

- Т. 1. – № 1. – С. 242 – 249.
2. Артющенко В.М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса // Промышленный сервис. – 2009. – № 4(33). – С. 3 – 10.
  3. Артющенко В.М., Аббасова Т.С., Аббасов А.Э. Условия эффективного применения виртуальных лабораторий для инженерного образования // Сб. тр. по материалам II-ой международной научно-практической интернет-конференции «Инновационные технологии в современном образовании» 19.12.2014 – [Текст] / Королев МО, Финансово-технологическая академия, ФТА: Изд-во «Алькор Паблишерс», 2015. – С. 12 – 19 (456 с.) – ISBN 978-5-906099-85-3.
  4. Аббасов А.Э., Аббасова Т.С. Разработка методики 3D-моделирования оборудования системы управления рециркуляцией выхлопных газов автомобиля // Информационно-технологический вестник. – № 1(01). – 2014. – С. 3 – 12.
  5. Аббасов А.Э. Конвертирование трехмерных компьютерных геометрических моделей для оптимизации параметров моделируемых устройств // Компьютерные исследования и моделирование. – Том 7. № 1. – 2015 – С. 81 – 91.
  6. Аббасов А.Э., Аббасов Э.М., Аббасова Т.С. Проблемы моделирования переходных электромагнитных процессов оборудования системы рециркуляции автомобиля // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации: сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции. – Тольятти: ПВГУС, 2014. – С. 7 – 12.
  7. Аббасов А.Э. Расчёт параметров клапана системы рециркуляции в программной среде Maxwell // Информационно-технологический вестник. – 2014. – № 2(02). – С. 3 – 10.
  8. Набоких В.А., Нигматуллин Ш.М. Развитие конструкции генераторных установок и мотор-генераторов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2013. № 6. С. 8 – 9.

### **Эколого-экономические проблемы различных проектов «экологически чистого» Зеленого автомобиля**

к.т.н. Азаров В.К., Гайсин С.В., д.т.н. проф. Кутенев В.Ф., Васильев А.В.  
ФГУП «НАМИ»

[yadim.azarov@nami.ru](mailto:yadim.azarov@nami.ru)

**Аннотация.** В статье анализируются проблемы экологических характеристик и экономических затрат, связанных со снижением загрязнения воздушной атмосферы городов вредными выбросами от автомобильного транспорта. Проведен сравнительный анализ экологического и экономического ущербов от выбросов вредных веществ с отработавшими газами и от износа шин и тормозных механизмов автомобильного транспорта. Предлагаются эффективные мероприятия по снижению вредного воздействия загрязненной окружающей среды на пассажиров и водителей, а также обосновывается ежегодный транспортный налог на автотранспортные средства.

**Ключевые слова:** *загрязнение воздушной среды городов, вредные вещества, твердые частицы, парниковые газы, шинная пыль, экологический ущерб, комбинированные энергоустановки, электромобили, салонные фильтры.*

Существующие в настоящее время проблемы с загрязнением воздуха в крупных городах и мегаполисах отработавшими газами (ОГ) автомобилей, несмотря на достигнутые успехи за последние 20 лет за счет внедрения норм ООН (Евро-5, Евро-6), дополняются проведенным в 2011-2013 годах в НАМИ сравнительным анализом большой разницы выбросов твердых частиц от износа шин, тормозных систем и от ОГ [1,2].

В период 1990-2001 годов стало известно, что вовсе не автомобильные отработанные газы, как это было в действительности в 1965-1970 годах, являются основным загрязнителем городского воздуха, так как до 60% загрязняющих и опасных для здоровья веществ обеспечивает истертая 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 г.), в настоящее время этот выброс уже приближается к 20 тысячам тонн [3].

Долгое время считалось, что размеры твердых частиц продуктов износа протектора шин довольно велики и не могут причинить вред здоровью человека. Однако исследованиями американских врачей обнаружено, что вблизи автострад городов присутствуют от 3800 до 6900 фрагментов шин в каждом кубическом метре воздуха, более 58% из них оказались размером менее 10 микрон и, следовательно, способны легко проникать в легкие человека. Кстати, такая шинная пыль из организма человека практически не выводится и может приводить к летальным исходам [4].

