



## **Разработка расписания замены противогазных фильтров СИЗОД, используемых для защиты от растворителей при окраске автомобилей**

*Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting  
for developing change schedule of respirator cartridges*

### **Авторы:**

*Mehdi Jahangiri<sup>1</sup>, Javad Adl<sup>2\*</sup>, Seyed Jamaledin Shahtaheri<sup>3</sup>, Hossein Kakooe<sup>2</sup>, Abbas Rahimi Forushani<sup>4</sup> and Mohammad Reza Ganjali<sup>5</sup>*

### **Информация об авторах:**

- 1 Department of Occupational Health, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
- 2 Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
- 3 Departments of Occupational Health, School of Public Health, and Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
- 4 Department of Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
- 5 Center of Excellence in Electrochemistry, Faculty of Chemistry, University of Tehran, Tehran, Iran.

### **Реферат**

В условиях, когда нет индикатора (показывающего, что срок службы противогазного фильтра закончился), для обеспечения своевременной замены фильтров было составлено расписание их замены. (Для его составления) учли факторы, влияющие на срок службы: состав и концентрацию воздушных загрязнений (ароматических углеводородов), температуру и влажность воздуха. Для составления нового расписания использовали: сопоставление наблюдений за условиями труда (и) результаты измерений в лаборатории; а также программу для вычисления срока службы (*NIOSH MultiVapor software*). Воздействие ароматических углеводородов на маляров превышало ПДК<sub>рз</sub>. (Старое) расписание замены фильтров не предотвращало случаи запоздалой замены, и не могло обеспечить защиту маляров. Периодичность замены фильтров изменили: с 16-24 часов до 4 часов. Для оценки срока службы противогазных фильтров можно использовать программу NIOSH.

## Введение

Для уменьшения воздействия летучих органических соединений при окраске автомобилей на автомобилестроительном заводе, маляры используют респираторы всё время, когда заняты окраской. Использование СИЗОД является или главным методом защиты (которое особенно необходимо при окраске в плохо проветриваемых местах), или вспомогательное средство защиты, используемое вместе с другими.

В большинстве противогазных фильтров СИЗОД, используемых для защиты от органических соединений, используется сорбент – активированный уголь, в виде гранул. Срок службы такого фильтра (период времени до момента превышения ПДК<sub>рз</sub> в очищенном воздухе) зависит от разных факторов, включая свойства фильтра (количество сорбента, его свойства, форму полости в фильтре, где находится сорбент), и условий его применения (концентрация загрязнений, температура и влажность воздуха, потребление воздуха работником [1,2]).

Требования Управления по охране труда (OSHA) к работодателю в США [3], регулирующие выбор и применение СИЗОД, обязывают менять противогазные фильтры по расписанию – если у них нет индикатора, предупреждающего об окончании срока службы. Для составления такого расписания работодатель обязан использовать объективную информацию так, чтобы фильтры заменялись до того, как закончится их срок службы. Для составления расписания Управление (OSHA) предлагает 3 надёжных способа: проведение испытаний фильтров; использование указаний изготовителя; и математическое моделирование (прогнозирование) [4].

Для определения эффективности (фильтров) и для разработки математических моделей, позволяющих вычислить срок службы, проводились научные исследования. Gary O. Nelson et al. Определили срок службы противогазных фильтров «органические соединения» при разных концентрациях загрязнений [5], разных расходах воздуха, его температурах и относительной влажности [6], разном химическом составе воздушных загрязнений [7]. Они также предложили эмпирическое выражение для оценки срока службы [8].

Для оценки срока службы разработаны и опубликованы разные математические модели, включая Дубинина-Радужкевича, Мекленбурга, Уилера-Джонаса, Юна и Вуда [9].

Чаще всего Управлением и работодателями для вычисления срока службы фильтров используется математическая модель Вуда [10], позволяющая определить срок службы фильтра при очистке воздуха от смеси разных органических веществ [11], при различных температурах и относительной влажности [12].

Среди опубликованных работ в этой области, много таких, где проводится оценка срока службы фильтров; и очень мало таких, в которых бы рассматривалось практическое составление расписания на конкретных рабочих местах. Но для большинства пользователей, составление такого расписания – новый вид работы. А поскольку стандартизованные методы составления расписаний ни разработаны, ни утверждены, сведений об эффективности (защиты работников таким способом) мало.

