

Качество воздуха в салоне автомобиля

02, февраль 2016

Якунова Е. А.^{1,*}, Сайкин А. М.²

УДК: 62-1/-9

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

²ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

*elena.polyakova@nami.ru

Введение

В настоящее время решением задачи снижения загрязнения воздуха в салоне автомобиля считается уменьшение эмиссии вредных веществ (ВВ) из материалов, используемых в салоне. Однако, источников загрязнения воздуха в салонах несколько, поэтому необходимо общее рассмотрение проблемы снижения загрязнения воздуха в салоне. Не решенная до настоящего времени, она является своевременной и актуальной для водителей и пассажиров всех современных автомобилей, включая электромобили. Многочисленные исследования и нормативные документы /1-85/, опубликованные в США, Германии, Великобритании, Франции, Италии и др. странах, подтверждают, что повышенное загрязнение воздуха в салонах автомобилей является опасным и приводит к следующим отрицательным последствиям: смертность, преждевременная смертность, ухудшение самочувствия, головная боль, спутанность сознания и др. опасные для здоровья последствия, в том числе приводящие к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий /23,34,35/. Даже небольшие концентрации ВВ в воздухе салонов обладают кумулятивным токсическим эффектом, сказывающимся на здоровье пассажиров и водителей всю последующую жизнь.

В США в 2000-х годах из-за сверхнормативного загрязнения воздуха в салонах ежегодно умирало около 500 человек во время езды в автомобилях, а в гаражах - около 1500 человек (не по причине суицида) /34/. Число преждевременно умирающих в США от воздействия твердых частиц (ТЧ) в воздухе составляет десятки тысяч человек, а число отравлений от оксида углерода (СО) достигает 10 тыс. случаев в год /34/. В США установлена также связь между возросшей смертностью с воздействием повышенных концентраций озона в воздухе, особенно у людей старше 65 лет. Количество обращений в больницы из-за загрязнения воздуха в салонах оценивается в сотни тысяч человек, при этом большинство населения не связывает свои заболевания с отравлением загрязненным воздухом /34/. В странах ЕС в настоящее время сокращение средней продолжительности жизни (преждевременная смертность) от негативного воздействия автомобилей на человека составляет около 9 месяцев /35/, в США – от 1 года до 2-х лет /34/. В РФ число преждевременных

смертей из-за сверхнормативного загрязнения воздуха транспортными средствами оценивается в 25-28 тыс. человек в год /35/.

Без разработки системы регламентов по снижению загрязнения воздуха в салонах автомобилей будут оставаться «экологически опасными». Изложенные в настоящем обзоре данные подтверждают актуальность и необходимость уделить пристальное внимание проблеме загрязнения воздуха в салонах автомобилей. Вместе с тем, решение проблемы должно вестись комплексно с учетом рассмотрения и оценки уровня загрязнения воздуха в салоне, источников и причин его возникновения. Рассмотрение только одной из причин (материалов, используемых в салоне) не приведет к решению проблемы в целом. Ниже приведены результаты анализа основных причин загрязнения воздуха в салоне автомобиля и дан список нормативных документов, которые необходимо разработать для решения рассматриваемой проблемы.

1. Уровень загрязнения воздуха в салонах автомобилей в условиях эксплуатации

Уровень загрязнения воздуха в салонах автомобилей в условиях эксплуатации, в первую очередь, зависит от уровней загрязнения: наружного атмосферного воздуха, загрязнения воздуха над проезжей частью дорог /1-40/.

1.1. Уровень фонового загрязнения наружного атмосферного воздуха

Общее фоновое загрязнение атмосферного воздуха контролируется во всех странах системами мониторинга воздушной среды. В населенных пунктах, особенно в крупных городах, фоновое загрязнение атмосферного воздуха связано с вредными выбросами транспортных средств, промышленных предприятий и др. источников, зависит от климатических факторов и часто превышает гигиенические нормативы /1-40/. В Российской Федерации в 2010г. вредное воздействие высокого и очень высокого уровня фонового загрязнения атмосферного воздуха испытывало 58% городского населения страны, а в Москве и Санкт-Петербурге – 100% населения. В 83% городов РФ с численностью 67 млн. человек в 2010 г. среднегодовые концентрации по меньшей мере по одному ВВ превышали предельно-допустимые среднесуточные концентрации (ПДК_{сс}): по твердым частицам (ТЧ) - в 67 городах РФ, по бенз(а)пирену (БП) – в 164 городах, по диоксиду азота (NO₂) – в 102 и по формальдегиду (CH₂O) - в 133городах /36/.

В больших городах, например, в Нью Йорке, Париже, Лондоне, Стокгольме и др., общее фоновое загрязнение атмосферного воздуха также высокое и при неблагоприятных климатических условиях является опасным для жизни населения. Приоритетными загрязнителями воздушной среды больших городов являются NO₂, озон (O₃), ТЧ, CH₂O, CO /1-38/.

Наибольшие среднегодовые концентрации ТЧ (PM₁₀) в атмосфере отмечаются в Гонконге (45-69 мкг/м³). В Стокгольме и Москве их содержание находится в пределах 21-45 мкг/м³, в Нью-Йорке, Париже и Лондоне – на уровне 22-29 мкг/м³ /37,38/. Несмотря на то,

что содержание ТЧ в Москве близко к нормативам, установленным ЕС (40 мкг/м^3), их концентрации вблизи автотрасс до 60% выше нормативных значений /37-42/. Атмосферные ТЧ проникают в носовые и бронхиальные каналы, где скапливаются и отвердевают. В носу, горле и легких они действуют как сильнейшие раздражители. Мелкие ТЧ проникают в глубокие отделы легких, а самые мелкие поглощаются кровью. Медики США связывают воздействие ВЧ с массовой преждевременной смертностью населения и с обострением бронхолегочных, сердечно-сосудистых заболеваний, астмы и др. /34/.

Твердые частицы, контролируемые в воздухе системами мониторинга зарубежных стран, подразделяют на общее количество частиц со средним аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (PM_{10}) и со средним аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм ($\text{PM}_{2,5}$). Атмосферные ТЧ на 80-95% состоят из диоксида кремния (SiO_2), они могут содержать угольные, металлические, минеральные и др. частицы и взвеси, а также частицы, выбрасываемые в атмосферу различными источниками и частицы, поднимаемые с подстилающей поверхности ветром и движением автомобилей /43-45/.

Многочисленными исследованиями утверждается /34, 46-50, 51-55/, что наибольшую опасность для человека представляют частицы размером менее 2 - 5 мкм, которые не видны глазом и могут находиться в воздухе до нескольких недель. Медицинские исследования, проведенные в США, связывают воздействие повышенных уровней PM_{10} с обострением таких заболеваний, как астма и др. серьезными заболеваниями /34,56/. Воздействие повышенных уровней $\text{PM}_{2,5}$ приводит к более частым обращениям в больницы /34,56/. Как выше отмечалось, число преждевременно умерших в США от воздействия ТЧ составляет ежегодно десятки тысяч человек /34,51-54/.

По данным систем мониторинга воздушной среды наибольшие среднегодовые концентрации NO_2 в атмосфере также наблюдаются в Гонконге ($0,055\text{-}0,117 \text{ мг/м}^3$), самые низкие – в Стокгольме и Париже (до $0,039 \text{ мг/м}^3$), в Москве, Праге, Лондоне, Берлине, Нью-Йорке они находятся (изменяются) в диапазоне $0,033\text{-}0,056 \text{ мг/м}^3$ (рекомендуемый допустимый гигиенический норматив ЕС – $0,040 \text{ мг/м}^3$) /57,58/.