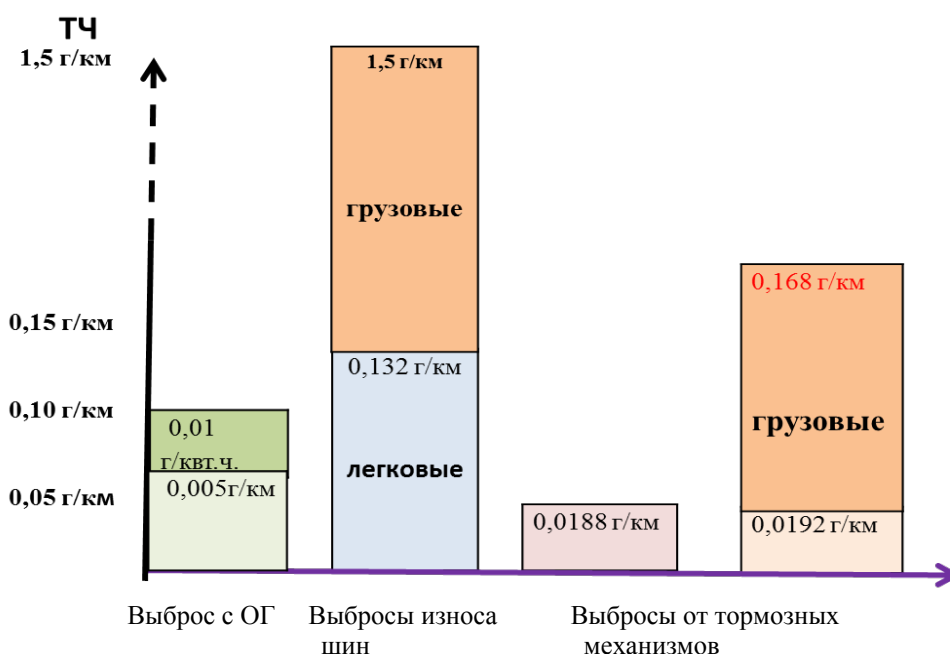
Международным агентством по изучению рака, а в нашей стране – Федеральным центром Госсанэпиднадзора – предприятия резиновой и шинной промышленности включены в список канцерогенно опасных. Установлено, что в шинной пыли присутствуют более 140 химических соединений различной степени токсичности, но особенно опасны для здоровья человека полиароматические углеводороды и летучие канцерогенные вещества N-нитрозамины.

Вредные вещества N-нитрозамины, содержащиеся в мелкодисперсном аэрозоле, выделяемом автомобильными шинами, более опасны для здоровья человека потому, что они при попадании в бронхи и легкие в течение нескольких суток переносятся непосредственно в кровь и лимфу человека за счет своей хорошей растворимости в воде и биологических жидкостях. Последствия наличия канцерогенных веществ в тканевых жидкостях организма медицине хорошо известны и часто приводят к летальным исходам [4].

Производители шин в течение последних 30–40 лет вели интенсивные работы по увеличению ходимости шин и добились серьезных результатов: увеличили в среднем пробег шин почти в 2 раза: с 30–40 тыс. км до 60–90 тыс. км.

В настоящее время конкурентная борьба по увеличению пробега продолжается, и это наглядно видно из рекламных материалов мировых производителей шин.

Исследованиями, выполненными в НАМИ, выброс шинной пыли от износа шин был определен следующими темпами выброса твердых частиц (рисунок 1).



**Рисунок 1. Реальный выброс ТЧ с ОГ и при износе шин и тормозных накладок при эксплуатации легковых, грузовых автомобилей и автобусов, в г/км**

В работе [2] был определен экономический (экологический) ущерб от шинной пыли (таблица 1), который в настоящее время превышает ущерб, наносимый отработавшими газами легковых автомобилей более чем в 40–60 раз, а по автобусам и грузовым автомобилям и

Таблица 1

Пробег		Выбросы твердых 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	от ОГ
Легковые	300000	0,132	0,005 г/км	39,6	1,5	63152	1130
Грузовые	1000000	1,5	0,01 г/кВт	1500	10	2385000	7050

Исходя из вышеизложенного возникает вопрос: учитывает ли сегодня существующий транспортный налог этот экологический ущерб, наносимый в целом каждым автотранспортным средством?

