

В.Л. Гапонов, Л.Х. Бадалян, В.Н. Курдюков, Т.Н. Куренкова  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ  
С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА

В настоящее время автомобильный транспорт является одним из основных поставщиков вредных веществ в атмосферу, поэтому их негативное воздействие на окружающую природу и здоровье людей достигло значительных масштабов. В статье проанализированы основные методы снижения вредных выбросов с продуктами сгорания современных автомобилей. Выявлены наиболее эффективные и малозатратные способы, позволяющие в 2-4 и более раз повысить экологичность работы автомобильного транспорта

Ключевые слова: автомобильный транспорт, автомобиль, топливо, газ, вредные выбросы, загрязнение окружающей среды, экологичность работы автомобильного транспорта

V.L. Gaponov, L.H. Badalian, V.N. Kurdykov, T.N. Kurenkova  
MODERN METHODS OF DECREASING HARMFUL EMISSIONS  
WITH THE FULFILLED GASES OF MOTOR TRANSPORT

At this time Motor Transport is the main source of environmental pollution which affects the nature and peoples health. The article contains analyzed methods of decreasing pollution, caused by fuel emissions of modern cars. New, the most effective and inexpensive ways have been developed. That would let increase by up to 2-4 time ecological efficiency of the Motor Transport

Key words: Motor Transport, the car, fuel, gas, exhausted gases, environmental contamination, ecological efficiency of the Motor Transport

Автомобильный транспорт (АТ) является одним из основных источников загрязнения атмосферы планеты. Например, в США доля автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды составляет более 60 %, в Англии – 34 %, во Франции – 32 % [1]. Россия в этом отношении еще более показательна (табл. 1) [2].

Необходимо отметить, что официальные документы [2] еще не учитывают выбросы легковых автомобилей, находящихся в личном пользовании (для г. Ростова-на-Дону – 64,8 % АТ [3]).

Поэтому повышение экологичности работы АТ является наиболее актуальной проблемой. Для ее решения существует несколько основных методов:

- снижение удельного расхода топлива в автомобилях;
- применение принципиально новых конструкций двигателей;
- повышение качества топлива и добавка присадок;
- использование экологически безопасных видов топлива;
- утилизация или нейтрализация вредных выбросов;
- уменьшение массы автомобиля и улучшение его аэродинамических форм;
- диагностика и наладка всех систем двигателя.

Таблица 1

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух  
Российской Федерации, тыс. т.

	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
<b>Промышленность</b>	16661,0	15852,1	14949,8	14704,4	15221,8	15491,6	15842,0	15874,7
в том числе по отраслям промышленности								
Электроэнергетика	4748,5	4427,7	4345,7	3935,5	3857,3	3655,8	3352,7	3446,6
Цветная металлургия	3598,1	3621,7	3291,8	3311,8	3476,9	3405,0	3297,5	3261,7
Нефтедобывающая промышленность	1309,7	1325,1	1385,0	1329,0	1619,0	2119,7	3113,4	3227,2
Черная металлургия	2535,5	2379,5	2188,9	2329,6	2396,0	2268,3	2223,4	2178,2
Угольная промышленность	595,8	535,3	545,3	560,0	604,3	786,4	819,5	763,9
Нефтеперерабатывающая промышленность	849,9	819,3	769,8	747,9	735,9	679,2	620,8	593,8
Газовая промышленность	541,8	451,1	428,5	456,3	501,0	475,8	536,9	591,2
Промышленность строительных материалов	528,0	467,9	396,6	416,9	440,7	455,0	434,0	448,0
Химическая и нефтехимическая промышленность	413,2	415,4	388,0	414,9	427,4	437,4	428,0	403,3
Машиностроение и металлообработка	602,5	543,3	460,1	454,1	433,2	432,7	370,1	356,0
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	434,3	383,5	351,9	367,3	378,9	371,7	332,2	308,7
Пищевая промышленность	250,2	224,4	198,0	198,2	181,8	168,4	162,9	155,1
Легкая промышленность	64,4	56,0	50,1	50,6	45,4	43,6	41,2	33,9
Прочие отрасли промышленности	189,1	201,9	150,1	132,3	124	192,6	109,4	107,1
<b>Автомобильный транспорт</b>	10995	11456,5	11918,0	12251,0	13581,5	14264,9	14548,4	14927,9
<b>Соотношение, %</b>	66	72,3	79,7	83,3	89,2	92,1	91,8	94,0

Экологичность автомобилей в основном определяется их топливной расходной характеристикой, т.е. чем меньше углеводородного топлива потребляет машина, тем меньший экологический ущерб наносится атмосфере отработавшими газами. При равенстве расхода топлива наиболее экологичным автомобилем будет тот, токсичность и объемы выбросов вредных веществ которого будут меньше. Именно поэтому в настоящее время наблюдается тенденция сокращения удельного расхода топлива на АТ, в том числе за счёт использования (особенно в личной собственности) малолитражных автомобилей. В итоге, например, снижение удельного расхода то-

плива на 100 км с 8-10 до 4-5 л при прочих равных условиях обеспечит уменьшение экологического ущерба от АТ в 2 раза.