Одним из приоритетных загрязнителей воздушной среды городов является озон O_3 , который отнесен к ВВ 1-го класса опасности (чрезвычайно опасные ВВ). Содержание озона в атмосфере большинства городов мира часто превышает гигиенические нормативы. Среднегодовые концентрации озона в атмосфере Москвы и др. крупных городов составляют от $0,020$ до $0,045 \text{ мг/м}^3$ при норме РФ в $0,030 \text{ мг/м}^3$. Содержание озона в воздухе Лондона, Гонконга, Парижа, Праги, Нью-Йорка и Стокгольма находится в пределах от $0,032$ до $0,060 \text{ мг/м}^3$ /57,58/. Озон включен Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в список пяти основных ВВ, содержание которых необходимо контролировать для оценки качества воздуха. Он токсичнее NO_x , CO , ТЧ, CH_2O , с большинством из них (NO_x) является ВВ однонаправленного действия и с ними обладает эффектом синергизма.

Содержание CO в атмосферном воздухе крупных городов, как правило, не превышает допустимые среднесуточные гигиенические нормативы, рекомендуемые ВОЗ, ЕС и установленные в РФ нормы (3 мг/м^3) /39, 37,38,40-42/. По данным систем мониторинга воз-

душной среды среднегодовые концентрации СО в Москве, Париже, Гонконге находятся на уровне 0,6-1,1 мг/м³ (0,15-0,4 ПДК), в Нью-Йорке, Берлине, Праге, Стокгольме – в пределах 0,5-0,6 мг/м³ /37,38/. В воздухе вблизи автомагистралей содержание СО существенно выше фонового.

СО относится к ВВ 4-го класса опасности, т.е. менее опасным, чем NO_x, O₃, ТЧ, СН₂O /59/. Тем не менее он также токсичен. Принято считать, что отравление угарным газом является основной причиной гибели людей, например, в гаражах, тоннелях, в чрезвычайных ситуациях (пожары и т.д.). Отрицательным свойством СО является то, что он вызывает сонливость. Возможно, повышенное содержание СО в воздухе кабин водителей является одной из причин их засыпания во время езды, что приводит к наиболее тяжелым ДТП.

В совокупности с более чем 1000 ВВ, выделяемых в атмосферу при эксплуатации автомобилей, СО оказывает гораздо более выраженный токсический эффект, чем при изолированном действии /60-62/. Эффект синергизма (усиление вредного воздействия) установлен при совместном присутствии в воздухе СО и оксидов азота (NO_x) как при низких (на уровне ПДК), так и высоких (смертельные дозы) их концентрациях. При этом токсичность NO_x возрастает в 3 раза, а СО – в полтора раза.

Формальдегид, бенз(а)пирен и др. индивидуальные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), летучие органические вещества (ЛОС), не входящие в перечень нормируемых ВВ в Правилах ЕЭК ООН, по своему содержанию в воздушной среде городов и, соответственно, по оказываемому вредному воздействию на человека, являются на порядок более опасными, чем суммарные углеводороды (СН), нормируемые в отработавших газах автомобилей. Если содержание СН в атмосфере городов регистрируется на безопасном уровне, то в это же время среднегодовые концентрации формальдегида и ряда других индивидуальных углеводородов (например, бенз(а)пирена) в атмосфере от 26 до 30 городов РФ в течение последнего десятилетия до 10 и более раз превышают установленные нормы /39-42/. По этой причине нельзя признать целесообразным нормирование предельного содержания суммарных СН как не оказывающих значимое токсическое воздействие на население в сравнении с канцерогенными углеводородами типа формальдегида, бенз(а)пирена и другими индивидуальными веществами, входящими в состав ПАУ и ЛОС.

Таким образом, из рассмотренных публикаций следует, что содержание таких ВВ, как NO₂, O₃, ТЧ, бенз(а)пирен, СН₂O, СО в атмосфере больших городов, является опасным для населения и особо опасным в периоды неблагоприятных климатических условий – смога, практически ежегодно отмечающимися в Европе, Азии, Америке.

1.2. Уровень загрязнения воздуха над проезжей частью дорог и в салонах автомобилей

Уровень загрязнения воздуха над проезжей частью дорог существенно выше уровня фонового загрязнения наружного атмосферного воздуха. Это связано с дополнительным выбросом в воздух над проезжей частью дорог следующих ВВ:

- нескольких тысяч ВВ с отработавшими газами автомобилей,

- продуктов износа шин, дорожного полотна, тормозных колодок и сцеплений.

В Москве по данным системы Мосэкомониторинга содержание NO_2 , ТЧ, CH_2O , СО в воздухе вблизи автотрасс в часы пик от 1 до 4 раз больше установленных гигиенических нормативов /57,58,63/. Загрязнение воздуха вредными веществами над самой проезжей частью дорог до 4-10 раз и более может превышать уровень фонового загрязнения воздушной среды городов /34,37-42,50-52,56,64,65/. Измерения показали, что в автомобильных пробках, в плотных транспортных потоках, в тоннелях содержание ВВ в воздухе, может быть не только повышенным, но и опасным для жизни и здоровья населения /65,66/. Зарубежные публикации также свидетельствуют о том, что загрязнение воздуха над проезжей частью дорог значительно выше фонового загрязнения окружающего воздуха и, особенно в часы пик, может быть опасным для жизни и здоровья населения /1-40/.

В воздухе над проезжей частью дорог содержание ТЧ, как и других ВВ, существенно превышает фоновое загрязнение воздуха и гигиенические нормативы /34,37-42, 50-52/.

Самые высокие концентрации СО и др. ВВ в воздухе по материалам публикаций /1-40/ отмечаются в мало проветриваемых тоннелях, в которых содержание СО в воздухе увеличивается до 6-14 $\text{мг}/\text{м}^3$ на каждые 100 м длины тоннеля; в воздухе гаражей содержание СО может достигать 80-240 $\text{мг}/\text{м}^3$ и более, вплоть до смертельных значений; в воздухе подземных паркингов (например, супермаркетов) достигает средней величины в 30 - 40 $\text{мг}/\text{м}^3$ при гигиеническом нормативе в РФ - 5 $\text{мг}/\text{м}^3$.

Загрязнение воздуха в салонах, как правило, **во много раз больше**, чем над проезжей частью дорог /1-40/. Сверхнормативно загрязненный воздух в салонах почти не имеет запаха, цвета, а наиболее опасная пыль тоньше 2-5 микрон, как правило, не очищаемая салонными фильтрами, не видна глазом. При кажущихся комфортных условиях по температуре, влажности, шуму в салонах современных автомобилей с системами кондиционирования и климат-контроля, создается иллюзия полного благополучия, при этом загрязнение воздуха в салонах остается опасным для жизни, влияя на утомляемость, внимание водителя, вызывая у него спутанность сознания и даже сонливость.

