

УДК 621.43

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СОДЕРЖАНИЮ ВРЕДНЫХ
ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ КАБИНЫ ВОДИТЕЛЯ
И ПАССАЖИРСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

ANALYSIS OF REQUIREMENTS TO THE CONTENT
OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR OF THE DRIVER'S
CABIN AND PASSENGER COMPARTMENT OF VEHICLES

Сонич О. А., Курильчик Ю. В., Поберайло А. И.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

O. Sonich, Y. Kurilchik, A. Pabiaraila,
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Проведен анализ требований к содержанию вредных веществ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения транспортных средств, действующих в Евразийском экономическом союзе.

An analysis of the requirements for the content of harmful substances in the air of the driver's cabin and passenger compartment of vehicles operating in the Eurasian Economic Union was conducted.

Ключевые слова: вредные вещества, воздух, анализ требований.

Keywords: harmful substances, air, requirements analysis.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Беларусь для автотранспортных средств действуют требования, регламентирующие предельное содержание вредных (загрязняющих) веществ, в воздухе обитаемого помещения (кабина водителя, пассажирского салона). Так, на данный момент эти нормы установлены ТР ТС 018/2011 [1] и ГОСТ 33554-2015 [3]. В обоих документах предельно допустимые концентрации (ПДК) по различным газам, за исключением формальдегида, идентичны, и в зависимости от типа двигателя внутреннего сгорания (ДВС), установленного на автотранспортном средстве, имеют значения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Номенклатура вредных веществ и значения их ПДК

№ п. п.	Вредное (загрязняющее) вещество	ПДК вредного (загрязняющего) вещества в воздухе обитаемого помещения транспортного средства, мг/м ³	Типы ДВС для транспортных средств, в отношении которых осуществляется проверка*
1	СО оксид углерода	5,0	1, 2, 3, 4, 5
2	NO ₂ диоксид азота	0,2	1, 2, 3, 4, 5
3	NO оксид азота	0,4	1, 2, 3, 4, 5
4	СН ₄ метан	50	3, 5
5	С ₂ Н ₆ –С ₇ Н ₁₆ предельные углеводороды	50	1, 2, 3
6	СН ₂ О (Н ₂ СО) формальдегид	0,035 / 0,05**	3, 4, 5

* - типы двигателей:

1 – двигатели с принудительным зажиганием, работающие на бензине;

2 – двигатели с принудительным зажиганием, работающие на сжиженном нефтяном газе (СНГ);

3 - двигатели с принудительным зажиганием, работающие на компримированном природном газе (КПГ);

4 - двигатели с воспламенением от сжатия (дизели);

5 – двигатели с воспламенением от сжатия, работающие на смешанном топливе (дизельное топливо и КПГ);

** - значение 0,05 по ГОСТ 33554-2015.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СОДЕРЖАНИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Обратим внимание на первые три вредных (загрязняющих) вещества, указанных в табл. 1: оксид углерода СО, диоксид азота NO₂, оксид азота NO. Эти газы образуются в результате сгорания топливовоздушной смеси в процессе работы ДВС, на любых из применяемых топлив: бензине, СНГ, КПГ, дизельном топливе. Однако, при прочих равных условиях работы двигателей (отсутствие систем нейтрализации отработавших газов, одинаковой литровой мощности, одинаковой нагрузке), величины выбросов этих веществ работающим ДВС в зависимости от типа топлива могут отличаться в несколько раз. Так, например самым «чистым» считается двигатель, работающий на КПГ, а самым «грязным» дизельный и бензиновый двигатель.

Однако, устойчивое мнение, в том числе сложившееся под влиянием рекламной компании «Газпрома», о том, что природный газ

(КПГ) – это самое экологически чистое топливо несколько преуменьшено. Отсутствие черного (сизого, белого) дыма из выхлопной трубы автомобиля говорит о низком содержании сажи (твердых частиц), угарного газа CO, но никак не об отсутствии других вредных компонентов. В подтверждение приведем данные показателей токсичности отработавших газов дизеля 4Ч 11,0 / 12,5, работающего на природном газе (КПГ) и дизельном топливе, в соответствии с циклом ESC Правил ООН № 49, г/кВт·ч [8], табл. 2.

Таблица 2 – Показатели токсичности отработавших газов дизеля 4Ч 11,0 / 12,5.

