

НЕВЕРОЯТНОЕ ПОРОВОТ

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОГАЗНЫХ СИЗ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

В.А. Капцов

Чл.-корр. РАМН, профессор, д.м.н., ФГУ Всероссийский НИИ железнодорожной гигиены Роспотребнадзора
E-mail: ka[redacted]@mail.ru

А.В. Чиркин

Член Международного общества специалистов по респираторной защите, ООО «Бета-продакшн»
E-mail: al[redacted]@yandex.ru



НИЗИТЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОЗДУХА

рабочей зоны можно разными способами — герметизацией оборудования, вентиляцией и т.д., но когда этого оказывается недостаточно, сбережение здоровья рабочих требует применения средств индивидуальной защиты органов дыхания. Чаще всего для защиты от воздушных загрязнений, находящихся в газообразном состоянии, используют относительно легкие и недорогие фильтрующие респираторы.

Действующее в России законодательство содержит ряд требований к работодателю, направленных на предупреждение развития хронических профзаболеваний и острых отравлений у работающих во вредных условиях. Так, «Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды...» требуют от работодателя использования только сертифицированных СИЗ. Однако срок службы любого противогазного фильтра ограничен, и запоздалая замена фильтра создает определенный риск, об устранении которого в упомянутых документах ничего не говорится*. Во почему будет полезно посмотреть, как эта проблема решается в промышленно развитых странах.

* В «Типовых отраслевых нормах...» даже не различаются противогазные и противоаэрозольные СИЗОД.

В большинстве случаев при очистке воздуха от воздушных загрязнений с помощью противогазного фильтра используется поглощение вредных примесей сорбентом, находящимся в корпусе фильтра в виде гранул. Молекулы примесей, обладая большой подвижностью, сталкиваются с поверхностью сорбента и «прилипают» к ней, образуя не очень прочную связь, а при добавке специальных химических веществ, вступающих в реакцию с примесью, — уже более прочную. По мере насыщения сорбент постепенно утрачивает способность поглощать примеси, что позволяет загрязненному воздуху проходить дальше, к новым слоям сорбента, и концентрация вредных веществ в очищенном воздухе постепенно нарастает, превышая в конце концов ПДКрз.

Замена противогазного фильтра должна производиться не позже этого момента. Срок его службы зависит от химического состава (смеси) воздушных загрязнений и их концентраций; от условий применения (расход воздуха, его температура и влажность) и от свойств фильтра (его форма, количество и свойства сорбента). Кроме того, при определенных условиях уже уловленные молекулы вредных веществ могут частично освобождаться (при непрочной связи с сорбентом) и попадать в воздух, проходящий через фильтр (десорбция).

Увеличение концентрации загрязнений в очищенном воздухе может вызвать реакцию органов чувств — запах, раздражение слизистых оболочек органов дыхания, раздражение глаз и кожи и т. п. Ранее использование таких «предупреждающих» свойств выступало основным способом определения необходимости менять фильтр, но с 1996 г. американский стандарт по охране труда, регулирующий порядок выбора и организации применения СИЗОД работодателем, запретил использовать субъективную реакцию органов чувств при за-

мене фильтров ([1] п. 1910.134(d)(3)(iii)(B)), а аналогичный стандарт ЕС с некоторой задержкой также потребовал использовать более надежные способы ([2], п. А. 2.4.3). С чем связано такое изменение?

Часть вредных веществ в газообразном состоянии в воздухе производственных помещений лишена запаха при концентрации, значительно превышающей ПДКрз. Например, по данным справочника ЗМ по выбору СИЗОД (2008 г.) концентрация, при которой люди (в среднем) ощущают присутствие диоксида хлора, превышает ПДКрз в 90 раз, а у пентаборана — в 190 раз. При меньшей степени превышения ПДКрз обращение к субъективной реакции органов чувств может увеличить «срок службы» до бесконечности. По данным того же источника, из ~600 вредных веществ более 60 не имеют предупреждающих свойств, а для более 110 это и вовсе не установлено.