Имеется большое количество публикаций по изучаемым и применяемым, салонным фильтрам, системам и методам очистки воздуха в салонах автомобилей от ВВ /34,43,45,67-77/. Однако, ввиду отсутствия технических требований к салонным фильтрам, системам очистки воздуха в салонах и эффективности их работы, в известных технических решениях нет единого подхода к решению проблемы, содержащаяся информация ограничивается вопросами очистки отдельных групп, нормируемых ВВ, а недостатки систем и методов очистки воздуха в публикациях, как правило, не обсуждаются. Результат этого – применяемые средства для очистки воздуха в салонах обладают крайне низкой эффективностью очистки воздуха по ограниченной номенклатуре нормируемых ВВ, а в ряде случаев применяемые воздухоочистители приводят даже к увеличению токсичности воздуха в салонах.

В таблице 1 дана обобщенная информация о применяемых салонных очистителях воздуха.

Наибольшее распространение для очистки воздуха в салонах нашли **салонные фильтры**, устанавливаемые в системах вентиляции и кондиционирования (климат-контроля). У большинства населения и даже специалистов сложилось ошибочное представление о том, что они эффективно очищают загрязненный воздух в салонах, обеспечивая «экологическую безопасность» водителей и пассажиров.

Современные **салонные фильтры**, содержащие бумажный (п.1 таблицы 1) и в лучшем случае угольный фильтрующие материалы (п.2 таблицы 1), не очищают воздух от оксидов азота, оксида углерода. Это является их принципиальным недостатком. Однако и по другим приоритетным ВВ салонные фильтры мало эффективны. Из-за отсутствия нормативов по тонкости очистки воздуха бумажные фильтрующие материалы в них очищают только грубые ТЧ – более 2-5 микрон /34/, которые гораздо менее токсичны, чем более мелкие взвешенные частицы /34,46-50/.

Количество применяемого в салонных фильтрах угля, как правило, не превышает 30-40 грамм, которого хватает на очистку воздуха от углеводородов и для снижения запаха в салонах на пробег автомобиля не более 1 – 2 тыс. км. Таким образом, салонные фильтры осуществляют лишь грубую очистку воздуха по СН и ВЧ и их применение не защищает водителей и пассажиров от сверхнормативного загрязнения воздуха также оксидами азота, оксидом углерода и др. токсичными ВВ, достигающего в реальных условиях эксплуатации опасных для здоровья населения значений.

Таблица 1. Известные очистители воздуха в салонах

№№ п.п	Методы и системы очистки воздуха	Очищаемые ВВ							Недостатки систем
		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	CO	СН	СН ₂ O	Сажа	
1	Салонный фильтр (бумажный) /34, 43, 67, 76/	+	-	-	-	-	-	⊥	Очищает только грубую пыль, не производит очистки NO _x , CO, СН, формальдегид
2	Салонный фильтр (бумажный + угольный) /34, 67, 76/	+	-	-	-	НИ	НИ	⊥	Плохо очищает пыль и запах не производит очистки NO _x , CO
3	Воздухоочиститель-ионизатор /68,69/	-	-	-	+	+	⊥	⊥	Не очищает NO _x , пыль; производит O ₃ – ВВ 1-го класса опасности
4	Озонатор /34, 71-73/	-	-	-	+	+	⊥	⊥	Не очищает NO _x , пыль; производит O ₃ – ВВ 1-го класса опасности
5	Фотокаталитический очиститель /70/	-	-	-	+	+	НИ	⊥	Не очищает NO _x , пыль, большие вес и габариты
6	Установка импульсного коронного разряда /77/	-	-	⊥	+	+	НИ	+	Недопустимо большие энергозатраты, вес, габариты, нет очистки от пыли

Примечание: + - очищает воздух - - не очищает; ⊥ - частично очищает; НИ – нет информации

Воздухоочистители-ионизаторы (п.3 таблицы 1) и **озонаторы** (п.4 таблицы 1), частично очищают воздух только от CO, некоторых групп углеводородов, частичек сажи и снижают запах воздуха в салоне. Однако они не очищают воздух от NO₂, NO, пыли, малоэффективны по формальдегиду. Серьезным их недостатком является и то, что они генерируют и поставляют в воздух салонов озон, присутствие которого в воздухе выше гигиенического норматива является более опасным, чем любого из таких ВВ, как NO_x, ТЧ, CH₂O, CO.

Отравление озоном сопровождается поражением органов дыхания (от першения в гортани до отека легких). При отравлении отмечают: раздражение слизистых оболочек, глаз, головная боль, снижение кровяного давления, упадок сердечной деятельности и др. /79,58,80/. Продуктом реакции озона с углеводородами терпенового ряда является мелкодисперсная пыль, которая часто вызывает аллергическую реакцию и из-за микроскопических размеров из воздуха удаляется из организма с большим трудом. Озон является ВВ с остронаправленным механизмом действия и в соответствии с гигиеническими нормативами РФ (ГН 2.2.5.1313-03) требует непрерывного автоматического контроля его содержания в воздухе.

Озон очень опасен при одновременном присутствии в атмосфере оксидов азота. При совместном содержании O₃ и NO_x воздух становится в 20 раз более токсичным, чем при их раздельном присутствии в воздухе /81/. В городах O₃ и NO_x являются основными загрязнителями воздушной среды и воздуха в салонах.

В США, где применение озонаторов началось значительно раньше, независимыми экспертами были проведены многочисленные эксперименты для выяснения реальных возможностей озона как очистителя воздуха. На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы /82/:

- озон не улучшает качества воздуха при концентрациях, не превышающих санитарные нормы;
- содержание озона часто превышает допустимые нормы даже при строгом выполнении рекомендаций инструкций производителей воздухоочистителей.

В 1995 г. Федеральная Торговая Комиссия (ФТА) США запретила заявлять производителям ионизаторов воздуха /83/ о том, что они: могут удалять химические ВВ из воздуха; более эффективны, чем другие очистители воздуха; не производят вредных побочных продуктов; предотвращают или облегчают астматические приступы и аллергические реакции. В 1997г. ФТА возбудила судебные иски против ряда компаний, нарушивших этот запрет /83/.

Салонные воздухоочистители-ионизаторы в РФ массово используются владельцами автомобилей (например, автомобильные ионизаторы воздуха моделей XJ-801, 802, «Fresh Air To Go» и др.), применение которых запрещено в США. Содержание озона в атмосфере городов, как правило, находится на уровне или превышает гигиенические нормативы /68-70,79,84,85/. По этой причине дополнительное выделение его ионизаторами в воздух салонов без применения средств диагностики содержания его в воздухе (газоанализаторов) исключительно опасно и в соответствии с действующими в РФ санитарными нормами не допустимо. Вместе с тем воздухоочистители-ионизаторы успешно проходят процедуру

сертификации, что свидетельствует о недостатках нормативной базы по «экологической безопасности» автомобилей.

Изложенные методологические недостатки экологических нормативов (правил ЕЭК ООН, национальных стандартов и др.) в части нормирования уровня загрязнения воздуха в салонах, принятия номенклатуры нормируемых ВВ, отсутствия гармонизации нормативов для автомобильного транспорта с нормативами по предельному содержанию ВВ в атмосфере населенных мест, и отсутствие требований к чистоте воздуха в салонах автомобилей в условиях эксплуатации является причиной широкого использования в РФ озонаторов и воздухоочистителей-ионизаторов, приводящей к увеличению вредного воздействия вредных веществ в воздухе салонов на жизнь и здоровье водителей и пассажиров.

Фотокаталитические очистители (п.5 таблицы 1) обеспечивают в среднем 70% очистку воздуха от СО, менее эффективны по отношению к отдельным углеводородам, формальдегиду и не очищают воздух от NO₂, пыли, имеют большие вес и габариты. По этим причинам и ввиду отсутствия нормативов по предельному содержанию ВВ в воздухе салонов, массового применения в салонах фотокаталитические очистители воздуха не нашли.

