг. в Национальной лаборатории в атомном центре в Лос-Аламосе начали разраба-

тывать алгоритм вычисления срока службы. Первая версия программы Multi Vapor, выпущенная в конце 1990-х гг., позволяла вычислять срок службы при защите лишь от одного вещества (для примерно сотни органических соединений). Сравнение вычислений и измерений показало, что вычисленный срок службы мог иногда быть больше фактического (пример: иодометан – в 2,4 раза; у большинства веществ отличие <50% [3]). Но привыкание к запаху, например, стирола, может в группе рабочих повысить средний порог восприятия запаха ~ в 30 раз; а индивидуальные пороги у работников в группе могут различаться на 2–4 порядка. Поэтому Департамент условий и охраны труда (OSHA, в Минтруда США), несмотря на очевидные недостатки программы (невозможность вычислить срок службы при загрязнении воздуха более чем одним газом и при большой влажности воздуха, когда вода заполняет поры активированного угля), и учтя значительно большее разнообразие сроков службы при защите от разных веществ (см. табл. 1), рекомендовал составлять распи-

² См. «Перспективный противогазовый фильтр». Доступно: https://www.researchgate.net/publication/351083001_Perspektivnyj_protivogaznyj_filt_r_dla_sredstv_individualnoj_zasity_organov_dyhanija_-_The_improved_gas_cartridges_for_the_filtering_respirators

Таблица 2 / Table 2

Сроки службы (расчёт/замер) для разной относительной влажности воздуха [4]
Cartridge service life. Comparison of calculation and measurement at different relative humidity [4]

Вещество (растворимость в воде)	Влажность, %	Срок службы, мин	
		расчёт	замер
Четырёххлористый углерод (0,05%)	50	183	185
	65	148	18
н-гексан (0,002%)	50	191	139
	65	36	109
2-пропанол (смешивается)	50	211	192
	59	170	199

сание с помощью программы. При её применении рекомендовали уменьшать вычисленное значение на коэффициент безопасности (например, вдвое); и округлять результат в меньшую сторону. Затем Multi Varog улучшили, сейчас она вычисляет срок службы при защите от нескольких газов одновременно (до 5), из более 230 веществ. Программа бесплатно доступна, универсальна, при вводе свойств газов и фильтра позволяет приближённо оценить срок службы в разных условиях.

Алгоритм вычислений использует изотерму Дубинина–Радужкевича. Так как она плохо описывает улавливание малорастворимых в воде газов во влажном воздухе, то при влажности выше 45–65% отличие между вычисленным и измеренным сроками службы может многократно возрасти (табл. 2). Поэтому при защите от нерастворимых в воде газов во влажном воздухе, использование Multi Varog недопустимо. Другой недостаток – программа написана для условий США (сравнительно большие ПДК_{рз}, установленные не для массовой концентрации (мг/м³), а концентрации по объёму: в США её измеряют в частях на миллион (ppm), так что 1000 ppm = 0,1%). При переводе концентрации из мг/м³ в ppm, и (русских) ПДК_{рз}, во многих случаях получаются настолько маленькие численные значения, что расчёт невозможен.

Крупные производители СИЗОД на основе Multi Varog разработали свои бесплатные программы. Они не универсальны (фильтр выбирается из списка; вводить его свойства, как в Multi Varog, нельзя). Работая с конкретными моделями фильтров, изготовители *могли* определить отличие измеренного и вычисленного срока службы (во влажном воздухе), и заложить поправку в про-

граммы. В результате точность расчётов *может быть* выше, чем у Multi Varog. Расходы на создание программ заложены в стоимость фильтров; и, по сути, потребитель покупает не коробочку с достаточно недорогим сорбентом³, а услугу: возможность безопасно использовать фильтрующий СИЗОД. Часть программ не позволяет вводить ПДК_{рз} (как в Multi Varog), и можно лишь догадываться, какой концентрации газа в маске соответствует рассчитанный срок службы.

Национальное законодательство Австралии, США [5], Канады, европейских стран, Японии требует от работодателя: (1) определить условия применения СИЗОД (наихудший возможный случай); (2) получить от изготовителя значение срока службы в этих условиях для составления расписания замены.

Дискретное применение фильтров. Верхние строки табл. 1 показывают, что после использования фильтра в течение 1 смены, в нём нередко остаётся много ненасыщенного сорбента. Тогда, *может быть*, фильтр можно использовать и более 1 смены. Это соответствует указанию в (табл. 5.3, с. 387; и другим публикациям на русском языке) [6]. Пример: фильтры А большого габарита, при превышении ПДК_{рз} >100 раз: срок службы 1 мес, годовая потребность 11 штук.

