Archives of Industrial Hygiene and Toxicology
ISSN: 1848-6312
2013, Vol. 64(1): 133–138
DOI: https://doi.org/10.2478/10004-1254-64-2013-2256

Пересмотр расписания замены противогазных фильтров (органические соединения) СИЗОД на заводе, изготавливающем краски

Revising organic vapour respirator cartridge change schedule: A case study of a paint plant in Iran

Авторы[1]: *Ali Karimi, Mehdi Jahangiri, Forough Zare Derisi, and Mohammad Amin Nourozi*

[1]Department of Occupational Health, School of Public Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Реферат:

Изучив использование фильтрующих СИЗОД с фильтрами «органические соединения» на заводе по производству краски, мы обнаружили, что в ряде случаев фильтры заменяют запоздало; и что длительность их использования до замены следует уменьшить (с 48 или 72 часов - до 4 часов). Также выяснилось, что использование появления запаха под маской не обеспечивает своевременную замену фильтров; и что программа Института охраны труда (*NIOSH*) MultiVapor может использоваться для определения времени защитного действия фильтра в известных условиях использования.

Ключевые слова: противогазный фильтр, NIOSH, порог реагирования на запах, время защитного действия

При приготовлении краски (размол, смешивание, упаковка/розлив в ёмкости) рабочие подвергаются воздействию паров органических соединений (растворителей). Это может приводить к появлению разных симптомов, например – эйфория, головная боль, головокружение (при низких и умеренных концентрациях загрязнений), и со временем эти симптомы проходят. При большой концентрации возможны обмороки, нарушение дыхания, недостаточность кровообращения. Некоторые из органических соединений являются канцерогенами, а в отношении других предположения пока не подтверждены окончательно (бензол, ксилол, толуол), так что необходимо надёжно защитить рабочих от чрезмерного воздействия.

Для защиты здоровья рабочие должны использовать СИЗОД, особенно если работа на заводе по производству краски ведётся в плохо проветриваемом помещении.

В большинстве фильтров, предназначенных для защиты от органических соединений, для очистки воздуха используется активированный уголь в виде гранул. Время защитного действия (ВЗД), то есть продолжительность применения в конкретных условиях до момента, когда загрязнённость очищенного воздуха достигнет 1 ПДКрз, зависит от количества сорбента в фильтре, свойств активированного угля, формы полости в фильтре (где размещён сорбент), а также от условий, в которых используется СИЗОД (концентрация загрязнений, температура и относительная влажность воздуха, расход воздуха у работника) [1,2].

Согласно требованиям к выбору и применению СИЗОД в США, разработанным Управлением по охране труда (*OSHA*) [3], для своевременной замены противогазных фильтров должны использоваться индикаторы окончания срока службы (*end-of-service-lifeindicator, ESLI*). А при отсутствии таких индикаторов замена фильтров должна проводиться по расписанию, составленному так, чтобы длительность использования была меньше ВЗД. Такое расписание позволит работникам, использующим фильтрующие (противогазные) СИЗОД, заменять фильтры вовремя. По мнению специалистов Управления, есть три надёжных способа получить информацию о ВЗД для составления такого расписания: испытания фильтров в условиях, соответствующих условиям на рабочем месте; рекомендации изготовителей, и математическое моделирование [4].

В ряде опубликованных исследований описаны разработанные математические модели для вычисления ВЗД фильтров при воздействии органических соединений. Nelsonetal. в [5] определяли ВЗД при воздействии газов и паров при различных концентрациях, расходах воздуха, температурах и влажности воздуха [6], разных концентрациях органических соединений [7]. В статье [8] они описали эмпирическую модель для оценки ВЗД.

Для определения ВЗД фильтров СИЗОД предлагались разные математические модели и методы: Дубинина/Радушкевича (D/R), Мекленбурга, Юна и Вуда [9]. Наиболее широко используется математическая модель Вуда (её применяет и OSHA, и некоторые изготовители СИЗОД). Она позволяет определять ВЗД при воздействии одного [11] и нескольких [12] органических соединений при разной влажности воздуха.

Но в этих исследованиях не затронуты практические стороны составления расписания замены фильтров. А работа по составлению такого расписания для большинства работников, использующих СИЗОД, является новой задачей. Так как для её решения не намечены стандартные методы, и качество таких методов не проверено, то эффективность методов расчёта ВЗД и их использования для составления расписания замены фильтров – точно не известна [13].