Топливо	NO _x , g	CH _x , g	CO, g	Твердые частицы, g
Дизельное топливо	8,98	0,76	3,68	0,52
Природный газ (КПГ)	10,16	1,28	1,33	0,053
КПГ с системой рециркуляции отработавших газов 10 %	7,64	1,25	1,68	0,061
КПГ с системой рециркуляции отработавших газов 20 %	5,21	1,3	1,88	0,072

Помимо указанных в табл. 1 вредных выбросов, дизельный ДВС лидирует по выбросу сажи и ее производных в форме черного дыма. Результаты испытаний по содержанию твердых частиц так же приведены в табл. 2. Оговоримся, что какие-либо системы нейтрализации вредных веществ в выхлопных газах выходят за рамки данной статьи. В качестве исключения хотелось бы привести пример системы нейтрализации вредных веществ в выхлопных газах дизельных моторов с впрыском водного H₂O раствора мочевины CO(NH₂)₂ в выхлопной тракт. Пример интересен тем, что полностью нейтрализует в выхлопных газах диоксид азота NO₂ и оксид азота NO. Протекающая при этом реакция проходит в несколько этапов:

1) разложение мочевины CO(NH₂)₂ под действием температуры выхлопных газов на изоциановую кислоту HNCO и аммиак NH₃;

2) взаимодействие полученной кислоты HNCO с парами воды H₂O с образованием аммиака NH₃ и безвредного углекислого газа CO₂;

3) на заключительном этапе, полученный аммиак NH₃, в присутствии катализатора, взаимодействует с такими продуктами сгорания дизельного топлива как диоксид азота NO₂ и оксид азота NO, образуя безвредные азот N₂ и воду H₂O.

В итоге реакции получаются естественные компоненты атмосферного воздуха: азот N_2 , углекислый газ CO_2 , водяной пар H_2O .

Данный пример демонстрирует техническую возможность полной нейтрализации некоторых из токсичных компонентов выхлопных газов ДВС. Но следует иметь в виду, что установка данной системы, как и других систем снижения токсичности, приводит к необходимости их обслуживания, контроля исправности работы, и ведет в целом к удорожанию конструкции и эксплуатации транспортного средства.

Вернемся к табл. 1 и обратим внимание на четвертое, пятое, шестое вредное (загрязняющее) вещество: метан CH_4 , предельные углеводороды $C_2H_6 - C_7H_{16}$, формальдегид CH_2O (H_2CO). Эти вещества в той или иной концентрации содержатся в топливах приведенных в табл. 2 (бензине, СНГ, КПП, дизельном топливе), или являются продуктами их сгорания, в том числе неполного сгорания, и могут оказывать вредное воздействие в результате испарения, утечки, или попадать в атмосферу с выхлопными газами.

Следует отметить, что по ряду источников [4], [7] формальдегид образуется в ДВС как в результате сгорания дизельного топлива, так и в результате сгорания бензина. Однако в нормируемые ТР ТС 018/2011 и ГОСТ 33554-2015 значения для бензиновых двигателей формальдегид не входит.

Так же следует отметить, что нормы ТР ТС 018/2011 и ГОСТ 33554-2015 регламентируют предельное содержание вредных (загрязняющих) веществ в воздухе обитаемого помещения (кабина водителя, пассажирского салона) и не содержат конструктивных требований к системам снижения токсичности отработавших газов ДВС или системам адсорбции паров топлива, и другим системам снижения токсичности автомобилей. Следовательно нормы являются комплексным показателем, устанавливающим предельные значения вредных веществ в зоне пребывания водителя и пассажиров, что естественно предполагает исправное функционирование систем снижения токсичности.

По своим свойствам не все вредные вещества одинаково токсичны. В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [2] по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;

- 2-й – вещества высокоопасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей по ГОСТ 12.1.007-76 приведен в табл. 3.

Таблица 3 – Класс опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.007-76.

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50000

Рассмотрим вредное воздействия каждого вещества из табл. 1.

1. СО оксид углерода. Является токсичным малоопасным веществом, 4-го класса опасности. Это бесцветный газ без вкуса и запаха, легче воздуха, горюч, в смеси с воздухом взрывоопасен – пределы распространения пламени 12,5–74 % по объему. Образуется при неполном сгорании топлива. При вдыхании, в организме связывается с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин, что препятствует транспортировке кровью кислорода. Концентрация в воздухе более 0,1 % (1176 мг/м³) приводит к смерти в течении часа. Признаки отравления: головная боль, головокружение, сужение поля восприятия, одышка, учащенное сердцебиение, общая мышечная слабость, тошнота, рвота. На заключительных стадиях судороги, обморок, смерть.