Реакция человека на запах индивидуальна и может зависеть от разных обстоятельств. По некоторым данным [3], в группе людей порог восприятия запаха у 95% находится в пределах от 16 до 1/16 от «среднего» значения. Тогда у 2,5% он превышает среднее значение более чем в 16 раз. То есть если в среднем люди реагируют на запах хлороформа при концентрации ≈1 ПДКрз, часть из них никак не отреагирует при сильном ее превышении. Также оказалось, что восприятие зависит еще и от того, сколько внимания уделяется работе, от состояния здоровья (простудные заболевания и т. п.). Некоторые вещества при постепенном увеличении концентрации (как и происходит при насыщении сорбента) вызывают «привыкание»: если на запах сероводорода люди реагируют при концентрации в 1000 раз меньшей ПДКрз, то при постепенном ее увеличении могут уже не отреагировать на опасное превышение.

В целом, в США и Европе и ранее (в 70-е годы) считали использование личной реакции рабочего для определения срока службы любого противогазного фильтра ненадежным способом, а позднее им запретили пользоваться вовсе, потому что наукой были предложены более надежные решения. Американский работодатель обязан заменять фильтры или по расписанию, составляемому на основе определения срока службы в конкретных условиях применения, или по показаниям индикаторов окончания срока службы (*End of Service Life Indicator ESLI*, рис. 3) на самом фильтре. При составлении расписания можно использовать результат лабораторных испытаний фильтра с имитацией производственных условий или указаний изготовителя касательно условий применения. Развитие методов математического моделирования сорбционных процессов позволило разработать компьютерные программы для вычисления срока службы (см. таблицу), использующие сведения об условиях работы как исходные данные.

Можно встретить бесплатно-доступные универсальные программы, разработанные за счет федерального правительства США, которые можно использовать для

ПРОГРАММЫ
для определения срока службы противогазных фильтров

Изготовитель СИЗОД/ Программа	Вид программы	Виды газов	Температура, °С	Относит. влажность, %	Расход воздуха, л/мин
3M, Service Life	Онлайн	Органические и неорганические	0, 10, 20, 30, 40, 50	< 65, 65, 75, 85, 90	20, 40, 60
MSA, Cartridge Life Calculator	"	"	0+50	0-100	30+85
North, ezGuide	Скачивается	"	Свободно выбирается	< 65, 66-80, >80	30, 50, 70
Survival, Carlife	"	"	От -7 до +70	"	"
Drager, End-of-Service Life Calculator	Онлайн	"	0+50	0+90	15, 20, 25, 30, 40, 60, 85
Scott, SureLife Cartridge Calculator (рис. 1)	"	"	-9+...+40	3+95	20+80

Contaminant	Site Concentration (ppm)	Exposure Limit (ppm)	Respirator
Benzene	71-43-2 250.000 ±10%	5.000	Air Purifying (APR)/FullFacePiece/Promask 25/742 OV PLUS

ВНИМАНИЕ

Результат вычисления срока службы противогазного фильтра программой SureLife зависит от исходных данных: атмосферных условий, установленных ограничений области применения фильтрующих СИЗОД — для тех вредных веществ, от которых будет защищать респиратор в вашем случае, и ПДК_{кз}.

Введите значения исходных данных, соответствующие вашему случаю. Проверьте их правильность перед тем, как дать программе команду вычислить срок службы фильтра.

В зависимости от типа выбранного СИЗОД (с учетом ограничений области допустимого применения таких респираторов) программа SureLife может изменить введенные вами значения концентрации вредных веществ, например, так, чтобы кратность превышения ПДК_{кз} не оказалась больше допустимой для выбранного типа. Если по ошибке введены значения, не соответствующие типу выбранного СИЗОД, программа может внести изменения в соответствии с возможностями СИЗОД.

Сравните введенные значения и показанный на экране срок службы еще до печати результата.

SERVICE LIFE = 314 MIN (5.2 HR)

HAZARD RATIO = 50

MINIMUM USE CONCENTRATION = 250 PPM

PROTECTION FACTOR = 50

Определен срок службы фильтра — 5 часов 12 минут

СВЕДЕНИЯ

о расходе воздуха, относительной влажности, температуре и атмосферном давлении

Введите параметры рабочего места для расчета срока службы СИЗОД в ваших условиях:

Breathing Rate, l/min

APR-Moderate WORK (40 lpm) 40.00 ±10%

Relative Humidity, % 65.00 ±10%

Temperature, °C °F 25.00 ±5%

Atmospheric Pressure, atm 1.00 ±1%

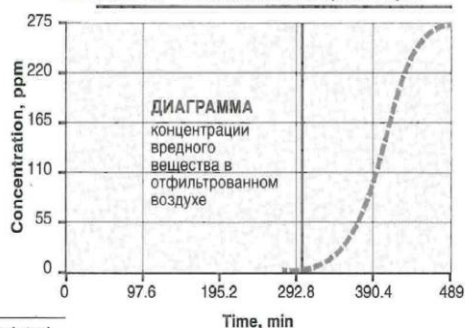
БЕНЗОЛ — ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Рис. 1. Результат вычислений программы компании Scott (SureLife Cartridge Calculator) (некоторые текстовые блоки русифицированы).

фильтров разных изготовителей* с постоянной площадью поперечного сечения — их можно найти на на сайтах Управления по охране труда и разработчика**.

Так как результат вычислений зависит от точности исходных данных, при недостатке информации он может оказаться неверен***. Это может случиться при выполнении работы в плохо предсказуемых условиях (например, можно вспомнить про работу маляров). Поэтому уже с 1990-х в США были сформулированы требования к изготовителям, позволяющие сертифицировать фильтры с устройством, которое сигнализирует о приближении конца срока службы в конкретных условиях использования (ESLI). В частности, такое устройство должно срабатывать при истечении $80 \pm 10\%$ от срока службы ([4] п. 84.255), чтобы рабочий успел покинуть опасное место для замены фильтров. Такие индикаторы могут быть пассивными (например, прозрачное окошко с реактивом, меняющим цвет) и активными (датчик — усилитель — звуковая/световая сигнализация). Компания North (Honeywell) выпускает фильтры с пассивными индикаторами для защиты от хлора и ртути, а 3M, MSA и Scott — для защиты от ртути. Исследования в области активных индикаторов (и пассивных для защиты от других веществ) имеют положительный результат, но из-за опасений изготовителей, что работодатель не будет на них тратить (из-за цены и отсутствия достаточно жестких требований закона), на продажу не изготавливаются или их выпуск прекращен.

Однако обзор условий использования СИЗОД в более чем 40 тыс. организаций [5] показал: в значительной

доле случаев замена с помощью вычисления срока службы затруднена непредсказуемыми условиями работы, а адекватных ESLI нет (например, для паров растворителей). Вот почему правительство финансирует исследования для разработки эффективных активных индикаторов и подготовки более четких требований как к работодателям, так и к изготовителям СИЗОД, что основывалось бы на технически доступном уровне (стимулирующем производство и применение ESLI). Уже есть некоторые результаты: при использовании микродатчиков в толще сорбента обработка сигналов позволяет определить концентрацию и химический состав загрязнений, а это позволяет вовремя предупредить хозяина (рис. 2). Результаты будут переданы изготовителям для использования в новой продукции.

В СССР уже в 1962 г. рекомендовалось использовать объективные способы определения необходимости замены некоторых фильтров****, но в основном всё опиралось на личное восприятие рабочего [7]. Инструкцией по применению промышленных фильтрующих противогазов (1970 г.) рекомендовалось сразу покинуть рабочее место и менять фильтры при появлении запаха под лицевой частью. Позже был издан каталог, где в таблицах указывались сроки службы всех стандартных противогазных коробок и сменных фильтров респираторов-полумасок при разных концентрациях более чем 60 наиболее распространенных вредных веществ, и это позволило хотя бы отчасти избавиться от необходимости личного контроля. В 1982 г. каталог был переиздан с некоторыми исправлениями [8]. Нехватка научных разработок (западных и советских) не позволила тогда полностью уйти от привычных методик, а улучшению ситуации в нашей стране помешали еще экономические и прочие проблемы 1990-х. Была сделана попытка выдать на гора противогазные фильтры с прозрачным корпусом и сорбентом, который менял бы цвет при насыщении поглощенными вредными веществами, но не-

* При наличии информации о свойствах сорбента, или результатов 2–3 лабораторных испытаний при разной влажности и т. п.

** <http://gerrywood.com/service-life-estimation-computer-programs.html>

*** Из-за того, что многие отечественные организации не провели ни АРМ, ни спецоценку условий труда, использование программ затруднено.

**** При защите от СО — по увеличению веса, связанного с поглощением воды осушителем, и по ограничению срока службы — длительность использования.