Целями этого исследования были: 1. Определить то, насколько своевременно сейчас производят замену фильтров, устанавливаемых на СИЗОД для защиты от паров органических соединений, и 2. Предложить новое расписание их замены, учитывающие их свойства и условия использования на рабочем месте.

Материалы и методы

Расписание замены фильтров, используемое сейчас

Для определения своевременности замены противогазных фильтров, используемых на заводе, изготавливающем краску, проводилась по методике Управления (OSHA) [3]. В [14] Tanaka et al. показали, что этот способ полезен для определения ВЗД и составления расписания замены фильтров до того, как рабочие начали подвергаться воздействию воздушных загрязнений.

Для проверки использовали такой же аппарат, включавший в себя индикаторные трубки (как средство измерения концентрации загрязнений в очищенном фильтром воздухе), герметичный держатель для фильтра (зажим), и пробоотборный насос (Фиг. 1). Для того, чтобы определить, насколько своевременно (на момент начала исследования) заменяются фильтры, мы проверили 10 из них тогда, когда они были сняты после использования, при замене на новые. Для проверки через эти фильтры пропускали воздух, загрязнённый бензолом, и определяли его концентрацию в очищенном воздухе. Считали, что замена происходит неудовлетворительно, если концентрация бензола в очищенном воздухе превышает ПДКрз.

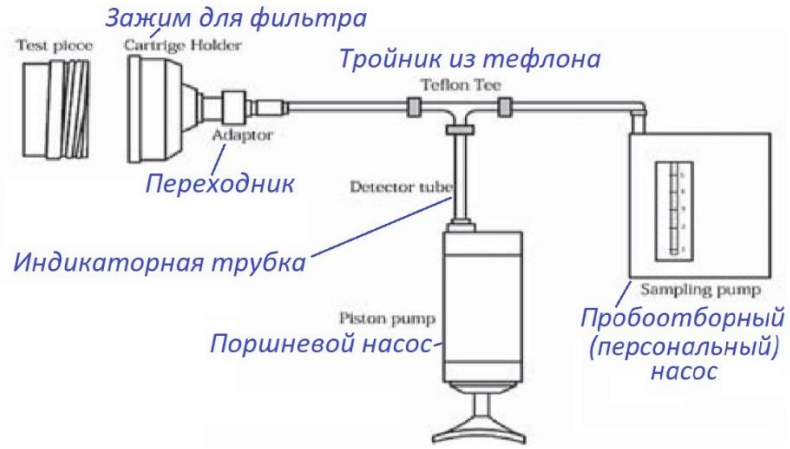

Figure 1 *Schematic diagram of a set-up for testing cartridge change schedule*

Фиг. 1. Схема испытаний фильтров при проверке адексатности расписания для их замены

Противогазные фильтры и условия их использования

Были изучены использовавшиеся фильтры и условия их применения (концентрация загрязнений, относительная влажность и температура воздуха, расход воздуха у работников).

Измеряли концентрации бензола, толуола, и ксилола, так как они были наиболее распространёнными, основными загрязнениями на этом заводе. Было выполнено 32 персональных замера в зоне дыхания работников. Использовали персональные

пробоотборные насосы (*SKC* модель *22444EX*, США). Расход воздуха был около 50 мл/мин, улавливание загрязнений велось с помощью трубок с активированным углём (полученным из кокосов), параметры: 20/40 mesh, 50/100 мг, производство SKC (США). Для улавливания и измерения концентрации использовали «измерительную» секцию системы (50/100 мг), а за ней находилась замыкающая (*back-up*) секция (50 мг). Перед замерами все пробоотборные насосы откалибровали, используя ротаметр. Для определения (концентрации) провели пересчёт на (стандартные) условия (25 град С, 101,33 кПа).

Также мы вычислили кумулятивное воздействие (дозу) за 8-часовую смену, учтя частоту и длительность воздействия, и исключив перерывы (на обед).

Для анализа проб воздуха использовали стандартный метод № 12 (OSHA) [15]. Вкратце, активированным углём уловленные загрязнения десорбировали с помощью CS, и анализировали с помощью хроматографа (Shimadzu 175A series, Shimadzu, Japan) с пламенным ионизационным детектором (в режиме разделения, split mode). За счёт сравнения времени удерживания с (mass spectra) в калибровочном стандарте было выявлено 32 главных хроматографических пика.