Это исследование проводилось для того, чтобы: (1) определить, насколько эффективно составлено уже имеющееся расписание замены фильтров на конкретном рабочем месте, (2) оценить условия труда (концентрацию летучих органических соединений в воздухе) на рабочем месте маляра, окрашивающего автомобили, и (3) составить расписание замены фильтров, используя для этого сведения об условиях на рабочем месте (загрязнённость воздуха и условия работы). Практической целью исследования было разработать расписание замены фильтров для работников, использующих фильтрующие СИЗОД для защиты от органических соединений во время окраски. Это позволит предсказать, когда фильтры перестанут защищать от загрязнений.

## Материалы и методы

### Оценка уже используемого расписания замены противогазных фильтров

Для оценки того, насколько своевременно заменяются противогазные фильтры малярами на автомобильном заводе (старое расписание), мы использовали метод, рекомендованный Управлением [3]. Устройство для замеров состояло из индикаторной трубки (как измеритель загрязнённости воздуха в реальном масштабе времени), герметичного узла для присоединения к нему фильтра, насадки, трубки из газонепроницаемого инертного материала, и тройника из фторопласта, трубки для отбора проб воздуха, и насоса для отбора проб (рис. 1). Чтобы определить, своевременно ли заменяются фильтры при использовании уже имеющегося расписания, провели проверку 10 фильтров, которые использовали рабочие. Брали те фильтры, которые только что заменили новыми, и проверяли – обеспечивают ли они защиту от бензола при прокачивании через них загрязнённого воздуха. Если концентрация бензола в очищенном воздухе превышала ПДК<sub>рз</sub>, то расписание замены фильтров было неэффективно, и необходимо составить новое.

## Оценка загрязнённости воздуха

На предприятии широко использовали бензол, толуол, и ксилол; и мы измерили их концентрации, считая эти вещества характерными загрязнителями на рабочем месте. Сделали 24 замера в зоне дыхания маляров в течение 6 рабочих дней, на рабочих местах со схожими условиями. Замеры проводили тогда, когда (как ожидалось) загрязнённость воздуха будет максимальна.

Также определили частоту и длительность воздействия на работников, использовавших респираторы, и таким образом определили суммарное воздействие на работника за 8-часовую смену. При определении воздействия (среднесменной концентрации) не учитывали перерывы на обед. То время, когда работник не находился в помещении для окраски, а вместо этого готовил краску – учитывалось как время работы.

Для анализа отобранных образцов использовали стандартный метод NIOSH/OSHA (*National Institute for Occupational Safety and Health-NIOSH 1500/1501*). Вкратце, уловленные активированным углём органические вещества десорбировали с помощью CS<sub>2</sub> и анализировали с помощью газового хроматографа (*Shimadzu*) в режиме (*split mode*).

Каждый день, помимо отбора двух проб воздуха, делали ещё один «замер» - пробу воздуха не брали, но трубку сорбента анализировали для определения наличия вредных веществ.

Чтобы определить наихудшую ожидаемую загрязнённость воздуха (для последующих расчётов), брали среднюю загрязнённость воздуха за 6 рабочих дней, и добавляли стандартное отклонение, и полученное значение использовали для определения срока службы фильтра.

Кроме измерения загрязнённости воздуха, измеряли другие параметры, влияющие на срок службы: меряли температуру воздуха и относительную влажность с помощью (*Digital Humidity/Temperature Meter Model: MTH-1361*) в течение 6 рабочих дней. Полученные наихудшие значения использовали для определения срока службы.

Для оценки расхода воздуха у работника учитывали то, какую работу выполнял маляр в помещении для окраски, и этот расход использовали для вычисления срока службы фильтра.

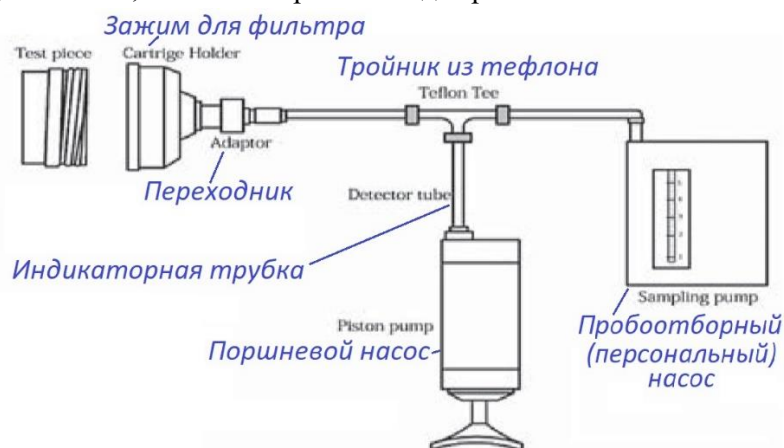
## Испытания фильтров и расписание их замены

Для (определения срока службы) провели испытания в лабораторных условиях, и полученный результат сравнивали с результатами вычислений программы NIOSH MultiVapor.