2. NO₂ диоксид азота. Ядовитый газ красно-бурого цвета с резким неприятным запахом, особо токсичен. Соединения NO_x образуются при взаимодействии азота и кислорода воздуха в цилиндрах ДВС при высокой температуре, резкий рост соединений NO_x наблюдается выше 1370 °С. Диоксид азота (NO₂) относится ко 2-му классу опасности. При контакте с влагой в организме образуются азотистая и азотная кислоты, которые разъедают альвеолы легких. Концентрация свыше 200 ppm (386 мг/м³) считается летальной, при 116 мг/м³ может возникать жжение и отек легких. В небольших концентрациях раздражает дыхательные пути, может вызывать головную боль, проблемы с пищеварением, кашель, легочные заболевания.

3. NO оксид азота. Бесцветный газ. Нестабильное вещество. В атмосфере при нормальных условиях окисляется до диоксида азота NO_2 в течении 0,5–1 часа. В зависимости от концентрации время окисления может увеличиться до 100 часов [5]. При понижении температуры распадается на азот и кислород. Тяжелее воздуха. В природе образуется при грозовых разрядах. На долю оксида азота NO в отработавших газах дизелей из всего объема NO_x (NO, NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5) приходится 80–90 %, и 10–20 % на диоксид азота NO_2 [5]. У двигателей с принудительным зажиганием доля NO в объеме NO_x достигает 99 %. По данным испытаний, при работе дизелей на КПП содержание NO_x в ОГ выше, чем при работе на дизельном топливе [8]. Оксид азота NO считается ядовитым газом с удушающим действием, при вдыхании может связываться с гемоглобином крови, переводя его в форму, не способную переносить кислород.

Однако, ряд источников описывает NO как соединение, регулирующее активность и последовательность запуска всех остальных биологически активных веществ, продуцируемых эндотелием (слой клеток выстилающих внутреннюю поверхность кровеносных сосудов) в организме млекопитающих. Клетки эндотелия в том числе выполняют сужение и расширение сосудов, для контроля артериального давления. В октябре 1998г. открытие NO как сигнальной молекулы сердечно-сосудистой системы было удостоено Нобелевской премии, присужденной ученым R. Furchgott, L. Ignarro и F. Murad.

На сегодняшний день были получены положительные результаты ингаляционной терапии NO пациентов с тяжелым течением COVID-19 с обширным поражением легких. Так, в санатории «Загорские дали» Управления делами Президента Российской Федерации для реабилитации пациентов с проявлениями постковидного синдрома используют аппарат «Тианокс», синтезирующий NO из окружающего воздуха [6]. Указывают о поддержании аппаратом заданной концентрации NO. Отмечают следующие терапевтические эффекты: расширение сосудов легких и улучшение их вентиляции, усиление газообмена, содействие расширению бронхов, увеличение жизненной емкости легких, при этом дыхание пациентов становится более редким и глубоким. Отмечено противовоспалительное и иммуностимулирующее действие оксида азота. Выявлено, что NO регулирует рост клеток центральной нервной системы, стимулирует

мыслительную деятельность и улучшает память, препятствует тромбообразованию. Также отмечено губительное воздействие данной молекулы на бактерии и вирусы.

В ряде стран нормы ПДК NO значительно отличаются. Так, установленный Управлением по охране труда и технике безопасности США (OSHA) и Национальным институтом безопасности и гигиены труда США (NIOSH) предел концентрации NO составляет 25 ppm (30 мг/м³) в течении 8-часового рабочего дня, концентрация в 100 ppm (124 мг/м³) считается опасной для жизни. Данные значения соответственно в 75 и 310 раз превышают нормы TR TC 018/2011 и ГОСТ 33554-2015.

4. CH₄ метан. Бесцветный газ без вкуса и запаха. Газ нетоксичен. Относится к 4-му классу опасности. Почти в два раза легче воздуха. При высокой концентрации в воздухе обладает слабым наркотическим действием. При использовании в быту в метан (природный газ) обычно добавляют одоранты (метилмеркаптан) – летучие вещества со специфическим «запахом газа». При концентрации от 4,4 % до 17 % об. д. в смеси с воздухом взрывоопасен. Используется в качестве КППГ, где его содержится свыше 85–90 %.