Экологический ущерб, определенный по методике Госкомэкологии [5] от легковых автомобилей за 300 тыс. км ресурсного пробега в крупных городах, и его снижение по мере введения норм Евро, а также и определенный возможный ежегодный экологический налог приведены в таблице 2.

Таблица 2

Переход по годам нормирования			Ущерб, рубли	Предотвращенный ущерб, руб.	Возможный годовой экологический налог, руб.	
	Европа	Россия			За ежегодный пробег	
					15000 км	30000 км
Евро-0	1991	1997	231965		11600	5800
Евро-0 – Евро-1	1992	2002	45688	186277	2285	1143
Евро-1 – Евро-2	1996	2006	24693	20995	1235	643
Евро-2 – Евро-3	2000	2008	17554	7139	878	439
Евро-3 – Евро-4	2005	2012	8860	8694	443	222
Евро-4 – Евро-5	2009	2014	7670	1190	384	192
Евро -5– Евро-6	2014	2018	7670	0	384	192

Изменение экологического ущерба от грузовых автомобилей и автобусов за 1 млн км ресурсного пробега и возможные суммы ежегодного экологического налога представлены в таблице 3.

Таблица 3

Переход по годам нормирования			Ущерб, рубли	Предотвращенный ущерб, рубли	Возможный годовой экологический налог, рубли	
	Европа	Россия			За ежегодный пробег	
					50000 км	100000 км
Евро-0	1991	1998	3162000		158100	79050
Евро-0 – Евро-1	1993	2002	1669700	1492300	83485	41743
Евро-1 – Евро-2	1996	2006	817405	852295	40870	20435
Евро-2 – Евро-3	2000	2008	544710	272695	27235	13618
Евро-3 – Евро-4	2005	2012	348418	196295	17420	8725
Евро-4 – Евро-5	2008	2014	223000	125418	11150	5575
Евро -5– Евро-6	2013	2018	108000	115000	5400	2700

Из таблиц видно, что снижение экологического ущерба от легковых автомобилей в денежном выражении при достижении норм Евро-6 будет обеспечено в 30 раз, а по грузовым автомобилям и автобусам в 29 раз.

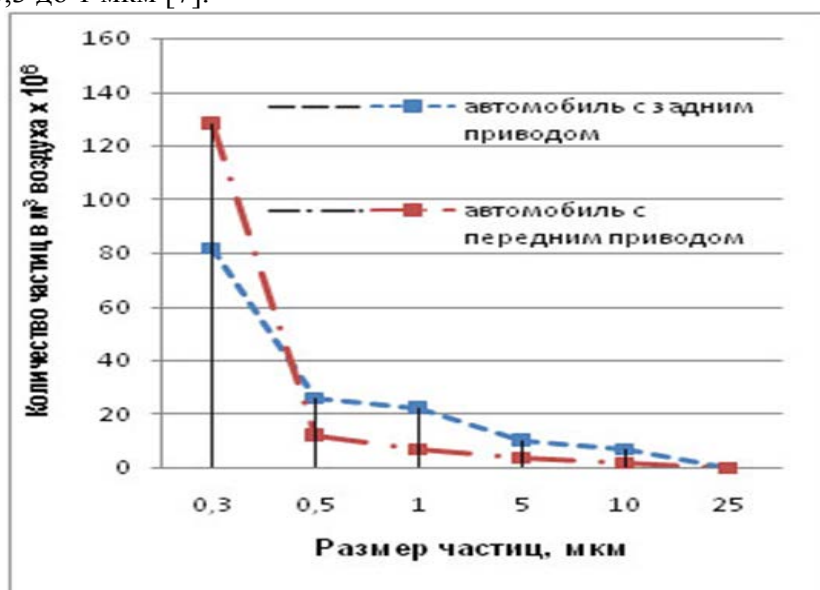
Проведенными экспериментальными исследованиями в НАМИ выявлено, что в процессе эксплуатации в результате износа шин, тормозных колодок, дисков и дорожного полотна формируется повышенное содержание твердых частиц над проезжей частью улицы [6].