### *Определение срока службы в лабораторных условиях*

Для определения срока службы в лаборатории использовали 4 фильтра ЗМ модель 6001 в состоянии «после поставки». Их подвергали воздействию атмосферных загрязнений, имевшихся на рабочем месте, включая бензол, толуол и ксилол – по-отдельности, и в смеси.

Для этого поток газа смешивался с чистым воздухом для получения требуемой концентрации, и пропускали через фильтр при требуемом расходе воздуха до тех пор, пока концентрация на выходе из фильтра не достигала требуемой доли от концентрации на входе в фильтр. А время, за которое сорбент в фильтре достигал соответствующей степени, считалась временем «до проскока».



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

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

Время «до проскока» можно измерять в минутах для: определённого расхода воздуха, определённой загрязнённости воздуха, и определённой степени очистки воздуха. При проведении измерений температуру и относительную влажность воздуха (прокачиваемого через фильтр) регулировали так, чтобы они соответствовали микроклимату на рабочем месте.

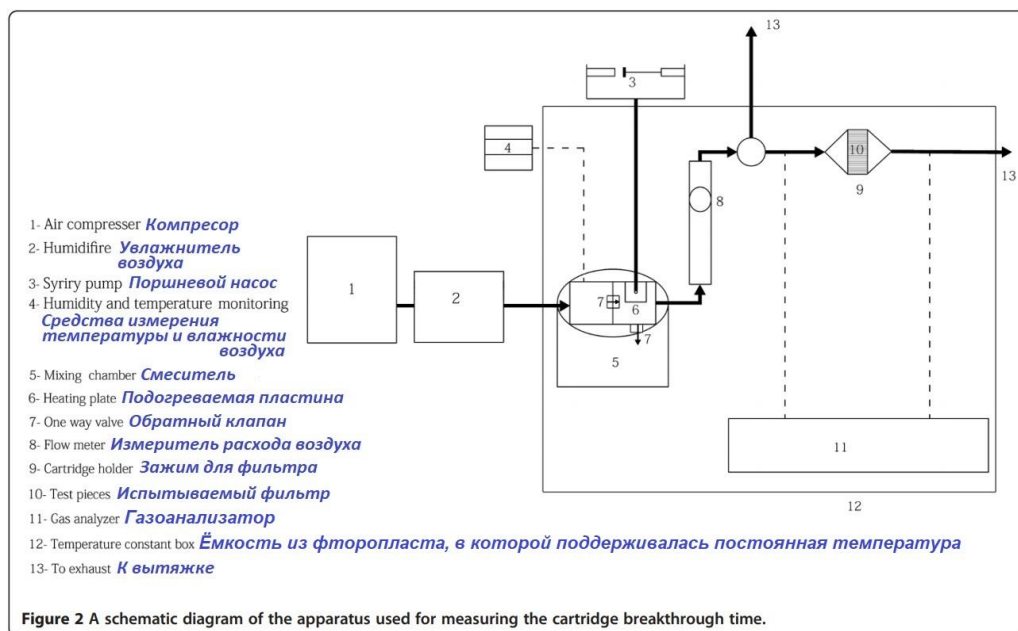
На рис. 2 показана схема лабораторного стенда для измерения срока службы противогазных фильтров. Основной частью стенда была смесительная камера. Она была сделана из политетрафторэтилена (фторопласта). В ней было три отделения. В первом находились датчики температуры и относительной влажности (*TC4Y-14R, Autonics, Korea*). Во втором находилась подогреваемая пластина (поз. 6 на рис. 2), использовавшаяся для испарения растворителя. Растворитель подавался с помощью поршневого насоса (модель *HX-901A*, поз. 3). После увлажнения (поз. 2) воздух проходил через первое отделение во второе, смешивался там с парами растворителя, и поступал в третье отделение (поз. 5, главная часть смесительной камеры).

Для обеспечения герметичности все три части соединялись друг с другом с помощью уплотнительных кольцевых прокладок, и для устранения появления избыточного давления все отделения соединялись друг с другом с помощью двух обратных клапанов.

