

УДК 629.113

МОЖЕТ ЛИ АВТОМОБИЛЬ БЫТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМ?

В. К. Азаров / В. Ф. Кутенёв, д. т. н.

Ухудшающееся экологическое состояние нашей планеты становится для населения проблемой номер 1. Загрязнение воздуха крупных городов, особенно в развитых странах, от промышленности и автомобильного транспорта (АТ) потребовало принятия определённых законодательных актов по ограничению выбросов вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) [1].

Работы по снижению загрязнения городского воздуха отработавшими газами (ОГ) автомобильного транспорта и законодательному нормированию предельно допустимых концентраций токсичных веществ в отработавших газах впервые проводились в США, в штате Калифорния, где в 1959 году были приняты стандарты на предельно допустимые концентрации окиси углерода (СО) и углеводородов (СН) [1].

В 1963 году в США был утверждён государственный стандарт, за основу которого был принят калифорнийский. В 1968 году был разработан проект стандарта Европейской экономической комиссии ООН, а в 1970 году он рекомендован к применению в странах Европы.

В этих стандартах в первую очередь нормировались предельно допустимые выбросы (ПДВ) оксида углерода и углеводородов в отработавших и картерных газах двигателей. Объяснялось это тем, что окись углерода составляла в этот период подавляющую часть токсичных веществ, содержащихся в ОГ, причём токсичные свойства её не изменяются в зависимости от климатических и метеорологических условий.

Следует отметить, что углеводороды по своим токсичным свойствам значительно уступают таким веществам, как окись углерода или окислы азота (NO_x). Ограничение выброса углеводородов путём нормирования ПДВ в отработавших газах и ликвидации их выброса с картерными газами было вызвано в Калифорнии прежде всего стремлением избежать фотохимического тумана

(смога), в образовании которого углеводороды наряду с окислами азота под воздействием солнечного излучения играли определяющее значение.

Постоянное увеличение массы выброса вредных веществ из-за роста автомобильного парка в мире стимулировало международное законодательство (Правила ООН) периодически ужесточать нормативные требования по выбросу вредных веществ автотранспортными средствами. Так, предельно допустимые выбросы вредных веществ — СО, СН, NO_x — в международных Правилах ООН ужесточались в несколько этапов: за период с 1972 по 1986 год они были ужесточены примерно в 2,5 раза, а с 1986 по 1992 год — для категорий наиболее массовых автомобилей — примерно в пять раз [1]. С 1992 года пошёл третий этап ужесточения нормативов Евро. Новые нормативы на выброс ВВ со сроками их введения приведены в табл. 1 и 2.

Следует отметить особо, что эти нормативные требования для автомобилей не могли быть выполнены без применения систем нейтрализации отработавших газов, так как каталитические нейтрализаторы не допускали использования этилированных бензинов из-за наличия соединений свинца, что приводило к отравлению катализаторов и прекращению их работы.

Переход с этилированных бензинов на неэтилированные обеспечил существенное снижение выброса ВВ. Прекращение выпуска этилированных бензинов в Российской Федерации с 1999–2000 годов практически ре-

Таблица 1. Нормы на выброс вредных веществ с ОГ легковыми автомобилями по Правилам № 83 ООН

Экологический класс автомобильной техники	Год введения		Выбросы вредных веществ, г/км			
	Европа	Россия	СО	СН	NO_x	PM
Евро-1	1992		2,72	0,97		
Евро-2	1996	2006	2,2	0,5		
Евро-3	2000	2008	2,3	0,2	0,15	
Евро-4	2005	2012	1,0	0,1	0,08	
Евро-5	2009	2014	1,0	0,1	0,06	0,005
Евро-6	2014	2018	0,50	0,1	0,06	0,005

Таблица 2. Нормы на выброс вредных веществ с ОГ автомобилями массой более 3,5 т по Правилам № 49 ООН

Нормы	Год введения		Допустимая норма, г/кВт·ч			
	Европа	Россия	CO	CH	NO _x	PM
Евро-1	1993		4,5	1,1	8	0,36
Евро-2	1996	2006	4,0	1,1	7	0,15
Евро-3	2000	2008	2,1	0,66	5	0,1
Евро-4	2005	2010	1,5	0,46	3,5	0,02
Евро-5	2008	2014	1,5	0,46	2,0	0,02
Евро-6	2013	2018	1,5	0,13	0,4	0,01

шило проблему выброса с ОГ двигателей в атмосферу чрезвычайно вредных соединений свинца (рис. 1) [2].