Для оценки ВЗД мы использовали «наихудший случай» загрязнения воздуха органическими соединениями – добавив к среднему значению концентрации стандартное отклонение.

Также измеряли условия на рабочем месте, влияющие на ВЗД: относительную влажность воздуха и температуру. Использовали цифровой измеритель этих параметров (модель MTH-1361, Thaimeter, Thailand). Для расчёта ВЗД использовали максимальные измеренные значения.

Для определения расхода воздуха у работников использовали то, какую работу они выполняют (смешивание, размол, упаковка) и (результат) использовали как общий расход воздуха через фильтр.

Расчёт ВЗД с помощью программы NIOSH MultiVapor

Для вычисления ВЗД мы использовали программу NIOSH MultiVapor [16], в которой используется математическая модель, разработанная Джерри Вудом [10]. Для вычисления ВЗД противогазных фильтров СИЗОД разработан ряд программ. Для вычисления ВЗД фильтров, используемых для защиты от одного органического соединения, Управление (OSHA) разработало программу Advisor.Genius [17]. На практике, наиболее распространённые программы для расчёта ВЗД (могут это делать) при воздействии лишь одного вещества, и точность вычислений сильно зависит от влажности воздуха. Программа, разработанная недавно NIOSH, позволяет определять ВЗД для случая воздействия смеси загрязнений; и она подходила для нас лучше других.

Оценка эффективности нового расписания замены фильтров

Если у фильтров после их замены на новые не обнаружится проникание органических соединений, то расписание замены обеспечивает защиту работников. А если загрязнённость очищенного такими фильтрами воздуха превысит ПДК, то длительность использования уменьшали (обычно на час), и проводили новую проверку.

Результаты и обсуждение

На заводе, изготавливавшем краску, работало 15 операторов, по 5 человек в смене. Они работали по 10 часов, 6 дней в неделю. Для защиты от паров органических соединений они использовали респираторы-полумаски, по 8 часов за смену. Обычно фильтры меняли каждую неделю (через 48 – 60 часов использования). Все виды работ (размол, смешивание, упаковка) проводятся в одном помещении. Механическая вентиляция отсутствует, и единственным средством снижения загрязнённости воздуха является естественное проветривание (аэрация). Разделение (технологического процесса) затруднялось тем, что потребовалось бы выполнять дополнительную работу по перевозке материалов, и др.

технические проблемы. Ёмкости с краской, которые были источником загрязнения воздуха, нельзя было закрыть герметично.

В каждом из противогазных фильтров, устанавливавшихся на полумаски, было по 46,39 грамм сорбента. По информации от изготовителя, объём микропор в активированном угле *был 0,533 см3 на 1 грамм;* средний диаметр гранулы 0,15 см; диаметр полости в фильтре, заполненной сорбентом, 8 см; толщина сорбента в фильтре 2,2 см.

Замена фильтров (сейчас) проводится через каждые 2 или 3 дня (через 48 или 72 часа). На практике, однако, нередко работники сами решали, когда им менять фильтры – на основании того, как они переносили запах (газообразных воздушных загрязнений), или если им было тяжело дышать. Чтобы узнать, насколько своевременно заменяются фильтры (при таком режиме использования), (мы) проверили проникание (проскок) бензола через фильтр, использовавшийся работником, как раз перед его заменой. Проверку провели на 10 фильтрах, использовали описанный выше метод.

При проверке 5 фильтров обнаружили проскок бензола, что показывает, что при том режиме (расписании) замены фильтров она бывает запоздалой; и что работники подвергаются чрезмерному воздействию паров органических соединений – в первую очередь из-за того, что нет механической вентиляции.

Измерение загрязнённости воздуха и его параметров

В таблице 1 приводятся результаты измерения концентрации загрязнений в воздухе на рабочем месте, и тех его параметров, которые необходимы для составления расписания замены фильтров (температура и влажность). Концентрация паров органических соединений в воздухе заметно превышала значения среднесменных ПДКрз (threshold limit value, TLV), рекомендуемые ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) при 8-часовой смене (таблица 1, $p<0,05$).