Установки импульсного коронного разряда (п.6 таблицы 1) /78/ наряду с малой изученностью, сложностью конструкции, большими габаритами, весом и чрезмерно большим расходом электроэнергии, ограниченным количеством очищаемых ВВ, генерируют и поставляют в воздух салонов озон. Ввиду выше изложенного применение данных установок в ТС не перспективно.

Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что ни одно из представленных в п.1- п.6 таблицы 1 средств не обеспечивает эффективной очистки воздуха по всем приоритетным ВВ и не защищает пассажиров и водителей от вредного воздействия ВВ на их жизнь и здоровье. Причем о возможности гибели и тяжелых последствиях население не информировано и по этой причине не может предпринимать правильных защитных действий в опасных для жизни и здоровья ситуациях. Основная причина такого положения дел заключается в отсутствии экологических требований к системам вентиляции, отопления, кондиционирования, режимам их работы, салонным фильтрам, средствам очистки воздуха, а также требований к степени герметичности корпусов салонов.

В отношении салонных фильтров требуется доработка их конструкции для увеличения тонкости очистки ТЧ размером до 0,1- 0,01 мм и увеличения ресурса очистки воздуха от формальдегида и др. индивидуальных СН до 15000 - 20000 км пробега. Салонные системы очистки воздуха должны обеспечивать очистку воздуха от оксидов азота, озона и оксида углерода. Важнейшим требованием к системам очистки воздуха должно быть отсутствие выделения ими побочных ВВ.

Таким образом, эффективные средства очистки воздуха в салонах (салонные фильтры, воздухоочистители) отсутствуют, регламенты на них также отсутствуют. Это является одной из основных причин загрязнения воздуха в салонах современных автомобилей, которое, как правило, значительно выше гигиенических нормативов и оно является опасным для жизни и здоровья населения.

В таблицах 2-4 представлены обобщенные данные по анализу результатов исследований, проведенных в разных странах по изучению содержания вредных веществ в воздухе салонов автомобилей в условиях эксплуатации.

В таблице 2 даны идентифицированные концентрации приоритетных ВВ в воздухе салонов автомобилей и международные гигиенические нормативы.

В таблице 3 даны идентифицированные концентрации углеводородов в воздухе салонов автомобилей и гигиенические нормативы.

В таблице 4 даны идентифицированные концентрации ненормируемых ВВ в воздухе салонов автомобилей.

Также приведен список нормируемых в ряде стран ВВ, но не исследованных в рамках работ 1-33.

Таблица 2. Идентифицированные концентрации приоритетных ВВ в воздухе салонов автомобилей и международные гигиенические нормативы

№	Вещество	Значение концентрации, мкг/м ³ (если не указаны другие единицы измерения в колонке с названием вещества)	Нормы								
			Япония (16,33)	Германия (17, TUV)	США		Европа (19)	Корея (21)	РФ (85, ПДК _{мр})	ВОЗ (24)	Китай (22, SAC)
					(18, OENHA)	(20, EPA)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	NO ₂	7,8-21,6(12); 55-117(23); <40(23); 33-56(23); 170-250(25); 35(A ¹²)(32)				189/100,7 ²	200/40 ²	200	200/40 ²		
2	O ₃	28-45(23); 32-60(23); 4-172(27)				150 ⁹	120 ⁴	160	100 ⁶		
3	ТЧ ₁₀	10,2-41,1(9); 21-31(10); 48,6(13); 90-140(23); 40-90(23); 40-60(23)				150 ¹⁰	50/40 ⁵	300	50/20 ⁵		
4	ТЧ _{2,5}	91(6); 110(7); 9(10); 26,9(13)				15/35 ⁵	25/20 ³	160	25/10 ⁵		
5	CH ₂ O	20(26); 24,3-92,4(30); 16(A)(31)	100	60	16,5			210	50	100	
6	CO, мг/м ³	25,52(6); 3-9(11); 2,4-4,4(23); 2-2,4(23); 9,37-21,26(25); 0,8-97,1(27); 1,25(A)(32)				40,5/10,4 ¹	10 ⁴	5	30/10 ⁸		
7	NO, мг/м ³	0,91-6,54(25); 0,02(A)(32)						0,4			
8	SO ₂	104-350(25); 6(A)(32)				198 ¹¹	350/125 ¹	500	500/20 ⁷		

Примечания: ¹ - час/день; ² - час/год; ³ - год; ⁴ - тах ср. за 8 часов; ⁵ - день/год; ⁶ - тах за 8 часов; ⁷ - 10 мин/день; ⁸ - 1ч/8ч; ⁹ - 8ч; ¹⁰ - 24ч; ¹¹ - 1ч; ¹² - концентрации в воздухе атмосферы; цветом выделены ВВ, для которых измеренные концентрации превосходят максимально разовую предельно допустимую концентрацию ПДК_{мр} - концентрация ВВ в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Таблица 3. Идентифицированные концентрации углеводородов в воздухе салонов автомобилей и гигиенические стандарты

№	Вещество	Значение концентрации, мкг/м ³ (если не указаны другие единицы измерения в колонке с названием вещества)	Нормы								
			Япония (16,33)	Германия (17, TÜV)	США		Европа (19)	Корея (21)	РФ (85, ПДК _{ср})	ВОЗ (24)	Китай (22, SAC)
					(18, ОЕНН А)	(20, ЕРА)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Фенол	3,5-10,0(2)			100				10		
2	Бензол	12,3-31,5(1); 8-11,9(2); 11,8(3); 86(4); 2,7(28)		5	30		5 ¹	30	300		110
3	Толуол	20,8-240,9(1); 35,4-74,8(2); 82,7(3); 900(4); 5,4(28); 10-56(29); 47,1/84,3(30)	260		150			100 0	600		1100
4	Ксилол (Диметилбензол; смесь о-, м-, п- изомеров)	400(4); 8-123(29)	870		350			150 0	200		870
5	О-ксилол, (1,2-Диметилбензол)	8,9-81,2(1); 8,8-23,9(2); 21,2(3); 0,7(28); 24,4/879,8(30)							300		
6	П-ксилол	15,1-114,5(1); 5-14,8(2)							300		
7	М-ксилол, (1,3-Диметилбензол)	10,3-91,7(1); 14,7-31,6(2)							250		
8	Стирол	3,7-5,2(2); 0,3(28); 24,9/83,4(30)	220					220	40		260
9	Этилбензол	42,1-519,7(1); 4,3-11,1(2); 0,7(28); 9-23(29); 11,7/306,4(30)	3800		1000			100 0	20		1500
10	Нафталин	2,5-6,5(2); 0,2(28)			4,5				7		
11	Черный углерод (Углерод)	5,6-12(5)							150		
12	Циклогексан	5,1-13,1(2); 0,3(28)							1400		
13	Тетрадекан	2,0-4,2(2); 15,6/143,2(30)	220						-		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	Гексан	6,6-918,1(1); 2,8-9,9(2)							60000		
15	1,2,4-Триметилбензол	8,5-43,1(1); 7,7-18,8(2); 1,2(28)							40		
16	Бензапирен, нг/ м ³	1,7(A)(32)					1 ¹		-		
17	Изопропилбензол (1-Метилэтил)бензол	1,5-11,6(1); 2,1-4,4(2); 0(28)							14		
18	Циклогексанон	2,3-5,5(2)							40		
19	Ацетофенон (1-Фенилэтанон)	3-9,3(2)							10		
20	Этилацетат	1,2-2,0(2); 1,5(28)							100		
21	Бутилацетат	2,3-17,1(2)							100		
22	Ацетальдегид	73,8/86,8(30)	48		70				10		50
23	Спирты	101-144(29)		50					-		
24	Хлорбензол	0(28)			500				100		
25	Алкилбензол	693,5/1041,1; 35,1/210,3(30)							600		
26	Хлороформ	0,2(28)			150				100		
27	1,2-Дихлорэтан	0,1(28)							3000		
28	Тетрахлорэтилен	0(28)			17,5				500		
29	Бензальдегид	1,4(28)							40		
30	Гексаналь	2(28); 17,6/29,8(30)							20		
31	Метилбензоат	0,1(28)							2		
32	Тетрахлорметан (Углерод тетрахлорид)	0,4(28)							4000		
33	Этанол	299,6(30)							5000		
34	Ацетон (Пропан-2-он)	250/238,6(30)							350		
35	Пентан	48(30)							100000		
36	Метилизобутилкетон (4-Метилпентан-2-он)	44,7/37,8(30)							100		
37	Бензальдегид	4/23,8(30)							40		
38	Бутиральдегид (Бутаналь)	6,2/12(30)							15		
39	Гептаналь	7,2(30)							10		
40	Октаналь	15(30)							20		
41	Диэтиловый эфир (Этоксигетан)	17,1(30)							1000		