Для грузовых автомобилей и автобусов с 1993 года были введены Правила № 49 ООН, которые предусматривают испытания двигателя на стенде по 13-режимному циклу (как и стандарт США для дизелей) для оценки выброса оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и дополнительно твёрдых частиц с отработавшими газами (табл. 2).

В табл. 3 и 4 приведены примеры снижения экологического (экономического) ущерба от снижения выбросов ВВ с ОГ на примере легкового и грузового автомобилей при поэтапном введении норм Евро с оценкой по российским санитарным нормам среднесуточного содержания ВВ в атмосфере воздуха.

Это значит, что предотвращённый ущерб за весь срок эксплуатации одного легкового автомобиля при переходе с нормативов Евро-0 на Евро-6 составил $231\,965 - 7\,670 = 224\,295$ рублей, то есть уменьшен в 30 раз!

Для грузовых автомобилей при переходе с норм Евро-0 на Евро-6 величина предотвращённого экологического (экономического) ущерба составляла $3\,162\,000 - 108\,000 = 3\,054\,000$ рублей. Степень снижения также составила 29. Однако, учитывая остающийся ещё значительный ущерб при Евро-5 и Евро-6, необходима разработка дальнейших эффективных мероприятий по снижению ущерба от грузовых автомобилей и автобусов.

Несмотря на вводимые жёсткие нормативы на выброс ВВ (табл. 1 и 2), в 2012 году Всемирная организация здравоохранения предложила запретить использование автомобилей с дизельным двигателем в городах Европы по причине выброса ими значительного количества твёрдых частиц с ОГ, так как твёрдые частицы, имеющие объём менее 2,5 мкм в диаметре, упоминаются в медицинских документах как вдыхаемые частицы, опасные для здоровья, так как глубоко проникают в дыхательную систему человека и животных, вызывая рак лёгких [3].

Итак, поэтапное введение в последние пятнадцать лет нормативов Европейской экономической комиссии ООН (норм Евро), ужесточающих выброс ВВ с ОГ автомобилей, естественно, приводит к усложнению конструкций автомобилей и удорожанию (повышению) их стоимости. Возникает проблемный вопрос: существует ли экономическая целесообразность введения норм Евро-6 и выше по дополнительному снижению выбросов ВВ, особенно твёрдых частиц с ОГ? Вместе с тем следует отметить, что, резко ограничивая выбросы твёрдых частиц с ОГ для дизельных двигателей более чем в 15–20 раз с 1992 года по настоящее время (за десять лет), законодатели не обращают внимания на другие вредные частицы, выбрасываемые автомобилями в процессе эксплуатации за счёт износа систем и агрегатов автомобиля, таких как тормозные системы (накладки и диски), диски сцепления и шины [4].