Для подачи воздуха в устройство использовался компрессор. Воздух фильтровался для очистки от аэрозолей и органических соединений, и пропусклся через увлажнитель для поддержания постоянной (заданной) влажности в смесительной камере. Для поддержания заданных температуры и влажности, соответствовавших «наихудшему случаю» на рабочем месте, использовался контроллер *r (SU-503B, Samwon Eng, Korea)*.

(Подготовленный) воздух подавался из смесительной камеры в противогазный фильтр, закреплённый в зажиме. При проведении испытаний, выходящий из смесителя воздух сначала выпускали в атмосферу. А после того, как удавалось отрегулировать температуру и влажность воздуха, и добиться постоянной концентрации растворителя (обычно для этого требовалось 30 минут), выпуск воздуха в атмосферу прекращали, и поток направлялся в фильтр – начинались измерения.

Расход воздуха через противогазный фильтр соответствовал тому, который был (в среднем) у маляров при работе в окрасочной камере, когда они использовали СИЗОД.



### Получение паров растворителей и измерение концентрации

Для проведения этого исследования использовались чистые химические вещества *GC grade (Merck, Germany)*. Регулируя подачу жидкости поршневым насосом, мы регулировали концентрацию растворителя так, чтобы она соответствовала наихудшему случаю на рабочем месте. Непостоянство концентрации было не более 10% от требуемого значения. Если при проведении эксперимента вдруг происходило неожиданное уменьшение концентрации, то эксперимент повторяли.

Концентрация каждого из растворителей измерялась до и после фильтра с помощью газоанализатора, в котором использовался детектор *Photo Ionization Detector (Ion Sciences Co., UK)*. Для проверки точности измерения использовали газовый хроматограф с детектором с ионизатором пламени водорода (*Gas Chromatograph (Varian model CP-3800) equipped with a hydrogen flame ionization detector (FID)*).

При испытаниях фильтров, когда через них проходил воздух, загрязнённый смесью паров, каждые пять минут отбиралась проба воздуха (до и после фильтра), и они направлялись прямо в газовый хроматограф.



### ***Измерение периода времени до проскока***

Интервал времени от начала подачи воздуха в фильтр до достижения концентрации, равной 50% от среднесменной 8-часовой ПДК<sub>рз</sub>, установленной в США организацией ACGIH (*TLV of American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH- 8-hour TWA*) для одного вещества измерялся [14], и это время считали сроком службы фильтра «до проскока» при данных температуре и влажности воздуха. Для каждого из веществ временем проскока считали самое маленькое измеренное время.

### ***Определение срока службы с помощью программы NIOSH MultiVapor***

Разработаны компьютерные программы, позволяющие вычислять срок службы фильтра. Управление по охране труда (OSHA) разработало программу Advisor Genius, которая позволяет определить срок службы фильтра – при воздействии на него 1 органического соединения [15]. Большинство распространённых программ позволяют вычислить срок службы при загрязнении воздуха одним веществом; и качество их расчётов сильно зависит от относительной влажности воздуха (при большой влажности – большая погрешность). Но недавно Институт охраны труда (NIOSH) разработал программу MultiVapor, которая способна вычислять срок службы при загрязнении воздуха смесью из нескольких веществ. В этом исследовании мы определили срок службы не только с помощью измерений на лабораторном стенде, но и с помощью программы MultiVapor (для каждого растворителя отдельно, и для их смеси). После вычисления срока службы для каждого их компонент смеси растворителей оказалось, что по ксилолу (м-ксилол) оно было наименьшим [3]. Это наименьшее значение и использовалось для составления расписания замены фильтров.

Условия на рабочем месте, включая концентрацию растворителей, относительную влажность и температуру воздуха, расход воздуха у работника – использовали и при измерениях на лабораторном стенде, и при использовании MultiVapor.

### ***Оценка качества нового расписания***

Для проверки качества нового расписания замены фильтров использовали их испытания на рабочем месте. Если в воздухе, прошедшем через фильтр (*сразу после окончания установленного срока службы- прим. к переводу*) не обнаруживали органические вещества, то считали, что замена проводится своевременно, такое расписание можно использовать. А если обнаруживалось присутствие органических соединений в фильтре при значительной концентрации – расписание изменяли, уменьшая срок службы (обычно на 1 час), и проводили новые измерения.

## **Результаты**

В помещении для окраски автомобилей маляры работают по 10 часов в день, 6 дней в неделю. Они используют респираторы-полумаски для защиты от органических соединений в течение 8 часов.