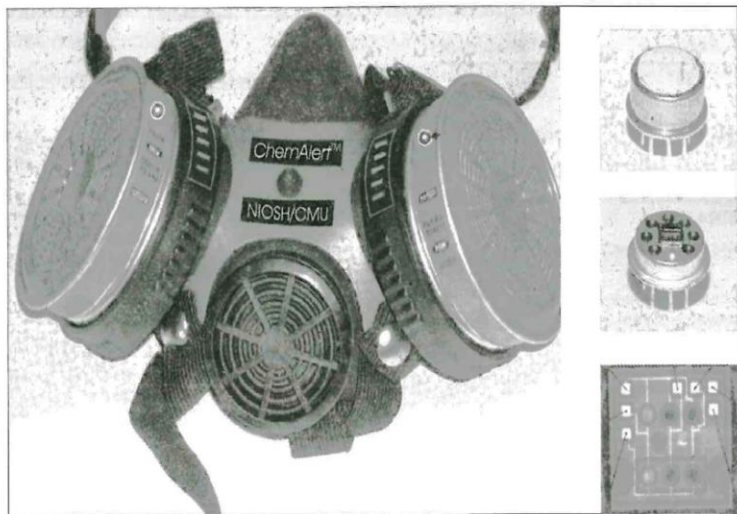


Рис. 2. Перспективный респиратор с датчиками, заглубленными в сорбент, сигнализирующими о приближении окончания срока службы фильтра (NIOSH).

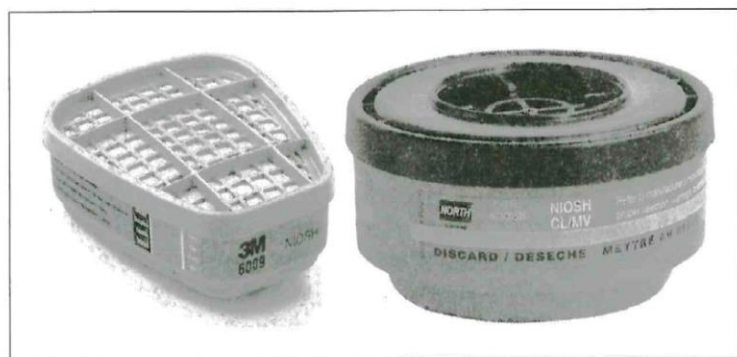


Рис. 3. Фильтры с пассивными индикаторами окончания срока службы (ESL). Слева — 3М 6009 (от ртути), справа — NORTH (от ртути и хлора).

достаточная заинтересованность работодателя, плохая информированность и куча рекламы о «высококачественных» и «сертифицированных» обычных фильтрах* сделали подобные разработки коммерчески не выгодными для изготовителя.

Современные публикации российских авторов в основном или просто игнорируют риск угрозы здоровью при недостаточно своевременной замене «сертифицированных» фильтров, или откровенно предлагают продолжать использование реакции рабочего на проникание вредного вещества под маску [9]. Сделана попытка закрепить этот подход на уровне уже государственного стандарта. Корпорацией «Росхимзащита» был разработан ГОСТ [10], п. 12.4 которого требует от работодателя заменять фильтры «...на основе информации, предоставляемой изготовителем...», а по сложившейся традиции это может подразумевать использование всё той же реакции рабочего. Разработчики утверждают, что документ создавался на основе европейского [2], но соответствующий раздел оригинального документа звучит совсем иначе (п. А.2.4): работодатель должен собирать информацию об условиях использования фильтра и предоставить ее изготовителю для получения точного срока службы в конкретных условиях применения (что и позволяют сделать программы — см. таблицу).

Другая потенциальная опасность при использовании противогазных фильтров возникает при их неоднократном использовании, что является обычной практикой для фильтров с большим количеством сорбента (в РФ [11], табл. 5.3). Большая сорбционная емкость увеличивает срок службы, снижая риск недостаточной своевременной замены, — при первом применении. Однако из-за непрочной связи молекул уловленного вредного вещества с сорбентом во время хранения неиспользуемого фильтра они могут разрываться связь, попадая в воздух и мигрируя в направлении меньшей концентрации — к отверстию для выхода очищенного воздуха. Эксперименты и математическое моделирование показали: повторное использование фильтров в незагрязненной атмосфере может привести к вдыханию ранее уловленных вредных веществ при концентрации, превышающей 1 ПДКрз. Способность паров органически соединений с низкой температурой кипения быстро мигрировать побудила в дальнейшем разработать специальный стандарт, требующий проверять возможность десорбции, и требования к отдельному классу фильтров, включающие запрет на повторное их использование. Однако эти требования несовершенны, в них не учитываются длительность и срок хранения, а также способность мигрировать у других веществ [12].