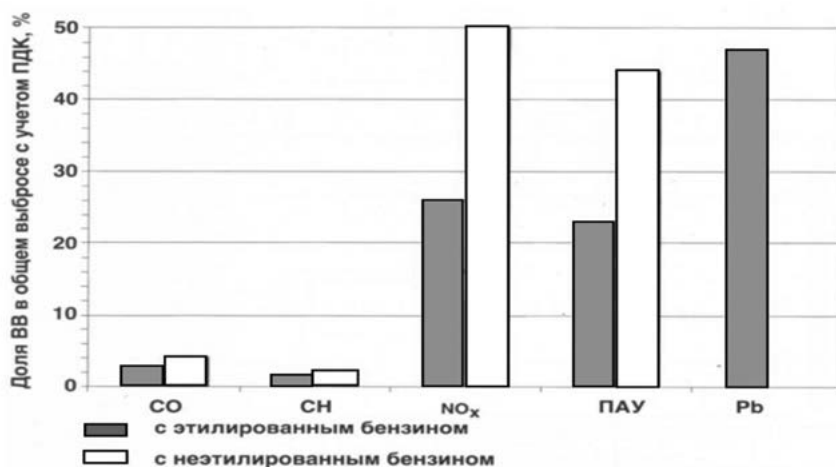


Рисунок 1. Весомость (в %) выбросов различных ВВ с ОГ ДВС легковых автомобилей при действующих ПДК ВВ с учётом их относительной агрессивности

Таблица 3. Снижение экологического ущерба от легковых автомобилей за 300 тысяч километров в крупных городах

Переход по годам нормирования	Ущерб, руб.	Предотвращённый ущерб, руб.
Евро-0	231 965	
Евро-0 — Евро-1 (2002)	45 688	186 277
Евро-1 — Евро-2 (2006)	24 693	20 995
Евро-2 — Евро-3 (2008)	17 554	7 139
Евро-3 — Евро-4 (2012)	8 860	8 694
Евро-4 — Евро-5 (2014)	7 670	1 190
Евро-5 — Евро-6 (2018)	7 670	0

Таблица 4. Снижение экологического ущерба от грузовых автомобилей и автобусов за 1 миллион километров

Переход по годам нормирования	Ущерб, руб.	Предотвращённый ущерб, руб.
Евро-0	3 162 000	
Евро-0 — Евро-1 (2002)	1 669 700	1 492 300
Евро-1 — Евро-2 (2006)	817 405	852 295
Евро-2 — Евро-3 (2008)	544 710	272 695
Евро-3 — Евро-4 (2010)	348 418	196 295
Евро-4 — Евро-5 (2014)	223 000	125 418
Евро-5 — Евро-6 (2018)	108 000	115 000

В мае 2012 года страны Евросоюза — участники конвенции ЕЭК ООН «О трансграничном загрязнении воздуха» приняли исторические поправки к протоколу 1999 года Гётеборгской конвенции, который впервые будет включать в себя национальные предельные уровни для мелких твёрдых частиц — загрязнителя, концентрация которого в воздухе заведомо превышает стандарты качества воздуха по всей Европе.

Кроме того, участники конвенции сделали прорыв в области политики, касающейся трансграничного загрязнения воздуха, включив чёрный углерод (или сажу) в качестве компонента твёрдых частиц. Чёрный углерод известен как кратковременный климатический фактор, так как он оказывает сильное влияние на процессы глобального потепления, но не сохраняется в атмосфере так долго, как двуокись углерода (CO_2). Однако более поздние исследования показали, что чёрный углерод воздействует на потепление в 680 раз больше, чем CO_2 . Так, в частности, глобальное исследование причин таяния ледников с уменьшением массы льда на полюсах,

приводящее к повышению уровня моря, предопределяет необходимость уменьшения выбросов чёрного углерода (сажи) и поэтому является сегодня важнейшей задачей в борьбе с изменением климата [5].

В 2005–2006 годах экологи Москвы пришли к выводу, что вовсе не автомобильные отработавшие газы, как это считалось раньше, являются основным загрязнителем московского воздуха: до 60 % загрязняющих и опасных для здоровья веществ обеспечивает истёртая в мелкую пыль резина автомобильных шин. За год в одной только Москве этой взвеси выбрасывается в воздух около 10 тысяч тонн (по данным парка автомобилей в 2008 году), в настоящее время — более 15 тысяч тонн.