В одном фильтре помещено по 46,39 грамм сорбента. По данным, полученным от их изготовителя (3М), объём микропор использованного сорбента 0,533 см<sup>3</sup> на 1 грамм, средний диаметр гранулы 0,15 см; форма полости в фильтре, где находится сорбент: диаметр 8 см, толщина 2,2 см.

На момент проведения исследования, фильтры заменяли 1 раз в 2-3 дня (после использования в течение 16-24 часов). Замену проводили тогда, когда работник чувствовал запах вредного вещества; или когда ему становилось трудно дышать (*авторы не указали, использовался ли противоаэрозольный предфильтр; и был ли воздух загрязнён аэрозолями краски – прим. к переводу*). Чтобы определить, заменяются ли фильтры вовремя (имевшиеся, старое расписание замены), на рабочем месте проверили – защищают ли использованные фильтры, только что заменённые на новые, от бензола. Проверили 10 фильтров, способ проверки описан в «Материалы и методы».

7 из 10 фильтров пропускали бензол при опасной концентрации. Таким образом, старое расписание не обеспечивало профилактику запоздалой замены фильтров. Маляры подвергались чрезмерному воздействию растворителей, т.к. средства коллективной защиты не обеспечивали снижение загрязнённости воздуха до ПДК<sub>рз</sub>. Необходимо разработать новое расписание замены фильтров.

### **Измерение загрязнённости воздуха на рабочем месте и параметров микроклимата**

В таблице 1 показаны результаты измерений загрязнённости воздуха и параметров микроклимата на рабочем месте, которые использовали для оценки срока службы фильтров.

Концентрация вредных веществ была: бензол – 36,2±21,2 ppm; толуол 1113±61,7 ppm; ксилол 312,3±91,3 ppm (*Справочно, ppm – объёмная концентрация, частей на миллион по объёму (т.е. 1000 ppm = 0,1% по объёму)*). ПДК<sub>рз</sub> макс-разов/среднесмен. в РФ: бензол 15/5 мг/м<sup>3</sup> = 4,7/1,57 ppm; толуол 150/50 мг/м<sup>3</sup> = 39,8/13,3 ppm; ксилолы 150/50 мг/м<sup>3</sup> = 34,5/11,5 ppm. То есть, среднесменные ПДК<sub>рз</sub> РФ превышались в среднем в 23, 84 и 27

раз соответственно. Но даже при использовании тех ПДКрз, которые брали авторы, только по бензолу превышение в среднем в 11,6 раз. В таких случаях полумаски неэффективны, т.к. пропускают слишком много загрязнений через зазоры между маской и лицом. Применение полумасок в США, Канаде, Австралии, Великобритании, Японии – ограничено 10 ПДКрз). Концентрации вредных веществ превысили среднесменные (за 8 часов) ПДКрз (TLV), установленные Американской ассоциацией промышленных гигиенистов (ACGIH) (при уровне статистической значимости  $P < 0,05$ ). Этот результат схож с полученным Vitali et al. В том исследовании изучалась загрязнённость воздуха при окраске автомобилей, и она тоже превышала ПДКрз [17].

Чтобы определить, какая возможна наихудшая загрязнённость воздуха растворителями, сложили среднее значение и стандартное отклонение; и полученную величину использовали для определения срока службы фильтров. Эти наихудшие концентрации были 58, 174 и 404 ppm для бензола, толуола и ксилола, а превышение ПДКрз ACGIH было в 115; 8,7 и 4 раза.

Температура и относительная влажность воздуха в помещении для окраски были  $20,83 \pm 0,68$  град С и  $54,5 \pm 0,5\%$  соответственно. Это соответствовало наихудшим условиям на рабочем месте.

Расход воздуха через фильтр был 37 л/мин – средний расход воздуха у маляров, окрашивавших автомобили (работа от средней до тяжёлой) и использовавших респираторы.

## Проверка фильтров и оценка срока службы

В таблице 2 показаны результаты определения срока службы фильтров как путём измерений, так и вычислений (NIOSH MultiVapor). По данным замеров на лабораторной установке, фильтр защищал от бензола 22,58 час, от толуола 14,62 часа и от ксилола 8,56 часов – при загрязнении воздуха только одним веществом. На практике воздух загрязнён смесью веществ, и тогда проскок через фильтр наступал через 4,35 часа. По данным, приведённым в таблице 2 видно, что программа NIOSH завышала срок службы по сравнению с фактически измеренным (на 9,71, 9,29 и 10,28% для отдельных веществ соответственно, и на 12,62% для смеси).

