

ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Д.А. Чернецов

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.П. Капустин

Ключевые слова и фразы: автотракторная техника; вредные вещества; двигатели внутреннего сгорания; канцероген; отработавшие газы дизелей; организм человека; предельно допустимые концентрации.

Аннотация: Представлен состав отработавших газов дизельных двигателей, а также токсичность составных компонентов отработавших газов, выраженная в удельных показателях, приведены предельно допустимые концентрации компонентов отработавших газов. Описано воздействие компонентов отработавших газов дизелей на человека.

Автотракторные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с отработавшими газами (ОГ) и топливными испарениями. При этом 95 % токсичных компонентов, выделяемых дизелями, приходится на ОГ, представляющие собой аэрозоли сложного состава и включающие в целом до 1000 компонентов.

Отработавшие газы дизелей – это сложная по составу многокомпонентная смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц.

В табл. 1 представлен состав ОГ карбюраторного и дизельного двигателей.

Ввиду присутствия в атмосфере множества различных газов, при сгорании топлива происходят побочные реакции, приводящие к образованию в ОГ продуктов неполного сгорания (оксида углерода (СО), углеводов (СН), альдегидов, твердых частиц, перекисных соединений), оксидов азота (NO_x), диоксида серы (SO₂), формальдегида, бензола, сульфида водорода [1].

Для оценки удельного выделения некоторых вредных веществ из ОГ различных типов ДВС при их работе на номинальном режиме рекомендуются данные табл. 2 [2].

Чернецов Дмитрий Александрович – аспирант кафедры «Автомобильная и аграрная техника», e-mail: Black777780@mail.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

Таблица 1

Состав отработавших газов ДВС, %

Компонент	Карбюраторный двигатель	Дизель
N ₂	74...77	76...78
O ₂	0,3...5	2...8
CO ₂	5...12	1...10
CO	1...10	0,01...0,50
Пары воды	3...5,5	0,5...4,0
NO _x	0...0,8	0,001...0,400
CH	0,2...3,0	0,01...0,10
Альдегиды	0...0,2	0...0,002

Таблица 2

Удельное выделение вредных веществ из ОГ ДВС, кг/(Вт·с)

Вредное вещество	Дизели				Карбюраторные ДВС
	$P^* < 5\text{кг/см}^2$	$P > 5\text{кг/см}^2$	С наддувом	Двухтактные	
CO ₂	$21,0 \cdot 10^{-8}$	$19,9 \cdot 10^{-8}$	$18,8 \cdot 10^{-8}$	$22,5 \cdot 10^{-8}$	$27,4 \cdot 10^{-8}$
SO ₂	$2,64 \cdot 10^{-10}$	$2,64 \cdot 10^{-10}$	$2,45 \cdot 10^{-10}$	$2,83 \cdot 10^{-10}$	$0,75 \cdot 10^{-10}$
CO	$10,0 \cdot 10^{-10}$	$10,0 \cdot 10^{-10}$	$10,0 \cdot 10^{-10}$	$30,0 \cdot 10^{-10}$	$180 \cdot 10^{-10}$... $480 \cdot 10^{-10}$
Альдегиды	$3,766 \cdot 10^{-11}$	$5,65 \cdot 10^{-11}$	$5,65 \cdot 10^{-11}$	$9,42 \cdot 10^{-11}$	$9,42 \cdot 10^{-10}$
NO _x	$30,0 \cdot 10^{-10}$	$50,0 \cdot 10^{-10}$	$40,0 \cdot 10^{-10}$	$50,0 \cdot 10^{-10}$	$70,0 \cdot 10^{-10}$
C _x H _y	$5,65 \cdot 10^{-10}$	$10,0 \cdot 10^{-10}$	$9,42 \cdot 10^{-10}$	$20,0 \cdot 10^{-10}$	$37,6 \cdot 10^{-10}$... $376 \cdot 10^{-10}$
Сажа	$3,766 \cdot 10^{-10}$	$5,65 \cdot 10^{-10}$	$3,766 \cdot 10^{-10}$	$3,39 \cdot 10^{-10}$	$1,13 \cdot 10^{-10}$
Бензапирен	$3,766 \cdot 10^{-13}$	$5,65 \cdot 10^{-13}$	$3,766 \cdot 10^{-13}$	$3,766 \cdot 10^{-13}$	$5,65 \cdot 10^{-13}$

* P – давление на вспорске.