Примечания: ¹ - ср. год; цветом выделены ВВ, для которых измеренные концентрации превосходят максимально разовую предельно допустимую концентрацию ПДК_{мр} - концентрация ВВ в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Таблица 4. Идентифицированные концентрации ненормируемых ВВ в воздухе салонов автомобилей

№	Вещество	Концентрация, мкг/м ³	№	Вещество	Концентрация, мкг/м ³
1	Смесь ксилолов (п-,м-)	89,5(3); 1,9(28); 46,3/1570,7(30)	28	2-метилгептан	1,5-31,4(2)
2	ТЧ ₁	6(10); 22,6(13)	29	2,5-диметилгептан	1,1-5,5(2)
3	ТЧ (нано)	290 000(6); 100 000(7); 58 700(14); 33 520(15)	30	Нонан	0,5(28)
4	Метилциклогексан	13,6-129,3(2); 91,7/125,8(30)	31	2-метилнонан	4,4-12,1(2)
5	Гептан	43,2-164,6(2); 0,3(28); 12,3/74,6(30)	32	Декан	32,3-108,5(1) 61,2-31,8(2); 0,2(28); 168,4(30)
6	3-метилгексан	39,5-146,3(2)	33	1,2,3-триметилбензол	7,2-14,1(1); 8,2- 14,0(2)
7	3-этилпентан	4,1-13,2(2)	34	н-Пропилбензол	7,7-18,5(1); 4,8- 5,8(2); 0,2(28)
8	1-бутанол	1,2-11,4(2)	35	1-этил-2-метилбензол	24,1-20,6(1); 2,1- 6,9(2)
9	2-Этил-1-гексанол	16,7-69,2(2); 0,3(28)	36	1-этил-3-метилбензол	12,9-37,2(1); 5,6- 11,6(2)
10	2-метилгексан	20,1-89,6(2)	37	1-этил-4-метилбензол	7,4-25,6(2)
11	Ундекан	17,0-274,7(1); 64,6- 189,2(2); 0,1(28); 15,3/352,3(30)	38	1-метил-2- изопропилбензол	6,0-13,2(2)
12	Додекан	13,8-16,8(1); 22,4- 57,7(2); 0,1(28); 33,6/982,9(30)	39	1,3,5-триметилбензол	2,3-11,3(1); 2,4- 4,8(2); 0(28)
13	Тридекан	2,4-7,3(2); 18,5/687,1(30)	40	1,3,5- триметилциклогексан	1,3-4,3(2)
14	Пентадекан	1,5-4,0(2)	41	1,2,4- триметилциклогексан	1,1-7,8(2)
15	Этилциклопентан	5,6-23,4(2)	42	Пропилциклогексан	2,9-9,5(2)
16	2,3-диметилгексан	2,9-40,2(2)	43	1-метил-3- пропилциклогексан	3,5-70,9(2)
17	2,4-диметилгексан	1,8-10,3(2)	44	1-метил-2- пропилциклогексан	2,3-8,5(2)
18	Октан	3,6-58,0(1); 1,9-39,2(2); 0,3(28)	45	трет-1-бутил-2- метилбензол	12,6-28,5(2)
19	3-метилоктан	2,2-4,2(2)	46	трет-1-бутил-4- этилбензол	3,6-7,6(2)
20	2,6-диметилоктан	1,6-1,8(2)	47	2-Бутанон	1,4-5,3(2); 0,5(28); 5/80,9(30)
21	2,3-диметилпентан	9,4-32,8(2)	48	СО ₂ , мг/м ³	1024-1157(25)
22	3,3-диметилпентан	3,1-6,7(2)	49	Лимонен	16,9-54,2(2); 0,3(28)

23	1,2-диметилциклопентан	3,7-6,8(2)	50	Линалоол	0,1(28)
24	1,3-диметилциклопентан	3,7-11,6(2)	51	α -Пинен	1,3-6,6(2); 0,2(28)
25	1,4-диметилциклогексан	1,3-15,6(2)	52	β -Пинен	0(28)
26	Транс-1,3-диметилциклопентан	3,2-9,6(2)	53	Альдегиды и кетоны	40,4-108,8(29)
27	Метилциклопентан	2-10,5(2); 0,3(28)	54	П-изопропилтолуол	0,1(28)
№	Вещество	Концентрация, мкг/м ³	№	Вещество	Концентрация, мкг/м ³
55	Бензойная кислота	33-45(29)	65	Метилгексанон	100,7(30)
56	Алканы	252-352(29)	66	Силоксан	59,2(30)
57	Алкены	50,5-128(29)	67	Пропиональдегид (Пропаналь)	40,8/50,5(30)
58	Циклоалканы	192-288(29); 254,6(30)	68	Кротоноальдегид	5,7/29,4(30)
59	Ароматические углеводороды	180-256(29)	69	3-/4-Метилбензальдегид	4,4/15,6
60	Терпены	10,1-24(29)	70	Валеральдегид	3,7/7,2(30)
61	Метилпирролидон	93/425,1(30)	71	Этилгексанол	56,2(30)
62	Изоалканы	398,4; 218,3; 12,5/130,9; 53,7; 24,6; 45,9(30)	72	Кариофиллен	18,4(30)
63	Изоалкены	29,9(30)	73	Нонанал	32(30)
64	Сесквитерпены	103,5(30)			

Перечень нормируемых в гигиенических стандартах ВВ, по которым в рассмотренных публикациях (1-33) нет данных о концентрации в воздухе салонов автомобилей.