Уловленные молекулы токсичных веществ могут удерживаться сорбентом не очень прочно. Часть их может десорбироваться и вернуться в воздух. Уже предлагалось использовать десорбцию для регенерации фильтров (с полностью насыщенным сорбентом)¹. Повторное/многократное применение фильтра, накопившего много загрязнений, может стать опасным даже в незагрязнённой атмосфере: при достаточно длительном хранении десорбировавшиеся молекулы за счёт диффузии *могут* переместиться в сторону меньшей концентрации (к отверстию для выхода очищенного воздуха). В результате ПДК может быть превышено при первом вдохе. Органические соединения с низкой температурой кипения (Т_{кип}) в среднем, более склонны к десорбции. ГОСТ 12.4.235-2012 предусматривает существование двух типов фильтров для защиты от органических соединений – с Т_{кип} выше (А) и ниже (АХ) 65 °С. Но Т_{кип} 65 °С не является границей между опасными и безопасными веществами, значение выбрали произвольно [7]. Из-за многообразия свойств газов, сорбентов, фильтров, условий применения и хранения это –

³ В типичном фильтре для установки на полумаски 45–80 грамм сорбента; стоимость 100 г. активированного угля, включая импортный из кокосов (<https://geosorb.ru/category/ugol-aktivnyy-kokosovyy/>), 10÷70 руб (06.2021), цена фильтра UNIX 522 (АО «Сорбент») 1300 руб.

сложный и недостаточно изученный вопрос, и разработать научно обоснованные требования законов в части дискретного применения трудно. Санитарные правила (США) по работе с акрилонитрилом, бензолом, 1,3-бутадиеном, формальдегидом, винилхлоридом запрещают применять фильтры более 1 смены (даже тогда, когда опасности нет). В других случаях дискретное применение допустимо, но лишь тогда, когда работодатель получит от производителя справку о его безопасности [3].

Создатель Multi Varog попытался сделать программу для оценки риска повторного применения. Программа IBUR учитывает свойства фильтра, газов, условия первого применения, длительность хранения. Её недостатки: (1) создана на основе Multi Varog и потому может недооценивать влияние влажного воздуха при защите от нерастворимых в воде газов; (2) ещё не прошла никакой независимой проверки; и пока не рекомендована для использования. Специалисты 3М (США) предложили компромиссный вариант: разрешить использовать фильтр в пределах непрерывного срока службы (например, 2 смены *подряд*; но не в пятницу и следующий понедельник, при сроке службы 36 ч (24+8)).

Замена фильтров в СССР и РФ. Длительное время, при защите от большинства газов, советовали менять фильтр по появлению запаха в маске. Видя результат применения этого совета на практике, профпатологи уже в 1939 г. отметили ненадёжность этого способа и попытались разработать лучший. Неудача привела к тому, что они рекомендовали, по сути: (1) менять фильтры по расписанию, и (2) для оценки срока службы использовать результат испытаний (с. 42, 79–80 [9]). Это точно соответствует современным подходам. Но проводить испытания фильтров может незначительная часть работодателей, а замена на основе паспортного (сертификационного) времени защитного действия, получаемого при большой концентрации газов, может приводить к чрезмерному занижению срока службы в часто встречающемся слабозагрязнённом воздухе. Ненадёжность использования органов чувств осознавалась и разработчиками СИЗОД. И они использовали уникальное свойство советских фильтров – исключительно небольшое число моделей. В каталогах 1974 и 1982 гг. на считанных страницах даны сроки службы *всех моделей* фильтров при защите от >60 веществ, при разных концентрациях, от 5 до 1000 ПДК_{р.з.} [10]. Для сравнения, таблицы для >100 веществ, но для одной модели фильтра (органические соеди-

нения), появились в США только в 1990-е гг. То есть по некоторым показателям развитие науки и практики в этой области ранее *не только не отставало* от мирового уровня, а в чём-то даже превосходило. С другой стороны, публикаций о риске при повторном использовании фильтров в книгах и каталогах на русском языке мы не встретили. После 1991 г. произошли изменения, негативно повлиявшие на безопасность:

1. Был освоен выпуск маленьких (удобных) фильтров с небольшим количеством сорбента, устанавливаемых прямо на маску. Их срок службы гораздо меньше, чем у советских фильтров (масса 2 кг), но никаких способов его оценки потребителям не предоставили.

2. Рекомендуемую область применения полумасок (с маленькими фильтрами) расширили с 10–15 ПДК_{р.з.}, как минимум, до 50 ПДК_{р.з.}. Таблица 1 наглядно показывает, что это в несколько раз сократило срок их службы.

3. Гармонизация с европейскими требованиями (при сертификации СИЗОД) привела к полному изменению номенклатуры моделей противогазных фильтров, и использование ранее опубликованных (в каталогах 1974 и 1982 гг.) значений сроков службы в новых условиях стало невозможно.