При сертификационных испытаниях изолированные фильтры проверяются при концентрации нескольких вредных веществ 0,1 – 1,0% по объему (на стенге), в т. ч. фильтры третьего класса защиты — 0,8 – 1,0% [13]. Быть может, это и стало основанием для рекомендации использовать фильтрующие противогазные СИЗОД при такой же концентрации вредных веществ в воздухе (см. [14] и др.). Но выполнение таких рекомендаций для веществ с относительно небольшой молекулярной массой и маленькими ПДКрз может привести к допустимости применения при очень большой кратности превышения ПДКрз. Например, у веществ второго класса опасности акрилонитрила и хлороформа (среднесменные ПДКрз 0,5 и 5 мг/м³ [0,2304 и 1,025 объемной части на миллион] — соответственно) концентрации 0,8% соответствует превышение ПДК в ~34 700 и ~7800 раз. При наличии риска просачивания неотфильтрованного воздуха через зазоры между полнолицевой маской с панорамным стеклом и лицом (до 9% в производственных условиях [15] и до 4% [16] в лабораторных) выполнение подобных рекомендаций может создать угрозу не только для здоровья, но и для жизни.

В продаже есть фильтрующие полумаски, у которых материал фильтра-корпуса насыщен поглотителем или изготовлен из волокон, способных поглощать вредные газы. Авторы [17] предложили использовать такие СИЗОД не только для защиты от аэрозолей при превышении 1 ПДКрз и газов при разбавляющей концентрации, меньшей 1 ПДКрз, но и превышении концентрации газов свыше 1 ПДКрз. Это не может соответствовать современной практике организации применения СИЗОД в развитых странах, а срок службы не может быть вычислен с использованием программного обеспечения изготовителей (3М), т. к. это вообще не предусмотрено. Причина кроется в том, что масса сорбента такого СИЗОД (~несколько граммов) на порядок меньше массы у сменных фильтров эластомерных полумасок (~60 граммов и более, вес фильтра ограничен 300 граммами), что сильно сокращает срок службы. Другой фактор, нега-

* При полном отсутствии хоть каких-то требований к работодателю, неподготовленности специалистов по охране труда и регистрации незначительной доли профзаболеваний.

тивно влияющий на срок службы, — увлажнение сорбента выдыхаемым воздухом (увлажнение может значительно сократить срок службы). Эксперименты показали, что в наихудшем случае (при отрицательных температурах) возможно покрытие волокон фильтра (и, соответственно, частиц сорбента) льдом, а это может сделать защиту от газов невозможной.

Для защиты от газообразных вредных веществ при превышении ПДКрз следует использовать эластомерные маски со сменными фильтрами, содержащими значительное количество сорбента, защищенного от контакта с выдыхаемым воздухом клапаном вдоха, как это и делается в развитых странах. Кроме того, при среднем сроке службы ~1–2 часа [18] использование дорогих одноразовых противогазоаэрозольных фильтрующих полумасок невыгодно.

Выводы

В условиях отсутствия государственного регулирования и обучения специалистов по охране труда выбору и организации применения СИЗОД, применение фильтрующих противогазных респираторов связано с дополнительным потенциальным риском профессиональных заболеваний и острых отравлений из-за несвоевремен-

ной замены противогазных фильтров; использования СИЗОД при чрезмерно большей кратности превышения ПДКрз; при неоднократном использовании фильтров для защиты от летучих веществ. Такая опасность имеет шанс возрасти при выполнении рекомендаций авторов, не обоснованных результатами научных исследований и не согласующихся с практикой применения фильтрующих СИЗОД в развитых странах.

Безопасное их применение требует не только соответствия изделий требованиям к их качеству, но и правильного выбора, как и организации правильного их использования, что не может обеспечить никакая сертификация.