Таблица 1. Условия на рабочем месте и другие параметры

Параметр	Вещество	n	Среднее ± станд. отклонение	ПДК (TLV)	MD	t	*	НХУ
Концент-рация, ppm	Бензол	32	31,98±26,08	36,05	0,114	5,09	0,001	58
	Толуол		105,82±74,8	91,44	0,344	4,42	0,002	181
	Ксилол		231,76±68,5	212,92	0,945	6,99	0,000	300
Температура, град. С		6						22
Отн. влажность, %		6						55

TLV: threshold limit value (*ACGIH eight-hour TWA*) – ПДКрз для 8-часовой смены, рекомендована ACGIH.

* Significance (2- tailed) - one-sample test

НХУ – условия при наихудшем случае, получены добавлением стандартного отклонения к среднему значению.

Для вычисления ВЗД мы использовали «наихудший случай» условий использования СИЗОД (наибольшую концентрацию паров в помещении (*spraying booth*). Для этого к среднему значению добавили стандартное отклонение. Получилось, что концентрация больше, чем TLV ACGIH для бензола, толуола и ксилола, в 115,5; в 9; и в 3 раза (соответственно).

Температура и относительная влажность воздуха в помещении были 20,83±0,68 град С и 54,5±0,5% соответственно (наихудший случай).

Средний расход воздуха через (один?) фильтр был 37 л/мин, что соответствует выполнению средней-тяжёлой работы оператором, использующим респиратор на этом предприятии по производству краски.

Проверка фильтров и определение ВЗД

В таблице 2 приводятся результаты вычисления ВЗД с помощью программы NIOSH MultiVapor. Для «наихудшего случая» мы получили, что при воздействии паров (бензол, толуол, и м-ксилол) не в смеси, а по одному, ВЗД не превысит 23,95; 13,98 и 10,26 часов (соответственно). А при реальном применении, когда фильтр очищает воздух от смеси трёх веществ, его ВЗД получилось 4,6 часов. Это (вычисленное) значение ВЗД мы использовали как первое приближение для составления расписания замены фильтров: через каждые 4 часа (в соответствии с рекомендациями Управления по охране труда OSHA [3]).

Хотя при замене фильтров по расписанию есть некоторая неопределённость, но считается, что это более безопасно, чем менять фильтры по появлению запаха под маской [18]. Использование реакции работника на появление запаха, как единственного индикатора необходимости заменять фильтры, неэффективно, так как основано на ненадёжной реакции органа обоняния. Кроме того, порог восприятия запаха в группе людей может быть очень разным; и он может значительно повышаться (например, при простуде [13]).

Таблица 2. Оценка ВЗД противогазных фильтров с помощью программы NIOSH

Параметры, использовавшиеся в расчётах				
Загрязнение		Загрязнённость воздуха, ppm	Концентрация загрязнений в очищенном воздухе, ppm*	ВЗД, минут
Вещество	Бензол	58	0,25	1437
	Толуол	181	10 (?)	839
	Ксилол**	291	50	616
Смесь	Смесь 3 в-в		0,25	276

* - величина, для которой вычисляли ВЗД (= 50% от ПДК)

** - для ксилола; в смеси, в основном, присутствовал м-ксилол.

А если порог восприятия запаха выше ПДКрз, то вероятность запоздалой замены фильтра очень велика. По данным [19], у бензола порог восприятия запаха 15,015 мг/м^3 (4,7 ppm) [19], что выше ПДКрз для этого вещества в Иране примерно в 10 раз (1,597 мг/м^3 или 0,5 ppm).

(Примечание к переводу: (1) ПДКрз бензола в РФ выше, среднесменная – 5 мг/м^3, макс-разовая 15 мг/м^3; (2) но порог восприятия запаха бензола может быть ниже и выше указанного авторами, например, по данным [*Naus A. Olfactory Thresholds of Some Industrial Substances. Prac. Lek (1982) 34:217–218 (Czech.)*] 0,47 ppm; а по данным [*Dravnieks A.A. Building-Block Model for the Characterization of Odorant Molecules and Their Odors. Ann. NY Acad. Sci. (1974) 237:144–163*] 119 ppm; (3) в наихудшем случае (среднесменная ПДКрз (РФ) + наибольший порог), работник почувствует запах при превышении ПДК в (119/1,57=) 76 раз…).