В последние годы, несмотря на выпуск в обращение современной автомобильной техники с более высокими экологическими классами, уровни загрязнения воздуха над проезжей частью дорог превышают гигиенические нормативы. Наши измерения показали, что в авто-

мобильных пробках, в плотных транспортных потоках, в тоннелях содержание вредных веществ в воздухе является не только повышенным, но и опасным для жизни и здоровья населения. Так, содержание взвешенных частиц в воздухе при нормативе при движении по асфальтированному шоссе за одним легковым автомобилем составляет  $5 - 10 \text{ мг/м}^3$ , за двумя автомобилями –  $15 - 20 \text{ мг/м}^3$ . При движении грузовых автомобилей в колонне с интервалом 35 м запыленность воздуха на уровне воздухозаборника двигателя для головной машины составила  $200 \text{ мг/м}^3$ , для 6-й –  $1000 \text{ мг/м}^3$ . Установлено также, что максимальная запыленность воздуха на автодороге имеет место на высоте 0,5 – 1,0 м от полотна дороги и снижается в 3 – 10 раз на высоте 2 м и более [3, 6].

Однако проведенными в НАМИ дальнейшими исследованиями выявлено, к сожалению, что увеличенный пробег шин обеспечил и изменение размеров шинной пыли с 2,5 – 10 микрон, которые фиксировались при износе шин 30 лет назад, до 0,3 – 1,5 микрон в настоящий период времени.

Поэтому, как видно из представленных на рисунке 2 данных, следует, что основные размеры твердых частиц в воздухе над проезжей частью дорог в настоящее время находятся в диапазоне от 0,3 до 1 мкм [7].



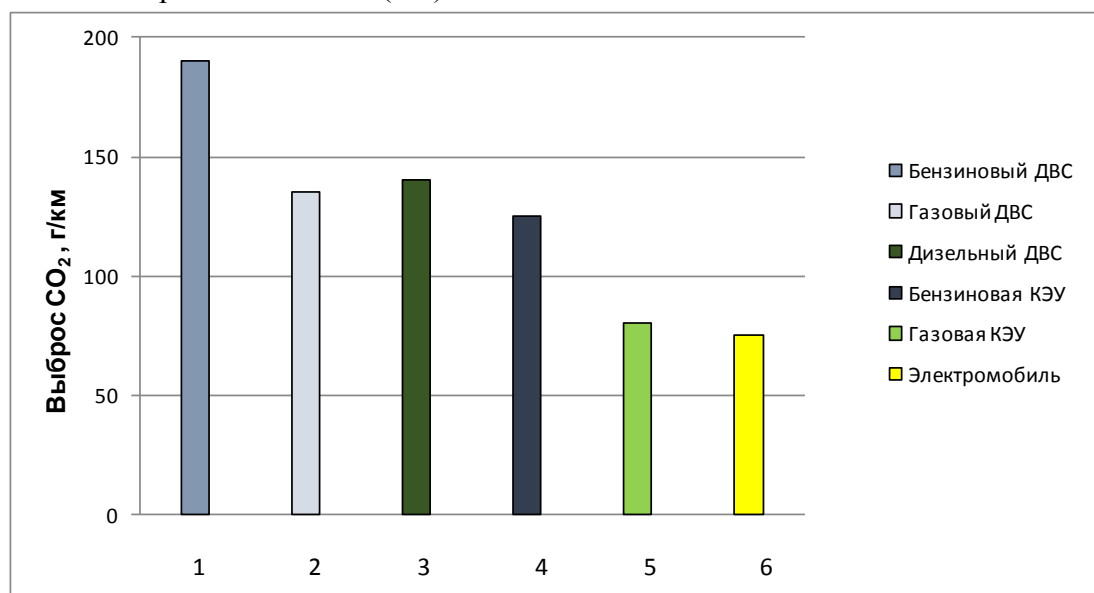
**Рисунок 2. Количество и размеры твердых частиц в наружном воздухе при движении автомобилей в городе (в плотном транспортном потоке)**

И так, теперь перейдем к анализу работ по созданию «экологически чистых» автотранспортных средств, которые интенсивно были развернуты после 2000 года в направлении создания автомобилей с комбинированными энергоустановками (КЭУ) и электромобилей.