Аналогичный эффект дает повышение равномерности движения автомобиля. Однако в условиях города, особенно в мегаполисах, осуществить это мероприятие очень трудно.

Эффективным способом повышения полноты сгорания топлива, а, следовательно, экономичности и одновременно экологичности работы двигателя является совершенствование процесса топливоподачи. В настоящее время применяется впрыск топлива форсунками в цилиндры под высоким давлением или так называемые *инжекторные системы* подачи топлива. Основная задача этих систем – как можно лучше распылить жидкое топливо для хорошего смесеобразования с воздухом и последующего более качественного сжигания смеси. По сравнению с традиционным карбюратором, впрыск топлива изначально обладает большими возможностями, особенно в плане большей экологичности и управляемости процессом. В инжекторных системах подача топлива и воздуха осуществляется раздельно. Распыление бензина производится общей форсункой или в каждый цилиндр отдельно [4]. В результате применения инжекторных систем КПД двигателя в среднем можно увеличить на 15 %, уменьшив соответственно расход топлива и токсичные выбросы [5]. Согласованность работы систем зажигания, топливоподачи, воздухообеспечения, газораспределения обеспечивается применением электронной системы управления (ЭСУ), получающей информацию о других текущих параметрах работы двигателя через многочисленные датчики. Благодаря применению этой системы повышается качество процесса сгорания топлива практически на любых режимах эксплуатации автомобиля. Однако известно, что некоторые режимы экономической и экологической работы двигателей находятся в противоречивой зависимости. Так, для улучшения динамических характеристик автомобиля ЭСУ программно настраивается на более богатую смесь (коэффициент избытка воздуха меньше единицы,  $\alpha < 1$ ), что автоматически приводит к увеличению вредных выбросов в отработавших газах. Если ЭСУ настроить на наилучшее сгорание топлива ( $\alpha \geq 1$ ) или на экономичный и экологичный режим работы, то больше образуется оксидов азота в отработавших газах (ОГ), снижается динамическая характеристика автомобиля. Следовательно, одной из сложных задач, которую необходимо решить при разработке современных ЭСУ, является выбор таких законов управления, которые повышали бы не только экономические, динамические, но и экологические показатели работы двигателя. Необходимо также отметить, что современные автомобили пока не оснащены специальными экологическими системами контроля и автоматической системой экологического управления работой двигателя.

Совершенствование конструкции двигателя внутреннего сгорания (ДВС), известного более 100 лет, направлены на увеличение степени сжатия газозоудшной смеси, замену кривошипно-шатунного механизма, разработку однотоктного двигателя, использование вращательного движения исполнительного механизма, организацию непрерывного горения и др. Однако эти меры не способны кардинально улучшить экономические и экологические показатели работы ДВС.

Единственной альтернативой двигателя АТ можно считать электрический, который, до сих пор не может заменить ДВС в связи со значительными присущими ему недостатками: небольшой запас хода (40-120 км), маленькая скорость (30-40 км/ч), длительная зарядка аккумуляторов (до 8 часов). Несмотря на это многие автомобильные компании мира продолжают разрабатывать и выпускать электромобили, в которых пробег без дозаправки стараются увеличить до 200-300 км, а скорость – до 120-150 км/ч. Сдерживается это направление в основном отсутствием аккумуляторов необходимого качества (большая мощность, высокий запас энергии, продолжительный срок службы, быстрая зарядка, широкий диапазон эксплуатационных температур, возможность регенерации и утилизации всех элементов батарей).

Практически всеми автомобилестроительными компаниями разработаны и выпускаются отдельные модели машин с гибридными конструкциями двигателей, представляющих собой сочленение бензиновых и электрических агрегатов. Причем бензиновые двигатели включаются только в тех случаях, когда они эффективнее электромоторов. Обычно вначале начинает работать электромотор, а после первой скорости, к нему присоединяется бензиновый двигатель. Таким образом, в момент начального разгона, когда бензиновый двигатель выделяет наибольшее количество вредных веществ, работает электромотор. ЭСУ во время движения (по запрограммированной эффективности) спаривает или разъединяет оба мотора. В таком автомобиле электроэнергия вначале расходуется, а при спуске или торможении аккумулируется. В обычных автомобилях эта энергия теряется. Такой гибридный двигатель теоретически экологичней, чем ДВС. Однако тестовые испытания некоторых автомобилей с бензиновым, гибридным и дизельным двигателями выявили большую экологичность последней модели. Кроме того, требуют проверки на эксплуатационную пригодность аккумуляторы гибридного автомобиля. В настоящее время гибридные конструкции автомобилей пока можно считать проходящими испытания у потребителей.