Долгое время считалось, что размеры частиц продуктов износа протектора шин довольно велики и не могут причинить вред здоровью человека. Однако американские врачи обнаружили, что вблизи автострэд городов присутствуют от 3 800 до 6 900 фрагментов шин в каждом кубическом метре воздуха, более 58 % из них оказались размером менее 10 микронов и, следовательно, способны легко проникать в лёгкие человека. Кстати, такая шинная пыль из организма человека практически не выводится и может приводить к летальным исходам [4].

Проведённый анализ различных шин позволил определить усреднённую интенсивность износа протекторов шин на один километр пробега от легкового автомобиля — на уровне 0,13 г/км, от автомобилей до 3,5 т — 0,32 г/км и от грузовых автомобилей и автобусов — на уровне 1,5 г/км, что превышает нормативы Евро-6 по выбросу ТЧ с ОГ в 26, 60 и 100 раз соответственно.

В табл. 5 приведены сравнительные данные по экологическому ущербу только от выбросов твёрдых частиц (ТЧ) с шинной пылью и с ОГ при будущих нормах Евро-6 для населения в крупных городах.

Таким образом, ущерб от шинной пыли в настоящее время превышает ущерб, наносимый ОГ легкового автомобиля, более чем в 50 раз, а по автобусам и коммунальному транспорту — в 300 раз.

На основании проведённых исследований можно констатировать, что заявленное в конце 2012 года предложение ВОЗ о запрете использования в городах Европы автомобилей с дизельными двигателями является необъективным и ошибочным, в то время как повышенные выбросы ВВ с шинной пылью никак не ограничива-

Таблица 5

Пробег		Выбросы твёрдых частиц, г/км		Выброс ТЧ в кг за ПЖЦ		Ущерб, руб. Показатели экологической опасности	
Автомобили	Км	От шин	Евро-6	От шин	С ОГ	От шин	С ОГ
Легковые	300 000	0,132	0,005 г/км	39,6	1,5	63 152	1 190
Грузовые	1 000 000	1,5	0,01 г/кВт	1 500	10	2 385 000	7 950

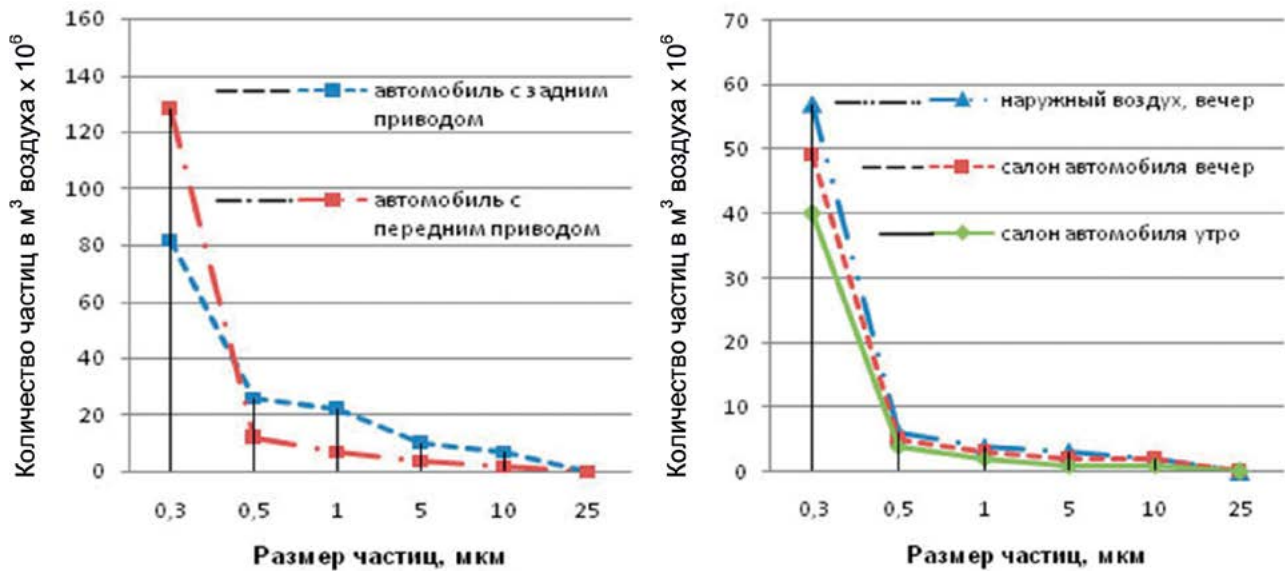


Рисунок 2. Содержание твёрдых частиц в наружном воздухе и в салоне автомобиля при движении в городе (в плотном транспортном потоке)