В целом потребители стали сталкиваться с необходимостью менять фильтры гораздо чаще; и одновременно, даже те несовершенные средства, которые позволяли обходиться без ненадёжной реакции органов чувств, стали недоступны. Западные производители СИЗОД, попав в специфические условия РФ (и беря на работу в свои филиалы в основном граждан РФ), «адаптировались» к местным условиям. Так, 3М, предлагающая западным потребителям использовать свою бесплатную программу для оценки срока службы с 1990-х гг., в РФ (в 2018 г.) советовала менять фильтры «по запаху». Новые фильтры А1 и А2 «органические соединения» с индикатором, предупреждающем о приближении окончания срока службы, были сертифицированы в РФ примерно на 2 года позже, чем на западе, но и после сертификации в продажу так и не поступали [1].

Вышеуказанные изменения повысили риск несвоевременной замены фильтров и, соответственно, потенциальных конфликтов с потребителями. В этих условиях вызывает беспокойство тенденция, наблюдаемая в статьях производителей и поставщиков СИЗОД. Они призывают потребителей учитывать то, что, как утверждают, значительная часть СИЗ на российском рынке – контрафактная [11]; и одновременно

систематично не используют эффективные современные средства, позволяющие надёжно различать контрафактные противогазные фильтры от оригинальных. С точки зрения безопасности работника, по показателю своевременности замены фильтров, опасны могут быть и те и другие (так как у потребителя нет средств для объективной оценки срока службы). Но невозможность эффективно отличить оригинальные изделия от контрафактных может помешать выявить истинную причину отравления (низкое качество подделок или же запоздалая замена оригинала «по запаху», при ПДК_{р.з.} выше порога восприятия запаха).

Следует обратить внимание на то в каких условиях меняют фильтры в развитых странах и в РФ. В США законодательство запрещает заменять фильтры по запаху с 1996 г., инструкция для государственного инспектора по охране труда (OSHA) чётко описывает допустимые методы замены, там бесплатно доступны учебные пособия [3]. В РФ нет требований закона, нет контроля, и учебников. Возможно, это объясняет появление, по меньшей мере, странных рекомендаций поставщиков [1]. Например, 3М советует устанавливать на противогазные фильтры предфильтр для защиты от аэрозоля, с тем, чтобы увеличить срок службы противогазного фильтра, причём в 10 раз. К сожалению, причины резкого роста срока службы не объясняются, а в оригинальных публикациях специалистов 3М подобных советов нет. Рекомендация применять фильтрующие полумаски (противоаэрозольные, с добавкой незначительного количества сорбента для защиты от неприятных запахов при концентрации газов ниже 1 ПДК_{р.з.}) стала в РФ нормой. Можно понять специалистов по СИЗОД (или – по их продажам?), советующих использовать эти не сертифицированные респираторы, как противогазные СИЗОД для защиты от растворителей. Несмотря на очень маленький срок службы, их можно менять «по запаху», как это принято сейчас в РФ. Но «Респираторный комплекс» советует применять «Алину-СО» для защиты от монооксида углерода (не имеющего запаха), при том, что по данным самих разработчиков, срок службы во влажном воздухе может быть менее получаса.

Поведение поставщиков (см. выше, и примеры в [1]) может отчасти объясняться как возможность сертифицировать любой фильтр, соответствующий установленным минимальным требованиям по своим техническим характеристикам

(даже при полном отсутствии средств оценки срока службы изделия), так и эффективным лоббированием интересов поставщиков (Ассоциация СИЗ).

При подготовке настоящей статьи были использованы отечественные и зарубежные литературные материалы, подтверждающие рекомендации авторов по оптимизации средств защиты работающих.

Заключение

1. При однократном применении фильтра основным способом замены является составление расписания на основе оценки срока службы – как путём математического моделирования, так и по результатам испытаний фильтров.

2. При защите от газов, плохо растворяющихся в воде, и в условиях большой влажности воздуха, вычисления не могут объективно установить срок службы.

4. При неоднократном применении фильтра возможен риск воздействия на работника ранее уловленных загрязнений, и этот вопрос требует дальнейшего изучения.

5. Система сертификации фильтров в РФ не стимулирует поставщиков разрабатывать способы оценки срока их службы и информировать потребителя об имеющихся.

Рекомендации

1. Необходимо более эффективно стимулировать работодателей улучшать условия труда, повышать выявляемость профзаболеваний, учитывать повышенный риск чрезмерного воздействия газов на работников, использующих фильтрующие СИЗОД (как это принято в РФ), при установлении причин отравлений и взаимосвязи заболевания с условиями труда.