**Таблица 1.** Условия на рабочем месте

Параметр		Число замеров	Концентрация, ppm Среднее значение ± стандартное отклонение	ПДКрз	MD*	t	Sig. (2-tailed)**	Ожидаемые наихудшие условия
Концентрация вредного вещества, ppm	Бензол	24	36,22±21,22	0,5	36,05	5,09	0,001	58
	Толуол		111,33±61,79	20	91,44	4,42	0,002	174
	Ксилол		312,33±91,33	100**	212,92	6,99	0,000	404
Температура, град. С		6	20,83±0,68	-	-	-	-	22
Относит. влажность, %		6	54,5±0,5	-	-	-	-	55

\* mean Difference

\*\* One-sample Test

\*\*\* ПДКрз (TLV), установленные Американской ассоциацией промышленных гигиенистов (ACGIH)

**Таблица 2.** Оценка срока службы противогазного фильтра (замеры в лаборатории и на рабочем месте; и вычисления с помощью программ: изготовителя фильтра и NIOSH MultiVapor)

Условия при оценке	Вредное вещество	Концентрация в загрязнённом воздухе, ppm	Концентрация в очищенном воздухе**, ppm	Срок службы фильтра, минут		Погрешность расчётов MultiVapor, %
				замер	MultiVapor	
Для одного вещества отдельно	Бензол	58	0,25	1355,3	1487	9,71
	Толуол	174	10	877,2	958,7	9,29
	Ксилол*	404	50	514,4	9,32***	10,28
Все вместе	Все 3 в-ва	-	0,25	261,3	294,3	12,62

При выполнении расчётов считали атмосферное давление равным 1 атм.

\* Для ксилолов, брали главный изомер (м-ксилол).

\*\* Время, при котором достигалась концентрация = 0,5 ПДКрз, считали сроком службы.

\*\*\* Вероятно, в документе – опечатка. Вычисленный срок службы должен быть 567 минут - прим. к переводу.

## Обсуждение

Полученные в этом исследовании результаты показывают, что срок службы фильтра – 4 часа. А требования охраны труда при работе с бензолом в США [18] обязывают работодателя заменять фильтры СИЗОД или по окончании их срока службы, или в начале каждой смены (что наступит раньше). То есть, даже при улучшении вентиляции рабочего места, и увеличении срока службы, фильтры нельзя использовать более одной смены.

Хотя при составлении расписания замены противогазных фильтров есть сложности, неопределённости, однако с точки зрения сбережения здоровья работников замена фильтров по расписанию гораздо лучше, чем продолжение использования субъективной реакции органов чувств работника на запах и т.д. [19].

Чтобы убедиться в том, что новая периодичность замены фильтров предотвращает запоздалую замену и чрезмерное воздействие вредных веществ на работника, мы проверили фильтры, которые использовали в течение 4 часов - непосредственно перед заменой на новые. Проверка 10 фильтров не выявила чрезмерного проникновения бензола через них. Это подтвердило, что новое расписание составлено правильно, и что следует заменять фильтры в соответствии с ним. Но при изменении условий на рабочем месте необходимо снова проводить проверку правильности расписания и (если требуется) снова изменять его (систематично и регулярно).

Для получения наилучшего расписания замены противогазных фильтров необходимо проводить испытания фильтров для наихудшего случая их использования (по загрязнённости воздуха, относительной влажности и температуры, и расхода воздуха через фильтр) [3]. Но это требует больших затрат, и это сложно сделать на практике. Проще и удобнее использовать для оценки срока службы программу m NIOSH MultiVapor, и применять к полученному результату коэффициент безопасности (в условиях изучавшегося рабочего места, срок службы следовало снизить хотя бы на 15%).

Полученный срок службы (для загрязнения воздуха смесью) оказался меньше 1 смены. Поэтому фильтры следует заменять в соответствии с новым расписанием, то есть каждые 4 часа.

Использование субъективной реакции органов чувств на появление вредного вещества в маске долгое время считалось проблемным; и с 2004 г. [13] признано, что использование такого способа замены следует прекратить. Причины:

1. Реакция органов чувств человека не объективна, и возможны ошибки.
2. Разные люди могут реагировать на запах одного и того же вещества при очень разной концентрации из-за индивидуальных отличий.
3. У людей, подвергавшихся воздействию вредных веществ при их низкой концентрации, а также при некоторых заболеваниях (например – простуда), чувствительность органа обоняния снижается.