Свинец (нг/м³): 150(А)¹, 500(Е)², 500(ВОЗ)²; Мышьяк (нг/м³): 6(Е)²; Кадмий (нг/м³): 5(Е)², 5(ВОЗ)²; Никель (нг/м³): 20(Е)³; Парадихлорбензол (мкг/м³): 240(Я); Хлорпирифос (мкг/м³): 1/(0,1дети)(Я), 20(РФ); Ди-н-бутил фталат (мкг/м³): 220(Я); Ди-2-этилгексил фталат (мкг/м³): 330(Я); Диазинос (мкг/м³): 0,29(Я); Галогенированные углеводороды (мкг/м³): 10(Г); Сложные эфиры и кетоны (мкг/м³): 200(Г); Альдегиды (кроме формальдегида) (мкг/м³): 50(Г); Гликоль-эфиры сложные эфиры (мкг/м³): 100(Г); Нитрозамины (мкг/м³): 1(Г); Амины (мкг/м³): 50(Г); Фенолы (мкг/м³): 20(Г); Фталаты (мкг/м³): 30(Г); Сероуглерод (мкг/м³): 400(А), 30(РФ); Четыреххлористый углерод (мкг/м³): 20(А), 4000(РФ); Дихлорбензол (1,4) (мкг/м³): 400(А); Дихлорэтан (1,1) (мкг/м³): 35(А); Диметилформамид (N, N-) (мкг/м³): 40(А), 30(РФ); Диоксан (1,4) (мкг/м³): 1500(А); Эпихлоргидрин (мкг/м³): 1,5(А), 40(РФ); Этиленгликоль (мкг/м³): 200(А); Моноэтиловый эфир (мкг/м³): 35(А); Ацетат этиленгликоля, моноэтиловый эфир (мкг/м³): 150(А); Мономети-

ловый эфир этиленгликоля (мкг/м³): 30(А); Этиленгликоль ацетат монометилового простого эфира (мкг/м³): 45(А); Гексан (п) (мкг/м³): 3500(А); Изофорон (мкг/м³): 1000(А); Изопропанол (мкг/м³): 3500(А); Метилхлороформ (мкг/м³): 500(А), 2000(РФ); Метиленхлорид (мкг/м³): 200(А), 8800(РФ); Метил-трет-бутиловый эфир (мкг/м³): 4000(А), 500(РФ); Пропиленгликоль монометиловый эфир (мкг/м³): 3500(А); Трихлорэтилен (мкг/м³): 300(А), 4000(РФ); Винацетат (мкг/м³): 100(А), 150(РФ); Акролеин (мкг/м³): 5(Ко), 30(РФ); 50(Ки).

Примечание: Я-Япония, Г-Германия, А-США, Е-Европа, Ко-Корея, Ки-Китай, ¹ – среднее за 3 месяца; ² – среднее за год

Обобщенный анализ данных таблиц 1-4, материалов публикаций /1-85/, позволяет сделать следующие выводы:

Загрязнение воздуха над проезжей частью дорог и, тем более, в салонах современных автомобилей высокое, во много раз больше фонового загрязнения воздушной среды, и может значительно превышать гигиенические нормативы, действующие во всех развитых странах для воздуха населенных мест. Загрязнение воздуха в салонах является причиной опасного воздействия на жизнь и здоровье водителей и пассажиров автомобилей.

Основными приоритетными загрязнителями воздушной среды, поступающими в салоны автомобилей, по данным Всемирной организации здравоохранения, Евросоюза, систем мониторинга больших городов во всем мире, в том числе в Российской Федерации, являются NO₂, O₃, ТЧ, CH₂O, CO, бенз(а)пирен.

По опубликованным данным /1-85/ эти же ВВ являются основными приоритетными загрязнителями воздуха в салонах автомобилей.

Содержание органических соединений (в том числе нитрозаминов, алканов, эфиров, канцерогенных соединений, ЛОС и др.) в воздушной среде городов и в воздухе салонов автомобилей также высокое, но они не являются приоритетными в воздухе салонов.

В настоящее время национальные стандарты по номенклатуре приоритетных ВВ и их предельному содержанию в воздухе салонов отсутствуют, обобщенные данные по уровню загрязнения воздуха приоритетными ВВ в салонах автомобилей также отсутствуют. По этой причине исследования по обсуждаемой тематике в разных странах носят инициативный и разрозненный характер, в проводимых исследованиях отсутствует системный подход. Такое положение не способствует эффективному решению проблемы в целом и автомобили, включая электромобили, продолжают оставаться для водителей и пассажиров «экологически опасными».

Современные салонные фильтры систем по очистке воздуха в салонах не эффективны, они лишь создают иллюзию благополучия. Нормирование салонных фильтров, автономный систем очистки воздуха в салонах отсутствует, по этой причине нет критериев оценки их эффективности.

Большое количество летучих органических соединений содержится в воздухе салонов автомобилей. Однако по своей значимости по опасности воздействия на здоровье водите-

лей и пассажиров (кроме CH_2O) они являются менее опасными, чем NO_2 , O_3 , ТЧ, СО, бенз(а)пирен.

Основными источниками поступления ЛОС в воздух салонов автомобилей, является поступление их из наружного воздуха и из материалов, применяемых в салонах автомобилей.

Предложения по организации комплексных исследований по ограничению сверхнормативного содержания ВВ в воздухе салонов автомобилей.

Заключение

Представляется необходимым организовать работу по снижению сверхнормативного содержания ВВ в воздухе салонов от общего к частному, комплексно по следующим направлениям:

- продолжение проведения анализа результатов опубликованных исследований и проведение дополнительных исследований уровня загрязнения воздуха вредными веществами в салонах автомобилей в различных странах в условиях эксплуатации, обобщение результатов исследований, на основании которых провести:

- обоснование номенклатуры приоритетных ВВ в воздухе салонов автомобилей,
- разработку нормативов по предельному содержанию приоритетных ВВ в воздухе салонов автомобилей, методам испытаний,

- разработку технических требований к салонным фильтрам и автономным системам очистки воздуха (воздухоочистителям), к эффективности очистки воздуха салонными фильтрами и воздухоочистителями, методам их испытаний,

- анализ основных источников и причин загрязнения воздуха в салонах автомобилей, на основании которого разработать технические требования к системам и устройствам, являющимся основными источниками загрязнения воздуха в салонах автомобилей (системы вентиляции, отопления, кондиционирования, климат-контроля, негерметичность кузовов салонов, системы диагностики воздуха в салонах, применяемые материалы в интерьере салонов и др.), а также к методам их испытаний.

Список необходимых нормативных стандартов:

1. Нормативы по применяемым в интерьерах салонов материалам и соответствующим методам испытаний;

2. Нормативы предельного содержания приоритетных ВВ в воздухе салонов автомобилей, методам испытаний;

3. Технические требования к салонным фильтрам и автономным системам очистки воздуха (воздухоочистителям), к эффективности очистки воздуха салонными фильтрами и воздухоочистителями, методам испытаний;

4. Технические требования к системам вентиляции, отопления, кондиционирования, не герметичность кузовов салонов, системы диагностики воздуха в салонах, применяемые материалы в интерьере салонов и др.), а также к методам их испытаний;

5. Технические требования к системам кондиционирования, климат-контроля, методам испытаний;
6. Технические требования к не герметичности кузовов салонов автомобилей, методам испытаний;
7. Технические требования к системам диагностики содержания ВВ в воздухе салонов, методам испытаний.