Требуется разработка соответствующих нормативных документов, которыми регламентируется порядок применения такого достаточно сложного технического устройства, как СИЗОД, учитывая и современный уровень науки, и передовой западный опыт, и мнение всех заинтересованных сторон (специалистов по профзаболеваниям и охране труда, представителей профсоюзов и др.), а не только интересы продавцов и изготовителей (не учитывающих требования к безопасности рабочих); подготовка механизма контроля за выполнением требований и необходимых учебных пособий.

ЧИТАЕМ

1. Standard 29 CFR 1910.134 «Respiratory Protection».
2. DIN EN 529–2005 «Atemschutzgeräte—Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung—Leitfaden».
3. N. Bollinger et al. NIOSH Respirator Selection Logic. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005–100.
4. Standard 42 CFR Part 84 «Respiratory Protective Devices».
5. Respirator Usage in Private Sector Firms, 2001 <http://www.odc.gov/niosh/dccs/respsurv/>
6. New Research and Development on End-of-Service-Life Systems for Air Purifying Respirators. Презентация J. L. Snyder & L. A. Greenawald на конференции International Society for Respiratory Protection в Праге (21–24.09.2014).
7. Трумпайц Я. И., Афанасьева Е. Н. Индивидуальные средства защиты органов дыхания (альбом). — Л.: Профиздат, 1962.
8. Шкрабо М. Л. и др. Промышленные противогазы и респираторы. Каталог. Отделение НИИТЭХИМа. — Черкассы, 1974, 1982.
9. Каминский С. Л., Рогожин А. Рекомендации по выбору и применению средств индивидуальной защиты органов дыхания // Гражданская защита. 2009. № 8. <http://gochis.info/p0897.htm>
10. ГОСТ Р 12.4.279–2012. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию.
11. Каминский С. Л., Коробейникова А. В. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Выбор. Применение. Режимы труда. СПб, 1999. 399с. <http://www.vlrteks.ru/?act=info&id=1>
12. G.O. Wood & J. L. Snyder. Estimating Reusability of Organic Air-Purifying Respirator Cartridges // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2011. Vol. 8 (10). P. 609–617.
13. ГОСТ 12.4.245–2013. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Фильтры противогазовые и комбинированные. Общие технические условия.
14. Чеснокова М. В. Практические вопросы контроля качества и эффективности СИЗОД // Справочник специалиста по охране труда. 2014. № 1. С. 45–53.
15. Tannahill S. N., Willey R. J. and Jackson M. H. Workplace Protection Factors of HSE Approved Negative Pressure Full-Facepiece Dust Respirators During Asbestos Stripping: Preliminary Findings // The Annals of Occupational Hygiene. 1990. Vol. 34 (6). P. 541–552.
16. Crutchfield C. D. et al. Effect of Test Exercises and Mask Donning on Measured Respirator Fit // Applied Occupational and Environmental Hygiene. 1989. Vol. 14(12). P. 827–837.
17. Васильев Е. В., Гизатуллин Ш. Ф., Спельникова М. И. Проблема выбора и использования противогазоаэрозольных фильтрующих полумасок // Справочник специалиста по охране труда. 2014. № 12. С. 51–55.
18. Rozzi T., Snyder J., Novak D. Pilot Study of Aromatic Hydrocarbon Adsorption Characteristics of Disposable Filtering Facepiece Respirators that Contain Activated Carbon // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2012. Vol. 9 (11). P. 624–629.

V. A. Kaptsov

Corresponding Member of the Russian Academy of Medical Sciences, Professor, Ph. D (medical Sciences), Federal institution Russian Research Institute of Railway Hygiene Rospotrebnadzor

A. V. Chirkin

The member of the International Society for Respiratory Protection, «Beta-production»

Problems of the use of personal respiratory protection against gases

Keywords: RPD, gas filters, cartridges and canisters service life, protection factor

The article describes the current principles of the workers' protection from gaseous air pollutants through the use of respiratory protective devices (RPD) in industrialized countries. This article demonstrates the imperfection of the current legislation (in RF); and discrepancy the manufacturers recommendations and suppliers with respect to evidence-based requirements for the replacement of gas cartridges and canisters, and the requirements for the selection of effective and appropriate RPD. Article provides recommendations for the harmonization of national sanitary and hygiene legislation relevant to Western.