ются международными и национальными нормативными документами.

Проведёнными экспериментальными исследованиями в НАМИ выявлено (рис. 2), что в процессе эксплуатации в результате износа шин, тормозных колодок, дисков и дорожного полотна формируется повышенное содержание твёрдых частиц над проезжей частью улицы, а также внутри салонов и кабин автомобилей, причём основное их количество составляют частицы размером до 1 мкм, что весьма опасно для человека [6].

Из представленных на рис. 2 данных следует, что основные размеры твёрдых частиц в воздухе над проезжей частью дорог, а также в салонах и кабинах автомобилей от износа шин и дорожного покрытия находятся в диапазоне от 0,3 до 1 мкм.

Ввиду отсутствия нормативных требований к эффективной очистке воздуха от твёрдых частиц в салонах автомобилей, недостаточной тонкости очистки воздуха с помощью существующих салонных фильтров создаётся повышенное содержание ВВ в воздушной среде салонов автомобилей, часто превышающее гигиенические стандарты РФ (ГОСТ Р 51206–20011) [6].

Для устранения этого негативного процесса были осуществлены следующие мероприятия:

- разработан проект ГОСТ Р 51206–2015 «Автотранспортные средства. Салонные фильтры. Салонные очистители воздуха. Нормы и методы испытаний»;

- в план работы технологической платформы Российской Федерации «Зелёный автомобиль» включены проблемные вопросы по разработке мероприятий с целью снижения выбросов ТЧ от износа шин и дорожного полотна.

Возникает вопрос о необходимости разработки нормативов на показатель экологической опасности ав-

тотранспортных средств, выраженный в виде ущерба окружающей среде, состоящей из трёх составляющих экологического ущерба: от ОГ и дополнительно от шинной пыли и дорожного покрытия — ввиду их повышенной степени вредности (агрессивности) по отношению к отработавшим газам автомобилей.

Таким образом, весьма рано рассуждать о создании экологически чистого автомобиля и использовании этого термина, целесообразно говорить об экологической опасности автомобиля и приступить к комплексному нормированию этого показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кутенёв В. Ф., Кисуленко Б. В., Шюте Ю. В. Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания // Экология машиностроения. — М., 2009. — С. 253.
2. Азаров В. К. Обзор и анализ проблемных вопросов нормирования экологических показателей и эффективности реализации их в производстве и эксплуатации автотранспортных средств // Труды НАМИ. — М., 2013. — Вып. 255. — С. 50-66.
3. Азаров В. К., Кутенёв В. Ф., Степанов В. В. О выбросе твёрдых частиц автомобильным транспортом // Журнал автомобильных инженеров. — 2012. — № 6 (77). — С. 55-58.
4. О безопасности окружающей среды от выбросов из автомобилей: доклад Российской Федерации на Всемирном форуме по конструкции транспортных средств WP-29-161-22. — Женева, 2013.
5. Азаров В. К. Новые нормы на чёрный углерод в саже и их влияние с парниковыми газами CO₂ на потепление климата планеты // Журнал автомобильных инженеров. — 2012. — № 4 (75). — С. 54-57.
6. Азаров В. К., Сайкин А. М., Кутенёв В. Ф., Малкин М. А. Шины и дорожное покрытие как источник загрязнения воздуха автотранспортными средствами // Труды НАМИ. — М., 2014. — Вып. 256. — С. 72-85.