Усредненный состав основных вредных компонентов в ОГ на режиме полной нагрузки приведен в табл. 3 [2].

Присутствующие в ОГ компоненты обладают различными химическими свойствами, по-разному воздействуют на организм человека. Наиболее опасны для человека, животного и растительного мира следующие компоненты ОГ: сажа, бензапирен, оксиды азота, альдегиды, оксиды углерода (II) и углеводороды. Степень их воздействия на организм человека зависит от концентрации вредных соединений в атмосфере, состояния человека и его индивидуальных особенностей.

Таблица 3

Количественный состав ОГ

Компонент ОГ	Концентрация, г/м ³	Удельное выделение, г/(кВт·ч)
CO	0,25...2,5	1,5...12,0
SO ₂	0,1...0,7	0,4...2,5
Акролеин	0,01...0,04	0,06...0,2
СН	0,25...2,0	1,5...8,0
Бенз(а)пирен	$0,2 \cdot 10^{-6} \dots 0,5 \cdot 10^{-6}$	$0,2 \cdot 10^{-6} \dots 0,5 \cdot 10^{-6}$
NO _x	2...8	10...30
В том числе:		
NO ₂	0,1...0,8	0,5...2,0
NO	1,2...4,5	6...18
Сажа	0,05...0,5	0,25...2,0

Национальный институт профессиональной безопасности и здоровья (NIOSH, США) признал выбросы дизеля канцерогеном (то есть веществом, вызывающим раковые заболевания) [1].

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1) чрезвычайно опасные;
- 2) высокоопасные;
- 3) умеренно опасные;
- 4) малоопасные.

Из веществ, содержащихся в ОГ, к первому классу опасности принадлежит только бензапирен; для других канцерогенных веществ класс опасности не установлен.

Для каждого компонента ОГ существуют предельно допустимые концентрации (ПДК), определяемые из принципа полного отсутствия их воздействия на человека. Предельно допустимые концентрации основных токсичных компонентов ОГ и их классы опасности представлены в табл. 4 [3].

Воздействие ОГ на человека приводит к респираторным заболеваниям, бронхиту и легочной недостаточности. Отработавшие газы дизеля содержат чрезвычайно токсичные вещества, разрушающие легкие и нарушающие координацию, среди которых наиболее токсичными компонентами следует считать оксид углерода (5...1500 частиц/млн), углеводороды (20...400 частиц/млн), оксиды азота (50...2500 частиц/млн), диоксид серы (10...150 частиц/млн) и дизельные частицы (0,25...0,1 г/м³).

Оксид углерода (CO), углеводороды и альдегиды образуются в ОГ в результате неполного сгорания топлива, а также выделений из моторного масла. Оксид углерода высоко токсичное вещество. Уже при концентрации CO в воздухе порядка 0,01...0,02 % при вдыхании в течение нескольких часов возможно отравление, а концентрация 2,4 мг/м³ через 30 мин приводит к обморочному состоянию. Оксид углерода вступает в реакцию с гемоглобином крови, наступает кислородное голодание, поражающее

Таблица 4

ПДК основных токсичных компонентов ОГ дизеля

Компонент	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		
		в воздухе рабочей зоны	среднесуточная в атмосфере населенных пунктов	максимальная разовая
Сажа	3	3,5	0,05	0,15
СО	4	20,0	3,0	5,0
NO _x	2	2,0	0,04	0,085
СН _x	2–4	–	1,5	5,0
Акролеин	2	0,7	0,03	0,03
Формальдегид	3	0,5	0,035	0,035
SO ₂	3	10,0	0,05	0,50
Бензапирен	1	1,5·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁶	–

кору головного мозга и вызывающее расстройство высшей нервной деятельности, ориентировочный экономический ущерб от загрязнения СО составляет 70–100 руб./т.

Углеводороды и альдегиды способны вызывать раздражения глаз, горла, носа; формируют особый запах дизельного двигателя. Большую опасность представляют ароматические углеводороды. В условиях острого воздействия на теплокровные существа ароматические углеводороды поражают центральную нервную систему, вызывая сонливость, вялость, судороги. В условиях хронической интоксикации оказывают политронное действие, поражая ряд органов и систем. Бензапирен оказывает сильное канцерогенное, мутационное, тератогенное действие, поэтому он наиболее опасен. Формальдегид оказывает общетоксичное (поражение центральной нервной системы, органов зрения, печени, почек) сильное раздражающее аллергенное, канцерогенное, мутагенное действие.