5. C₂H₆–C₇H₁₆ предельные углеводороды. Сюда входят: C₂H₆ этан, C₃H₈ пропан, C₄H₁₀ бутан, C₅H₁₂ пентан, C₆H₁₄ гексан, C₇H₁₆ гептан. При нормальных условиях этан, пропан, бутан – представляют собой газы. Пентан, гексан, гептан – жидкости. Относятся к 4-му классу опасности. Пропан и бутан легко сжижаются и используются в качестве топлива – СНГ. Гексан входит в состав бензина, так же широко используется на производствах в качестве растворителя, в том числе в пищевой промышленности. Предельные углеводороды малотоксичны, легковоспламеняемы, при вдыхании могут вызывать одышку, головокружение, головные боли, угнетение центральной нервной системы, некоторые обладают слабым наркотическим действием.

6. CH₂O (H₂CO) формальдегид. Бесцветный газ с резким запахом. Токсичен, относится ко 2-му классу опасности. Содержится в выхлопных газах автомобилей, сигаретном дыму. Ядовит в больших концентрациях. При вдыхании отмечено жжение в области живота, тошнота, бледность, может наступить отек легких, головокружение, бессознательное состояние, судороги. Смертельная доза

60–90 мл внутрь. При постоянном воздействии не исключены канцерогенные проявления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа требований к содержанию вредных веществ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения транспортных средств предлагается следующее:

1) учитывая современный положительный опыт использования NO оксида азота в здравоохранении при лечении различных заболеваний, а также зарубежный опыт величин ПДК этого вещества в рабочей зоне, необходим пересмотр действующих в ТР ТС 018/2011 и ГОСТ 33554-2015 пределов NO оксида азота;

2) с учетом того, что оксид азота NO нестабилен и при нормальных условиях постепенно превращается в диоксид азота, встречаются сведения, что реакция в атмосфере проходит не менее получаса до наступления равновесного состояния и не является полной (коэффициент превращения до 0,8 [9]), более достоверно было бы измерять NO₂ после получаса установившейся работы двигателя (согласно ГОСТ 33554-2015 предел составляет 20±5 мин). Поскольку реакция имеет выраженную зависимость от температуры, испытания следовало бы проводить при температуре, близкой к среднегодовой в конкретном регионе (согласно ГОСТ 33554-2015 предел составляет –15...+30 °С);

3) согласно ряду источников [4], [7] альдегиды – класс органических соединений, содержащих альдегидную группу (–СНО), в том числе формальдегид, образуются в ДВС как в результате сгорания дизельного топлива, так и в результате сгорания бензина. Целесообразно провести дополнительные исследования и в дальнейшем рассмотреть возможность включения требований ПДК по формальдегиду в ТР ТС 018/2011 и ГОСТ 33554-2015 для двигателей с принудительным зажиганием, работающих на бензине.

ЛИТЕРАТУРА

1. О безопасности колесных транспортных средств: Технический регламент таможенного союза ТР ТС 018/2011 : принят 09.12.2011: вступ. в силу 01.01.2015 / Евраз. экон. комис. – Минск: БелГИСС, 2023. – 252 с.

2. ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 №579. – Минск : БелГИСС, 2023. – 8 с.

3. ГОСТ 33554-2015 «Автомобильные транспортные средства. Содержание загрязняющих веществ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения. Технические требования и методы испытаний»: принят Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол № 81-П от 27 октября 2015 г.). – Минск: БелГИСС, 2017. – 20 с.

4. Альферович, В. В. Состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Методическое пособие / В. В. Альферович. – Минск : БНТУ, 2011г. – 39 с.

5. Байбарин, В. А. Влияние отработавших газов двигателей МЭС на экологию и их состав / В. А. Байбарин, А. В. Божко // Вестник аграрной науки Дона, 2014. – № 4(28). – С. 81–86.

6. Ингаляции оксид азота [Электронный ресурс]: Санаторий «Загорские дали» Управления делами Президента Российской Федерации. – Режим доступа: <https://zagdali.ru/lechenie/procedure/ingalyacii-oksid-azota> (дата обращения: 22.05.2024).

7. Котов, М. М. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека / М. М. Котов, Н. И. Колбасина. – Барнаул : АТТ, 2018. – 8 с.

8. Лиханов, В. А. Оценка интегральной токсичности отработавших газов дизеля, работающего на природном газе и спиртовых эмульсиях / В. А. Лиханов, О. П. Лопатин // Экология и промышленность России, 2019. – Т. 23. – № 9. – С. 60–65.

9. Письмо НИИ Атмосфера «По вопросу правильности расчетов выбросов и учета трансформации оксидов азота в программах Фирмы «Интеграл» [Электронный ресурс]: База знаний Фирмы Интеграл. – Режим доступа: wiki.integral.ru/index.php (дата обращения: 22.05.2024).

Представлено 11.06.2024