2. Изменить систему сертификации, исключив допуск фильтров, не имеющих средств оценки срока службы. Поставщик должен предоставлять свою программу для оценки срока службы. Или, как минимум, указывать в паспорте все те свойства фильтров, которые необходимы для определения срока их службы с помощью программы MultiVaroprg.

3. Разработать требования к выбору и применению СИЗОД работодателем на основе [5].

4. Для обучения специалистов можно использовать [3] (доступен перевод: https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД); и [1].

ЛИТЕРАТУРА
(пп. 2–5, 7, 8 см. в References)

- Капцов В.А., Чиркин А.В. Замена противогазных фильтров СИЗОД. Доступно: [\(https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (дата обращения 28 мая 2021).
- Басманов П.И., Каминский С.Л., Коробейникова А.В., Трубицина М.Е. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справочное руководство. СПб.: Издательство «Искусство России»; 2002.
- Григорьев З.Э., Койранский Б.Б. ред. Индивидуальная защита органов дыхания от вредных газов и паров на производстве. Под ред. Койранского Б.Б. Ленинград: Институт Гигиены Труда и Профзаболеваний Ленгорздравотдела; 1938.
- Шкрабо М.Л., Конохова Г.И., Губарь Ф.Г., Зубова Г.С., Стариков В.П. Промышленные противогазы и респираторы. Каталог. Черкассы: НИИ технико-экономических исследований; 1982.
- Масков С.В. Проблема контрафакта в сфере средств индивидуальной защиты органов дыхания. Вестник Ассоциации СИЗ. 2015; (3): 16-7.

REFERENCES

- Kaptsov V.A., Chirkin A.V. Timely replacement of respirator cartridges [Zamena protivogaznykh filtrov SIZOD]. Available at: [\(https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (Accessed 28 May 2021) (in Russian)
- Favas G. End of Service Life Indicator (ESLI) for Respirator Cartridges. Part I. Available at: https://archive.org/details/DTIC_ADA446250 (Accessed 20 May 2021).
- OSHA. Respirator Change Schedules. Respiratory Protection eTool, 2019. Available at: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html (Accessed 12 June 2021).
- Abiko H., Furuse M., Takano T. Estimation of Organic Vapor Breakthrough in Humidified Activated Carbon Beds: Application of Wheeler-Jonas Equation, NIOSH MultiVapor™ and RBT (Relative Breakthrough Time). *J Occup Health*. 2016; 58(6): 570-81. <https://doi.org/10.1539/joh.15-0244-OA>
- OSHA Standard 29 CFR 1910.134 Respiratory Protection. Available at: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/29/1910.134> (Accessed 23 June 2021)
- Basmanov P.I., Kaminskiy S.L., Korobeynikova A.V., Trubitsina M.E. Respiratory protective devices (guidance) [Sredstva individualnoy zashchity organov dykhaniya. Spravochnoe rukovodstvo]. Spb: Izdatelstvo «Iskusstvo Rossii»; 2002. (in Russian)
- Balieu E. Respirator filters in protection against low-boiling compounds. *J Int Soc Respir Prot*. 1983; 1(1): 125-38.
- Wood G., Snyder J. Estimating Reusability of Organic Air-Purifying Respirator Cartridges. *J Occup Environ Hyg*. 2011; 8(10): 609-17. <https://doi.org/10.1080/15459624.2011.606536>
- Grigoryev Z.E., Koyranskiy B.B. eds. Respiratory protective devices in industry [Individualnaya zashchita organov dykhaniya ot vrednykh gazov i parov na proizvodstve]. Leningrad: Institut Gигиены Труда i Profzabolevaniy Leningorzdravotdela; 1938. (In Russian)
- Shkrabo M.L., Konokhova G.I., Gubar F.G., Zubova G.S., Starikov V.P. The industrial gas masks & respirators [Promyshlennye protivogazy i respiratory. Katalog]. Cherkassy: NIИ tekhniko-ehkonomicheskikh issledovaniy; 1982. (in Russian)
- Maskov S.V. Counterfeit respiratory protective devices on the RF market. *Vestnik Assotsiatsii SIZ*. 2015; (3): 16-7. (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Капцов Валерий Александрович (Kaptsov Valery Alexandrovich), доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, заведующий отделом гигиены труда ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», 125438, г. Москва. E-mail: kaptsovva@mail.ru

Панкова Вера Борисовна (Pankova Vera Borisovna), заведующая отделением клинических исследований и профпатологии ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», 125438, г. Москва. E-mail: pankova@vniijg.ru

Чиркин Александр Вячеславович (Chirkin Alexander Vyacheslavovich), ООО «Бета ПРО», 111024, г. Москва. E-mail: alexander.chir@yandex.ru