Список литературы

- [1]. Faber J. et al. Air pollution in new vehicles as a result of VOC emissions from interior materials //Polish Journal of Environmental Studies. – 2013. – Т. 22. – №. 6. – p. 1701-1709.
- [2]. Faber J. et al. Comparison of air pollution by VOCs inside the cabins of new vehicles //Environment and Natural Resources Research. – 2014. – Т. 4. – №. 3. – p. 155.
- [3]. Faber J. et al. Benzene, toluene and xylenes levels in new and used vehicles of the same model //Journal of Environmental Sciences. – 2013. – Т. 25. – №. 11. – p. 2324-2330.
- [4]. Tong J. et al. Benzene Series Compounds Pollution inside Passenger Cars in Tangshan //Journal of Environment and Health. – 2010. – Т. 3. – p. 30.
- [5]. Dons E. et al. Street characteristics and traffic factors determining road users' exposure to black carbon //Science of the Total Environment. – 2013. – Т. 447. – p. 72-79.
- [6]. Both A. F. et al. Exposure to carbon monoxide, fine particle mass, and ultrafine particle number in Jakarta, Indonesia: Effect of commute mode //Science of the Total Environment. – 2013. – Т. 443. – p. 965-972.
- [7]. Apte J. S. et al. Concentrations of fine, ultrafine, and black carbon particles in auto-rickshaws in New Delhi, India //Atmospheric Environment. – 2011. – Т. 45. – №. 26. –p. 4470-4480.
- [8]. Tartakovsky L. et al. In-vehicle particle air pollution and its mitigation //Atmospheric Environment. – 2013. – Т. 64. – p. 320-328.
- [9]. Uibel S. et al. Mobile air quality studies (MAQS) in inner cities: particulate matter PM10 levels related to different vehicle driving modes and integration of data into a geographical information program //J Occup Med Toxicol. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – p. 20.
- [10]. Müller D. et al. Car indoor air pollution-analysis of potential sources //J Occup Med Toxicol. – 2011. – Vol. 6. – №. 1. – p. 33.
- [11]. Kingham S. et al. Determination of personal exposure to traffic pollution while travelling by different modes November 2011. – 2011.
- [12]. Kornartit C. et al. Activity pattern and personal exposure to nitrogen dioxide in indoor and outdoor microenvironments //Environment international. – 2010. – Vol. 36. – №. 1. – p. 36-45.
- [13]. Geiss O. et al. Exposure to particulate matter in vehicle cabins of private cars //Aerosol and Air Quality Resarch. – 2010. – Т. 10. – №. 6. – p. 581-588.

- [14]. Joodatnia P., Kumar P., Robins A. The behaviour of traffic produced nanoparticles in a car cabin and resulting exposure rates //Atmospheric Environment. – 2013. – T. 65. – p. 40-51.
- [15]. Cattani G., di Bucchianico A. D. M., Inglessis M. Car commuters'personal exposure to ultrafine particles Extended abstract //Environmental Engineering and Management Journal. – 2013. – T. 12. – №. S11. – p. 217-220.
- [16]. Yu C. W. F., Kim J. T. Building pathology, investigation of sick buildings—VOC emissions //Indoor and Built Environment. – 2010. – T. 19. – №. 1. – p. 30-39.
- [17]. Hughes P. Innovations to improve repeatability and reduce costs when testing (s)VOC emissions / content from car trim materials and In Vehicle Air Quality; https://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/research/pard/pardprojects/viaq/automotive_presentation_part_1.ppt.
- [18]. Charles K. et al. Indoor air quality guidelines and standards//National research council Canada. – 2005. - http://www.ccpengineering.com/uploads/2/3/9/5/23951004/indorair_quality_standards_guide.pdf
- [19]. Air quality in Europe — 2014 report - <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>.
- [20]. EPA, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) - <http://www3.epa.gov/ttn/naaqs/criteria.html>
- [21]. Automobile Management Act Article 33-3, 18 Dec. 2012 (Newly Manufactured Vehicle Indoor Air Quality Management) <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/wp29/WP.29-160-38e.pdf>
- [22]. GB/T 27630-2011: Guideline for Air Quality Assessment of Passenger Car; Standardization Administration of China (SAC), General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China: Beijing, 2011.
- [23]. Сайкин А.М. Новая концепция экологически чистого транспорта // LAP LAMBERT Academic Publishing. –М., 2013. – p. 103.- ISBN 978-3-659-39217-7
- [24]. Krzyzanowski M., Cohen A. Update of WHO air quality guidelines //Air Quality, Atmosphere & Health. – 2008. – T. 1. – №. 1.
- [25]. Kadiyala A., Kumar A., Vijayan A. Study of occupant exposure of drivers and commuters with temporal variation of in-vehicle pollutant concentrations in public transport buses operating on alternative diesel fuels //Open Environmental Engineering Journal. – 2010. – T. 3. – p. 55-70.
- [26]. Hanoune B. Assessment of the exposure to formaldehyde while driving: a feasibility study //Ghardaïa, Algeria 16-18 February 2009. – 2008. – p. 9.
- [27]. Lamorena R. B., Lee W. Influence of ozone concentration and temperature on ultra-fine particle and gaseous volatile organic compound formations generated during the ozone-initiated reactions with emitted terpenes from a car air freshener //Journal of hazardous materials. – 2008. – T. 158. – №. 2. – p. 471-477.

- [28]. Do D. H. et al. Exposure to volatile organic compounds: Comparison among different transportation modes //Atmospheric Environment. – 2014. – Т. 94. – p. 53-62.
- [29]. Golda-Kopek A. et al. Investigation of volatile organic compounds in the cabin air of new cars //Silniki Spalinowe. – 2012. – Т. 51. – p. 39-48.
- [30]. Buters J. T. M. et al. Toxicity of parked motor vehicle indoor air //Environmental science & technology. – 2007. – Т. 41. – №. 7. – p. 2622-2629.
- [31]. Черногаева Г. и др. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2014 год – 2015 – Росгидромет <http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2014.pdf>
- [32]. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году» <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/6c7/gosdokladeco.pdf>
- [33]. Sato S. Air quality in auto-cabin //R&D Review of Toyota CRDL. – 2004. – Т. 39. – №. 1. – p. 36-43.
- [34]. Sacks J. D. et al. Particulate matter-induced health effects: who is susceptible? //Environmental health perspectives. – 2010. – Т. 119. – №. 4. – p. 446-454.
- [35]. Донченко В.В., Кунин Ю.И., Казьмин Д.М. Комплексный подход к формированию транспортной политики мегаполисов в условиях перегруженности улично-дорожных сетей. Журнал ААИ. -№ 1 (60), 2010., с. 38-43.
- [36]. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2011 году. Правительство Москвы. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – 128 с.
- [37]. Доклад «Загрязнение атмосферного воздуха в Москве во втором квартале 2008 года». – ГПУ «Мосэкомониторинг», 2009 г. – 60 с.
- [38]. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2011 году. Правительство Москвы. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – 128 с.
- [39]. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». – Росгидромет, опубл. 08.02.2012 г.
- [40]. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году». – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. - М., ООО «РППР РусКонсалтинг Групп», 2009. -488с.
- [41]. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2013 году» - <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=138762>.
- [42]. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2014 году» - <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=142679>
- [43]. Рузаев И.Г. Исследование и разработка воздухоочистителей с фильтрующими элементами из картона с целью повышения эксплуатационной надежности автомобильных двигателей: Дис. канд. техн. наук. - М.: НАМИ, 1988. – 246 с.