На начальном этапе анализа оценка выбросов  $\text{CO}_2$  была произведена для двух стадий полного жизненного цикла (ПЖЦ): затраты на получение топлива (либо электроэнергии) и затраты на его эксплуатацию (без учета стадий производства автомобиля и его утилизации) (рисунок 3).

Расчетно-экспериментальные исследования показали, что газовый ДВС обеспечивает снижение выброса  $\text{CO}_2$  на 29% по сравнению с бензиновым ДВС и на 5% по сравнению с дизельным двигателем. Использование автомобилей с КЭУ с параллельной схемой позволяет уменьшить выброс  $\text{CO}_2$  на 44%, а электромобиля – на 63% по сравнению с бензиновым ДВС. Наиболее предпочтительным в настоящее время и наиболее эффективным альтернативным топливом естественно является природный газ метан  $\text{CH}_4$ , имеющий, в отличие от всех нефтяных и синтетических топлив, только один атом углерода и четыре атома водорода [6].

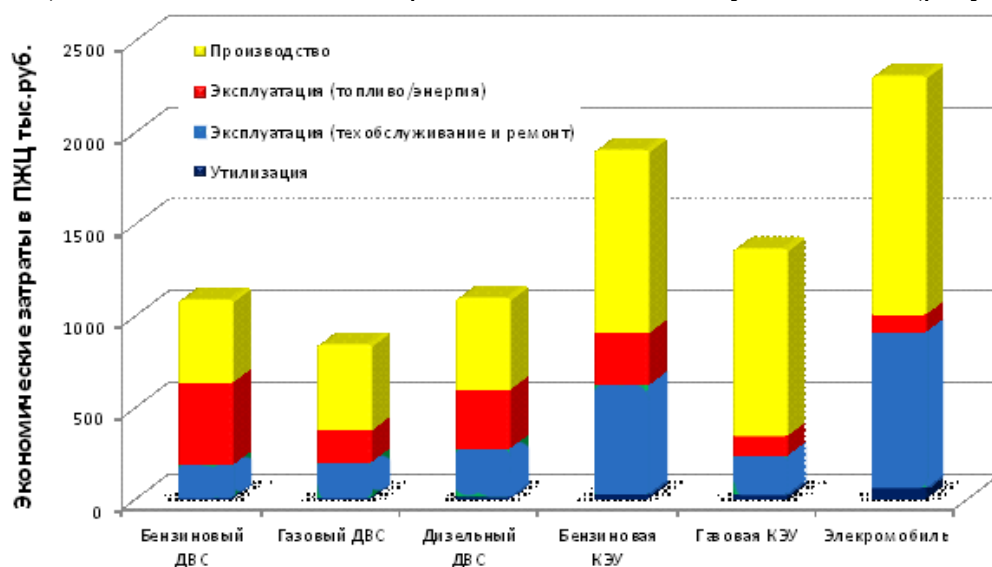
Направление развития электромобилей (ЭМ) считается сегодня наиболее оптимальным на перспективу с точки зрения решения проблемы экологии в крупных мегаполисах (города с населением более 1–2 млн чел.), а также мегарегионов (курортных зон) с учетом все возрастающего загрязнения атмосферы городов и ужесточающихся требований по снижению



**Рисунок 3. Выбросы CO<sub>2</sub> от автомобилей с различными энергетическими установками, работающими на различных энергоносителях (только выбросы на этапах ПЖЦ: получение топлива и эксплуатация автомобиля)**

Анализ преимуществ и недостатков внедрения электромобилей часто рассматривается с такой положительной позиции, что даже с учетом загрязнений от электростанций, как правило, расположенных вне города, ЭМ почти на 80% экологичнее, чем автомобили с ДВС, так как эксплуатация ЭМ практически исключает выделение окиси углерода, оксидов азота, углеводородов, оксидов углерода, твердых частиц с канцерогенными свойствами, а также обеспечивает снижение уровня шума на 2–3 децибела по сравнению с автомобилями, имеющими ДВС.

Для объективной оценки были проведены специальные сравнительные исследования экономических затрат на всех стадиях жизненного цикла: (производства, эксплуатации и утилизации) легковых автомобилей с различными силовыми установками (рисунок 4).