Если порог реагирования человека на запах выше ПДК<sub>крз</sub>, то замена фильтра может происходить запоздало, т.к. работник не заметит проскок вредного вещества через фильтр. У бензола, порог около 4,7 ppm [20], то есть примерно в 10 раз выше ПДК<sub>крз</sub> в Иране (0,5 ppm). Поэтому у бензола «плохие предупреждающие свойства», и распознать его присутствие в воздухе по запаху и обнаружить проскок нельзя. У ксилола порог восприятия запаха 1 ppm, что меньше ПДК<sub>крз</sub> АСГИН (20 ppm) [14], и можно считать, что у этого вещества адекватные предупреждающие свойства. У толуола порог 2,49 ppm, что значительно меньше ПДК<sub>крз</sub> 100 ppm. Но из-за того, что порог у толуола очень разнообразен, и для этого вещества нельзя считать, что у него есть «хорошие предупреждающие свойства» [21].

Управление по охране труда (OSHA, в Минтруда США) пришло к выводу, что использование реакции работника на запах для определения периодичности замены противогазных фильтров – неэффективно, и в требованиях законодательства США к выбору и применению СИЗОД работодателем это запрещено. Вместо этого, работодатель должен составить расписание замены фильтров, предварительно определив, сколько времени на конкретном рабочем месте фильтр может защищать работника. Также Управление заявило, что разрешается использовать фильтрующие СИЗОД для защиты работников от таких вредных веществ, у которых «плохие предупреждающие свойства» - если замена фильтров проводится по эффективному расписанию.

Как упоминалось ранее, лучший способ защиты маляров от ароматических органических веществ в помещении для окраски – прекращение использования опасных веществ, или их замена на малоопасные. Отказ от окраски распылением, и использование для окраски валиков или кистей; или же полная автоматизация окраски и её выполнение в полностью изолированном помещении, также уменьшат воздействие на работников. Если это не выполнимо, следует использовать средства коллективной защиты (например – вентиляцию). Вентиляционная система в помещении для окраски должна обеспечивать подачу пригодного для дыхания воздуха непрерывно и равномерно, и при достаточно (большой) скорости в зону дыхания маляра – во всех местах.

Считается, что использование фильтрующих СИЗОД – вспомогательный способ защиты работника. Но иногда он становится основным – когда более эффективные ещё не внедрены (во время монтажа вентиляции и т.п.), или при поломке основных средств (коллективной) защиты.

К сожалению, на том рабочем месте, которое мы изучали, вентиляция не смогла снизить загрязнённость воздуха до ПДКрз, и поэтому они вынуждены использовать СИЗОД. Для защиты маляров, работающих в помещении, где проводят окраску автомобилей, необходимо правильно использовать и вовремя заменять противогазные фильтры – до того, как окончится их срок службы.

## Выводы

Результаты проведённого исследования показывают, что периодичность замены фильтров необходимо изменить: фильтры следует менять не 1 раз за 16-24 часа, а каждые 4 часа.

Для составления расписания замены противогазных фильтров (фильтрующих СИЗОД) необходимо использовать сведения о загрязнённости воздуха на рабочем месте, и другую информацию о применении СИЗОД. Нельзя заменять фильтры на основе реакции органа обоняния на запах, и на другие предупреждающие свойства вредных веществ (*раздражение слизистых оболочек глаз, органов дыхания, привкус и др. – прим. к переводу*).

Это исследование показало, что программа, разработанная НИИ охраны труда (NIOSH) может использоваться для составления расписания замены фильтров. В конкретных условиях, в которых проводилось исследование, для использования результатов её вычислений необходимо было применить коэффициент безопасности, чтобы уменьшить полученное значение на 15% (или больше).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

**Вклад авторов:** Проведение всего исследования, его планирование, проведение экспериментов, анализ данных, подготовка рукописи – результат работы первых трёх авторов. Другие авторы помогали при проведении экспериментов и анализе данных. Конечная редакция документа была прочитана и одобрена всеми авторами.

**Благодарности:** Это исследование проводилось при поддержке Iranian National Petrochemical Company. Также авторы выражают благодарность Mr. Dariush Maleki и Mr. Darren Hart за помощь в подготовке текста на английском языке.

Рукопись поступила в редакцию 29 июня 2013, одобрена для публикации 10 декабря 2013, опубликована 27 января 2014.