У ксилола порог восприятия запаха 4,342 мг/м^3 (1 ppm), а рекомендуемые ACGIH ПДКрз (TLV-TWA) 86,847 мг/м^3 (20 ppm) [20], что (должно) позволить менять фильтры вовремя.

(Примечание к переводу: (1) ПДКрз ксилола в РФ, среднесменная ниже – 50 мг/м^3 (11,5 ppm), макс-разовая выше 150 мг/м^3 (35 ppm); (2) но порог восприятия запаха ксилола может быть ниже и выше указанного авторами, например, по данным [*Hoshika Y.T., Imamura G., Muto L.J., Van Gemert, J.A. Don and J.I. Walpot. International Comparison of Odor Threshold Values of Several Odorants in Japan and in The Netherlands. Environ. Res (1993) 61:78–83*] 0,012 ppm; а по данным [*May J. Odor Thresholds of Solvents for Assessment of Solvent Odors in the Air. Staub (1966) 26:385–389*] 316 ppm; (3) в наихудшем случае (среднесменная ПДКрз (РФ) + наибольший порог), работник почувствует запах при превышении ПДК в (316/11,52=) 27 раз…).

У толуола порог восприятия запаха (9,383 мг/м^3 - 2,49 ppm) заметно ниже ПДК (376,851 мг/м^3 - 100 ppm), но индивидуальные отличия у отдельных людей очень велики, так что появление запаха может не позволить своевременно заменять фильтры [22].

В списке литературы нет источника с номером 22. Возможно, это опечатка.

(Примечание к переводу: (1) ПДКрз толуола в РФ ниже, среднесменная 50 мг/м^3 (13,3 ppm), макс-разовая 150 мг/м^3 (39,8 ppm); (2) но порог восприятия запаха толуола может быть ниже и выше указанного авторами, например, по данным [*Nader J.S. An Odor Evaluation Apparatus for Field and Laboratory Use. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (1958) 19:1–7*]; а по данным [*Cometto-Muñiz, J.E. and W.S. Cain. Efficacy of Volatile Organic Compounds in Evoking Nasal Pungency and Odor. Arch. Environ Health (1993) 48:309–314*] 157 ppm; (3) в наихудшем случае (среднесменная ПДКрз (РФ) + наибольший порог), работник почувствует запах при превышении ПДК в (157/13,3=) 11,8 раз…).

OSHA пересмотрело требования к выбору и применению СИЗОД работодателем, полностью запретив использовать реакцию на запах для замены фильтров. Теперь работодатель обязан разработать и выполнять эффективное расписание замены, для чего определяется ВЗД в конкретных условиях использования. Это гарантирует, что фильтры будут заменяться вовремя даже тогда, когда у загрязнений плохие «предупреждающие свойства».

Чтобы проверить, насколько эффективно разработанное нами расписание замены (каждые 4 часа), мы (снова) проверили 10 фильтров, и не обнаружили проскока бензола ни разу. Тем не менее мы считаем, что следует регулярно пересматривать (проверять и обновлять) расписание; и делать это при каждом изменении условий труда.

В идеале, самое (эффективное) расписание замены фильтров должно основываться на проверке фильтров при наихудших условиях (концентрация загрязнений, относительная влажность, температура, расход воздуха [5]), но на практике это сложно и требует много времени. Программа для вычисления ВЗД, разработанная NIOSH, является удобной, подходящей альтернативой.

Выводы

Безусловно, самым лучшим способом защитить работников от паров органических соединений на этом заводе было бы использование эффективной вентиляционной системы, непрерывно подающей достаточное количество пригодного для дыхания воздуха в зону дыхания на всех рабочих местах. Фильтрующие респираторы считаются вспомогательным средством защиты, и они не способны заменить эффективные вентиляционные системы. Кроме того, для сохранения здоровья работников должна быть разработана и осуществлена комплексная программа респираторной защиты, включающая проведение медицинских обследований работников; и индивидуальный подбор масок к лицам с инструментальной проверкой того, соответствуют ли они по форме и размеру, и умеет ли работник их правильно надевать (Fit test).

Однако в настоящее время, (более) своевременная замена противогазных фильтров может улучшить защиту работников (от газообразных воздушных загрязнений).

Благодарности

Это исследование проводилось при поддержке Медицинского университета Шираза (Иран). Авторы благодарны р-ру Даррену Харту за редактирование текста статьи на английском языке.