**Рисунок 4. Экономические (энергетические) затраты в полном жизненном цикле автомобилей с различными энергетическими установками на различных энергоносителях**

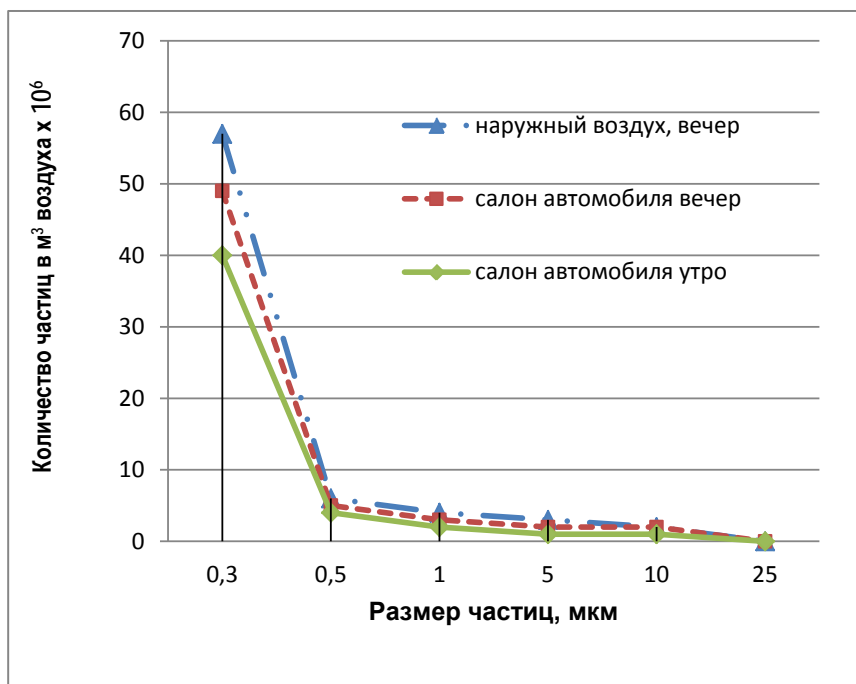
Как показывают результаты анализа, наименьший уровень экономических (энергетических) затрат имеет автомобиль с ДВС, работающим на природном газе, что объясняется от-

носителем дешевым топливом в период эксплуатации при незначительном удорожании стадии производства автомобиля. Применение комбинированных энергоустановок приводит к увеличению стоимости ПЖЦ автомобиля на 35–65%, что главным образом связано с увеличением стоимости производства, обслуживания и ремонта таких автомобилей в процессе эксплуатации [8].

Наиболее высокую стоимость ПЖЦ имеет электромобиль, несмотря на то что затраты на зарядку энергией у него в 3 раза ниже, чем у традиционного легкового автомобиля, однако стоимость производства его в настоящее время достаточно высока и дополнительно необходимо в процессе эксплуатации менять комплект аккумуляторных батарей, т.к. они имеют относительно низкий ресурс и высокую стоимость.

Несмотря на это удорожание по стоимости, а значит, и затрат на увеличение энергопотребления, старатели ускоренного внедрения в массовое производство этих якобы экологически чистых изделий не имеют понятия об остающемся высоком экологическом ущербе, наносимом окружающей среде от экологически не чистых «зеленых шин».

Дополнительно к проведенному измерению количества и размеров ТЧ в наружном городском воздухе (рисунок 2) были проведены исследования по оценке воздействия продуктов износа шин и дорожного полотна, входящих в состав твердых частиц в воздухе над проезжей частью дорог, на водителей и пассажиров в салонах автотранспортных средств в реальных условиях эксплуатации путем измерения содержания твердых частиц в салонах автомобилей и в наружном воздухе. В частности измерения проводились в салоне легкового автомобиля «Фольксваген Пассат Вариант» с системой микроклимата, оборудованной салонным фильтром MahleL A45 (Германия). Сравнительные данные по измерению содержания взвешенных частиц в салоне легкового автомобиля и данные по содержанию взвешенных частиц в наружном воздухе представлены на рисунке 5.