## Литература

1. Wood GO, Lodewyckx P: An extended equation for rate coefficients for adsorption of organic vapours and gases on activated carbons in air-purifying respirator cartridges. American Industrial Hygiene Association Journal, 2003, 64(5):646–650. <https://doi.org/10.1080/15428110308984858>

Бесплатно доступна [копия статьи](#)

2. OSHA: Respiratory Protection; Final Rule, Federal Register 63:5; 1998:1152–1300. [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=FEDERAL\\_REGISTER&p\\_id=13749](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=FEDERAL_REGISTER&p_id=13749).

Есть перевод: [PDF Wiki](#)

3. OSHA: Inspection procedures for the Respiratory Protection Standard, CPL 02-00-120, Standard Number; 1910.134; 1998. [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=DIRECTIVES&p\\_id=2275](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=DIRECTIVES&p_id=2275).

Есть перевод: [PDF Wiki](#)

4. OSHA: Respirator Change Schedules; 1998. [https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change\\_schedule.html](https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html).

Есть перевод: [Замена противогазных фильтров по расписанию.](#)

5. Nelson GO, Correia AN, Harder CA: Respirator cartridge efficiency studies: VI. Effect of concentration. American Industrial Hygiene Association Journal, 1976, 37(4):205–216. <https://doi.org/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, 37(5):280–288. <https://doi.org/10.1080/0002889768507456>

7. Nelson GO, Harder CA: Respirator cartridge efficiency studies: V. Effect of solvent vapor. American Industrial Hygiene Association Journal, 1974, 35(7):391–410. <https://doi.org/10.1080/0002889748507051>



8. **Nelson GO, Correia AN:** Respirator cartridge efficiency studies: VIII. Summary and conclusions. American Industrial Hygiene Association Journal, 1976, 37(9):514–525. <https://doi.org/10.1080/0002889768507509>
9. **SEA:** The Practical Use of some Existing Models for Estimating Service Life of Gas Filters Calculations of Adsorption Capacity and Breakthrough Times; 1997. <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, 55:11–15. <https://doi.org/10.1080/15428119491019203>  
 Бесплатно доступна [копия статьи](#)
11. **Wood GO:** Estimating service lives of organic vapor cartridges II: A single vapor at all humidities. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2004, 1(7):472–492. <https://doi.org/10.1080/15459620490467792>.  
 Бесплатно доступна [копия статьи](#)
12. **Wood GO, Snyder JL:** Estimating service lives of organic vapor cartridges III: Multiple vapors at all humidities. J Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2007, 4(5):363–374. <https://doi.org/10.1080/15459620701277468>  
 Бесплатно доступна [копия статьи](#)
13. **NIOSH:** NIOSH Respirator Selection Logic; 2004. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/>  
 Есть перевод: [PDF](#) [Wiki](#)
14. **ACGIH:** Threshold Limits Values and Biological Exposure Indices (TLVs and BEIs). Cincinnati: Signature Publication; 2010. <https://www.acgih.org/tlv-bei-guidelines/biological-exposure-indices-introduction>
15. **OSHA:** Respiratory protection, “Advisor Genius”; 1998. [https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/mathmodel\\_advisorgenius.html](https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/mathmodel_advisorgenius.html).  
 Вместо этой программы теперь рекомендуется использовать MultiVapor.
16. **NIOSH MultiVapor™** Version 2.2.3, Publication No. 2010-124C. <http://www.cdc.gov/niosh/nppt/multivapor/multivapor.html>.  
 Есть описание программы на русском языке [ссылка](#).
17. **Vitali M, Ensabella F, Stella D, Guidotti M:** Exposure to organic solvents among handicraft car painters: a Pilot Study in Italy. Ind Health 2006, 44:310–317. <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.310>. Есть [PDF](#).
18. **OSHA:** 29 CFR 1910.134. [Respiratory protection](#); 1998.  
 Есть перевод: [PDF](#) [Wiki](#)
19. *Reist P, Rex F: Odor detection and respirator cartridge replacement. AIHA 1997, 38:563–566.*  
 - это **ошибка**, такая статья не опубликована.
20. **IPCS: INCHEM;** 2010. <http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim063.htm>.
21. Chemical profiles. [http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/](http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/).

*doi:10.1186/2052-336X-12-41*

*Cite this article as: Jahangiri et al.: Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting for developing change schedule of respirator cartridges. Journal of Environmental Health Science & Engineering 2014 12:41.*