Литература

1. Wood GO, Lodewyckx P. An extended equation for rate coefficients for adsorption of organic vapors and gases on activated carbons in air-purifying respirator cartridges. American Industrial Hygiene Association Journal (2003) Vol. 64(5), pp. 646-650, doi 10.1080/15428110308984858. Бесплатно доступна копия http://www.gerryowood.com/uploads/3/4/7/2/34729297/aihaj03.pdf на сайте http://www.gerryowood.com/career--publications.html

2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection; Final Rules [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=13749&p_table=FEDERAL_REGISTER

3. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Inspection Procedures for the Respiratory Protection Standard [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=2275&p_table=DIRECTIVES
4. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respirator Change Schedules [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html
5. Nelson GO, Correia AN, Harder CA. Respirator cartridge efficiency studies: VI. Effect of concentration. American Industrial Hygiene Association Journal (1976) Vol. 37(4), pp. 205-216, doi 10.1080/0002889768507444
6. Nelson GO, Correia AN, Harder CA. Respirator cartridge efficiency studies: VII. Effect of relative humidity and temperature. American Industrial Hygiene Association Journal (1976) Vol. 37(5), pp. 280-288, doi 10.1080/0002889768507456
7. Nelson GO, Harder CA. Respirator cartridge efficiency studies: V. Effect of solvent vapor. American Industrial Hygiene Association Journal (1974) Vol. 35(7), pp. 391-410, doi 10.1080/0002889748507051.
8. Nelson GO, Correia AN. Respirator cartridge efficiency studies: VIII. Summary and conclusions. American Industrial Hygiene Association Journal (1976) Vol. 37(9), pp. 514-525, doi 10.1080/0002889768507509.
9. Safety Equipment Australia (SEA). The Practical Use of some Existing Models for Estimating Service Life of Gas Filters Calculations of Adsorption Capacity and Breakthrough Times. [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.sea.com.au/docs/papers/isrplb1.pdf
10. Wood GO. Estimating service lives of organic vapor cartridges. American Industrial Hygiene Association Journal (1994) Vol. 55(1), pp. 11-15, doi 10.1080/15428119491019203.
11. Wood GO. Estimating service lives of organic vapor cartridges II: A single vapor at all humidities. Journal of Occupational and Environmental Hygiene (2004) Vol. 1(7), pp. 472-492, doi 10.1080/15459620490467792.
12. Wood GO, Snyder JL. Estimating service lives of organic vapor cartridges III: Multiple vapors at all humidities. Journal of Occupational and Environmental Hygiene (2007) Vol. 4(5), pp. 363-374, doi 10.1080/15459620701277468.
Бесплатно доступна копия http://www.gerryowood.com/uploads/3/4/7/2/34729297/joeh07.pdf
13. Bollinger N. NIOSH Respirator Selection Logic. DHHS (NIOSH) Publication No 2005-100. Cincinnati, Ohio: National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Publications Dissemination; 2004. doi 10.26616/NIOSHPUB2005100. Есть перевод https://ru.wikisource.org/wiki/Выбор_респираторов_(NIOSH,_США)
https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Руководство_по_выбору_респираторов_2004.pdf
14. Tanaka S, Tsuda Y, Kitamura S, Shimada M. A simple method for detecting breakthroughs in used chemical cartridge. American Industrial Hygiene Association Journal (2001) Vol. 62(2), pp. 168–171, doi 10.1080/15298660108984619.
15. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Sampling and Analytical Methods, Method No. 12 [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/organic/org012/org012.html
16. The National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL). MultiVapor™ Version 2.2.3 Application [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.cdc.gov/niosh/npptl/multivapor/multivapor.html
описание на русском https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД#П9._Использование_программы_MultiVapor™_Version_2.2.5
17. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). The Advisor Genius: Calculating the Wood Equation [displayed 24 September 2012]. Available at http://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/mathmodel_advisorgenius.html
18. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection (Standards - 29 CFR) 1910.134 [displayed 24 September 2012].Available at http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=12716&p_table=standards

19. Reist P, Rex F. Odor detection and respirator cartridge replacement. American Industrial Hygiene Association Journal *1977;38:563-6.*

Статья (19) в этом журнале не существует. Возможно, это опечатка.

20. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2010 Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs). Cincinnati (OH): ACGIH; 2010.