**Рисунок 5. Содержание твердых частиц в наружном воздухе и салоне автомобиля при движении в городских условиях (в плотном транспортном потоке)**

Таким образом выявлено, что в процессе эксплуатации в результате выделения твердых частиц с отработавшими газами автомобилей, выделения продуктов износа шин, дорожного полотна, фоновое загрязнение воздуха и других процессов в воздухе над проезжей частью дорог формируются повышенные концентрации твердых частиц, причем основную их долю в воздухе составляют частицы размером до 1 мкм (см. рисунки 2 и 5).

Вследствие отсутствия нормативных требований к эффективности очистки воздуха от твердых частиц в салонах автомобилей, недостаточной тонкости очистки твердых частиц с

помощью салонных фильтров, их содержание, особенно размером до 1 мкм, в воздухе салонов в реальных условиях эксплуатации практически такое же, как и в наружном воздухе (рисунк 5). В результате в плотных транспортных потоках, в автомобильных пробках, тоннелях, в карьерах и т.д. их содержание в воздухе салонов автотранспортных средств часто превышает гигиенические стандарты РФ (ГОСТ Р 51206-2004).

Поэтому весьма рано говорить о создании «экологически чистого автомобиля» и использовании этого термина. Целесообразно говорить об экологической опасности автомобиля и приступить к комплексному нормированию этого показателя, состоящего из трех составляющих экологического ущерба: от отработавших газов и дополнительно от шинной пыли и дорожного покрытия, ввиду их повышенной относительной агрессивности по сравнению с отработавшими газами автомобилей, а также к разработке серьезных программ по борьбе с мелкодисперсной пылью от износа шин в крупных городах и мегаполисах.

Итак, на основании вышеизложенных исследований, возникает необходимость ответить на главный вопрос: кто должен в настоящий период компенсировать экологический ущерб, наносимый окружающей среде?

И главный вопрос. Кто должен платить за этот ущерб: производитель или владелец транспортного средства, или оба? Естественно, проще этот ущерб учесть в транспортном налоге.

На основе комплексного анализа мирового и отечественного опыта по начислению транспортного налога, должно быть учтено главное условие справедливости транспортного налога: кто больше ездит, больше расходует топлива, больше выбрасывает вредных веществ и парниковых газов – CO<sub>2</sub> с отработавшими газами, больше изнашивает шины и дорожное полотно, выбрасывая больше весьма опасных твердых частиц, – тот и должен больше платить!

Новый транспортный налог может определяться двумя путями по ежегодному расходу топлива:

- 1) учитываемому при каждой заправке автомобиля на его техталон, дополненный магнитной картой. На заправочных станциях без техталона-карты не заправлять. Коэффициенты пересчета литров топлива в налог таможенная служба определит легко сама!
- 2) справедливее и проще, как задумывалось ранее, если налоговая надбавка учитывается в стоимости топлива.

### Литература

1. Азаров В.К., Кутенев В.Ф., Степанов В.В. Реальный выброс твердых частиц автомобильным транспортом // Журнал автомобильных инженеров. – 2013. № 3(80). – С. 81-83.
2. Азаров В.К. Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности автомобилей: Дис...канд. техн. наук. М., 2014.
3. Доклад «Загрязнение атмосферного воздуха в Москве во втором квартале 2008 года», ГПУ «Мосэкомониторинг», М., 2009.
4. Хесин А.И., Скудатин М.Е., Ушмодин В.Н. Канцерогенная опасность автомобильных шин // Национальная безопасность и геополитика России, 2003, № 10-11. – С. 51-52.
5. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. М., (утверждена Госкомэкологии, 09.03.1999).
6. Азаров В.К., Кутенев В.Ф., Сайкин А.М. Автомобиль и его влияние на систему «Дорога - окружающая среда - человек» // Труды НАМИ. – 2013. Выпуск № 254. – С. 47-57.
7. Азаров В.К., Кутенев В.Ф. Может ли автомобиль быть экологически чистым? // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. № 4(87). – С. 58-61.
8. Азаров В.К., Козлов А.В., Кутенев В.Ф., Теренченко А.С. Анализ возможностей повышения энергетической эффективности и улучшения экологических показателей современного легкового автомобиля массового производства с применением новых энергетических установок // Труды НАМИ. – 2012. Выпуск № 249. – С. 15-22.