Более 90 % оксидов азота окисляются в атмосфере до NO₂ и N₂O₄.

Общий характер действия ОГ на человека и окружающую среду зависит от содержания в газовых смесях различных оксидов азота. При контакте с влажной поверхностью легких образуется азотная и азотистая кислоты, поражающие альвеолярную ткань, что приводит к отеку легких и сложным рефлекторным расстройствам. Действуя на кровеносную систему приводит к кислородной недостаточности, оказывает прямое действие на центральную нервную систему. Для поражения наиболее чувствительных растений достаточно концентрации 38 мг/м³. Даже при небольших концентрациях от 5 мг/м³ до ПДК, но при постоянном воздействии снижается иммунная устойчивость, нарушается система воспроизводства низших млекопитающих [2].

Сернистый ангидрид (диоксид серы) оказывает многостороннее общетоксичное действие на теплокровных, вызывает острое и хронические отравления. Вызывает расстройство сердечно-сосудистой системы, легоч-

но-сердечную недостаточность, нарушает деятельность почек. Общетоксическое действие SO_2 связано с нарушением иммунного статуса организма с понижением сопротивляемости инфекции; SO_2 оказывает выраженное токсичное действие на растения. В присутствии диоксида серы ускоряется коррозия металлов в воздухе. Сернистый газ разрушающе действует на строительные конструкции, так как, реагируя с карбонатами кальция, содержащимися в цементе, при наличии влаги переходит в нестойкие сульфаты, вымываемые водой. Воздействие SO_2 на почву снижает ее плодородность, так как при этом происходит закисление.

Дизельные частицы являются сложной совокупностью твердого и жидкого материалов, которые агломерируют канцерогенные вещества – полициклические ароматические углеводороды. Частицы имеют очень сложный состав и могут содержать до 43 % сажи, до 5 % нерастворимых фракций масла, до 10 % растворимых фракций топлива и до 13 % сульфатов и паров воды [4].

Наибольшую опасность представляют мельчайшие частицы диаметром менее 50 нм, известные также как наночастицы, способные проникать глубоко в легкие человека и способствовать возникновению раковых заболеваний в большей степени, чем более крупные образования. Причем новые дизели выделяют большее количество мелких частиц, чем дизели, изготовленные по старой технологии [5]. Выбросы этих частиц дизелем в 20–100 раз больше по объему, чем выброс их карбюраторным двигателем. Выделение частиц автотранспортом, выпущенным до 1993 года, составляет 70 г/ч, а с 1994 года – 36 г/ч.

Таким образом, ОГ дизелей в силу большого количества и высокой токсичности чрезвычайно опасно действуют на здоровье людей, а также на всю окружающую среду. Поэтому в настоящее время одной из важнейших проблем является разработка способов и средств снижения токсичности ОГ дизелей, обладающих высокими показателями по очистке и ресурсу работы.

Список литературы

1. Методы и системы снижения токсичности отработавших газов автотракторных двигателей : учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Механизация сел. хоз-ва» / В.И. Цыпцын [и др.] ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия РФ, Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – Саратов : Саратов. ГАУ, 1998. – 140 с.
2. Automobile and Engine Technology, Eurogress, FEV-VKA, Aachen. 2000. – 2 Vol.
3. Беспамятов, П.П. ПДК химических веществ в окружающей среде / П.П. Беспамятов, Н.А. Кротов. – Л. : Химия, 1985. – 528 с.
4. Истомина, С.В. Совершенствование очистки отработавших газов выпускной системе дизеля // Вестн. Саратов. госагроун-та им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 2. – С. 47–51.
5. Стрельников, В.А. Евро-4 – шаги навстречу / В.А. Стрельников // Грузовое и легковое автохозяйство. – 2001. – № 11. – С. 35–38.

Toxicity of the Fulfilled Gases of Diesel Engines and their Anthropogenous Effect

D.A. Chernetsov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: the automotive vehicles; carcinogen; fulfilled gases of diesel engines; harmful substances; human body; internal combustion engines; maximum permissible concentration.

Abstract: The paper presents the structure of the fulfilled gases of diesel engines, as well as the toxicity of compound components of the fulfilled gases, expressed in specific indicators; maximum permissible concentration of components of the fulfilled gases are resulted. The influence of the fulfilled gases components of diesel engines on the human being is described.

© Д.А. Чернецов, 2010