- [44]. Xu B. et al. Effects of vehicle cabin filter efficiency on ultrafine particle concentration ratios measured in-cabin and on-roadway // *Aerosol Science and Technology*. – 2011. – Т. 45. – №. 2. – p. 234-243.
- [45]. Сайкин А.М. Обоснование и разработка комплексных методов снижения загрязнения воздуха в кабинах карьерных самосвалов отработавшими газами дизелей. – Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н., ФГУП «НАМИ», 2010 г. – 375с.
- [46]. Wang S., Hao J. Air quality management in China: Issues, challenges, and options // *Journal of Environmental Sciences*. – 2012. – Т. 24. – №. 1. – p. 2-13.
- [47]. Shiraiwa M., Selzle K., Pöschl U. Hazardous components and health effects of atmospheric aerosol particles: reactive oxygen species, soot, polycyclic aromatic compounds and allergenic proteins // *Free radical research*. – 2012. – Т. 46. – №. 8. – p. 927-939.
- [48]. Thain W. *Monitoring Toxic Gases in the Atmosphere for Hygiene and Pollution Control: Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies*. – Elsevier, 2013.
- [49]. De Nevers N. *Air pollution control engineering*. – Waveland Press, 2010.
- [50]. El-Shahawi M. S. et al. An overview on the accumulation, distribution, transformations, toxicity and analytical methods for the monitoring of persistent organic pollutants // *Talanta*. – 2010. – Т. 80. – №. 5. – p. 1587-1597.
- [51]. Zannetti P. (ed.). *Air Pollution Modeling: Theories, computational methods and available software*. – Springer Science & Business Media, 2013.
- [52]. Hoek G. et al. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review // *Environ Health*. – 2013. – Т. 12. – №. 1. – p. 43.
- [53]. Anderson J. O., Thundiyil J. G., Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health // *Journal of Medical Toxicology*. – 2012. – Т. 8. – №. 2. – p. 166-175.
- [54]. Pascal M. et al. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekom project // *Science of the Total Environment*. – 2013. – Т. 449. – p. 390-400.
- [55]. Estrellan C. R., Iino F. Toxic emissions from open burning // *Chemosphere*. – 2010. – Т. 80. – №. 3. – p. 193-207.
- [56]. Ondráček J. et al. Contribution of the road traffic to air pollution in the Prague city (busy speedway and suburban crossroads) // *Atmospheric Environment*. – 2011. – Т. 45. – №. 29. – p. 5090-5100.
- [57]. Вайсблюм М.Е. Новые тенденции в развитии требований ЕЭК ООН в отношении экологических показателей АТС и устанавливаемых на них двигателей. Журнал ААИ. – 2011. -№3 (68), с. 14-19
- [58]. Вайсблюм М.Е., Кисуленко Б.В., Гусаров А.П. Сравнительный анализ требований России, США, Японии в отношении выбросов вредных веществ легковыми автомобилями. Журнал ААИ. – 2010. -№ 2 (61), с. 42-45.

- [59]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6.695-98 / Гигиенические нормативы. - М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, Минздрав РФ, 1998. – 69 С.
- [60]. Li T. et al. Environmental emissions and energy consumptions assessment of a diesel engine from the life cycle perspective //Journal of Cleaner Production. – 2013. – Т. 53. – р. 7-12.
- [61]. Coronado C. R. et al. Determination of ecological efficiency in internal combustion engines: The use of biodiesel //Applied Thermal Engineering. – 2009. – Т. 29. – №. 10. – р. 1887-1892.
- [62]. Кутенев В.Ф., Корнилов Г.С., Киреев А.Л., Шютте Ю.В. Что скрывается за фасадом международных нормативных требований по экологии автомобильного транспорта? //Журнал ААИ.- 2003.- №1.-С.14-16; №2.-С.15-18
- [63]. Специальный технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ». Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2005 г. №609.
- [64]. Миндель М. Брод через реку Стикс. Часть вторая. –Drive. – 2005. -№7., с. 72-77.
- [65]. Ляховенко Д. Брод через реку Стикс. Часть третья. –Drive. – 2006. -№ 9-10., с.58-69.
- [66]. Ляховенко Д. Брод через реку Яхрома. –Drive. -2007. - № 4., с. 56-63.
- [67]. Sager U. Automotive air quality: Adsorption performance of a cabin air filter during a life cycle //Filtration+ Separation. – 2012. – Т. 49. – №. 4. – С. 38-41.
- [68]. Stern A. C. (ed.). Fundamentals of air pollution. – Elsevier, 2014.
- [69]. Laumbach R. J. Outdoor air pollutants and patient health //American family physician. – 2010. – Т. 81. – №. 2. – р. 175.
- [70]. Григорьева Т.Ю. Повышение надежности транспортных человеко-машинных систем управления на примере городских автобусов: Дис.канд. техн. наук. - МАДИ, М.: - МАДИ - 2006. - 141 с.
- [71]. Achcar J. A. et al. Using counting processes to estimate the number of ozone exceedances: an application to the Mexico City measurements //Proceedings of the 58th ISI world statistics congress, Dublin. – 2011. – С. 21-16.
- [72]. Shrader-Frechette K. Science policy, ethics, and economic methodology: some problems of technology assessment and environmental-impact analysis. – Springer Science & Business Media, 2012.
- [73]. Dominici F. et al. Protecting human health from air pollution: shifting from a single-pollutant to a multi-pollutant approach //Epidemiology (Cambridge, Mass.). – 2010. – Т. 21. – №. 2. – С. 187.
- [74]. Сайкин А.М. Исследование систем защиты атмосферы в закрытом грунте от вредных выбросов тракторных дизелей: дис. канд. технич. наук. - М.: МИИСП им. В.П. Горячкина, 1980. – 222 с.

- [75]. Плиев И.А., Сайкин А.М., Евдокимов В.Д. и др. Острая проблема повышенного загрязнения воздуха в салонах автомобилей и пути ее решения. Автомобили / Сб. науч. тр. – 2004. –НАМИ. – Вып.232. –С.116-130.
- [76]. Tronville P. M., Rivers R. New method to measure the mechanical collection mechanisms of full-scale air filters. – 2013.
- [77]. Понизовский А.З., Понизовский Л.З., Крючков С.П. и др. Опытные-промышленные испытания установок для очистки отходящих газов от оксидов азота и органических соединений. – М.: Наука - производству., 2002. - №3. – С. 22-25.
- [78]. Кутенев В.Ф., Кисуленко Б.В., Шюте Ю.В. Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. «Экология. Машиностроение». –М., 2009 г. – 253с.
- [79]. Сайкин А.М., Рябиков О.Б., Юдаева О.С., Заиков Г.Е. К оценке экологичности и пожаробезопасности полимерсодержащих материалов интерьера АТС // Автомобили и агрегаты: сб. науч. ст. – М., 2012. –С. 78-91. – (труды НАМИ; вып №248.
- [80]. Dikshith T. S. S. Handbook of chemicals and safety. – CRC Press, 2010.
- [81]. Waring M. S., Siegel J. A. The effect of an ion generator on indoor air quality in a residential room //Indoor Air. – 2011. – Т. 21. – №. 4. – С. 267-276
- [82]. Fadeyi M. O. Ozone in indoor environments: Research progress in the past 15 years //Sustainable Cities and Society. – 2015. – Т. 18. – С. 78-94.
- [83]. Правила ЕЭК ООН № 49, № 83, № 96.
- [84]. Izrael Y. A. Ecology and control of the natural environment. – Springer Science & Business Media, 2012.
- [85]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 <http://docs.cntd.ru/document/901865554>