Практика использования присадок прошла в своем развитии несколько этапов. Первое поколение присадок, добавляемых в топливо с целью улучшения его качества, появилось еще в 70-80-х гг. прошлого столе-

тия. Это была этиловая жидкость, которую добавляли в легкие моторные топлива (бензины). Это позволяло увеличить октановое число топлива. Однако позднее было установлено, что этиловая жидкость является высокотоксичной и не подходит по экологическим показателям. Сейчас эта присадка запрещена к использованию.

Вторым поколением присадок, пришедшим вслед за этилированными бензинами, были разного рода металлоорганические добавки. Но и эти присадки не оказались экологически приемлемыми из-за высокой окислительной способности, приводящей к образованию кислот.

К третьему поколению можно отнести применение автомобильных бензинов с многофункциональными присадками, включающими моющие компоненты и оксигенаты (типа этанола) [6], обеспечивающие уменьшение отложений (в карбюраторе – в среднем на 60 % и на выпускных клапанах – на 70 %); сокращение расхода топлива на 3 %; снижение содержания в ОГ CO и углеводородов – на 50-60 %; NO<sub>x</sub> – на 20 %. Это, в свою очередь, позволяет повысить надежность работы топливной аппаратуры, продлить срок службы двигателя, сократить затраты на техническое обслуживание. Учитывая все возрастающие требования к экологичности выбросов ОГ автотранспорта и наличие недостатков в различных присадках, в настоящее время особое внимание стало уделяться внедрению новых технологий производства автомобильных бензинов (алкилирование, изомеризация, глубокий каталитический крекинг). Наметился приоритетный интерес к деструктивным технологиям глубокого превращения (крекинга) нефтепродуктов, способствующего повышенному выходу высокооктановых изомерных углеводородных фракций. По-прежнему актуален вопрос очистки бензинов от серы, ароматических углеводородов (например, бензола), опасных как для человека, так и для деталей двигателей, в особенности активных элементов каталитических конверторов и датчиков кислорода. Кроме присадок, улучшающих качественные и экологические показатели топлива, существует много успешно применяемых присадок к моторному маслу, повышающих износостойкость цилиндропоршневой группы, которые, в конечном итоге, влияют на снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателя в процессе эксплуатации.

В настоящее время существует несколько распространенных видов альтернативного топлива: сжиженный нефтяной газ, природный газ, биодизельное топливо, водород и др. Сжиженный газ представляет собой смесь пропана (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), бутана (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) и незначительного количества (около 1 %) непредельных углеводородов. Известно [7], что он обладает всеми качествами полноценного топлива для двигателей внутреннего сгорания, поэтому во всем мире этот газ признан как дешевое, экологически чистое топливо, по многим свойствам превосходящее бензин. Использование сжи-

женного нефтяного газа не требует кардинального изменения конструкции автомобиля, а только его приспособления к установке газового оборудования, оставляя возможность использования как бензина, так и газа в качестве топлива. Сжиженный нефтяной газ – это единственный экологически более безопасный вид топлива, который широкомасштабно применяются в России и во всем мире на транспорте. При его использовании количество основных вредных веществ снижается в 2 и более раза, в 1,5-2 раза уменьшается износ основных деталей цилиндропоршневой группы, повышается срок службы моторного масла, снижается стоимость топлива в 2 раза. Экологичность и экономичность работы двигателя на сжиженном газе зависит от оборудования, устанавливаемого на автомобиль. Наибольшей эффективностью обладают инжекторные системы впрыска газа.

Природный газ используется в автомобилях в сжатом и сжиженном состояниях. Прогнозируется увеличение потребления сжатого (компримированного) природного газа (КПГ) на автомобилях в связи с большим количеством принятых программ в различных городах России перевода АТ на этот вид топлива. Экологический "потенциал" природного газа выше, чем сжиженного нефтяного газа, однако распространенность этого вида альтернативного топлива значительно ниже из-за большей сложности и стоимости устанавливаемого оборудования (достигающей 20 % от стоимости автомобиля [8]), а также ограниченного количества автомобильных газонаполнительных компрессорных станций.

Сжиженный природный газ пока не получил распространения из-за еще большей сложности и стоимости оборудования, а также проблем при эксплуатации криогенных установок.

Биодизельное топливо – это альтернативный экологически чистый вид топлива, получаемый из растительных масел и используемый для замены (экономии) обычного дизельного топлива [9]. Сырьем для производства биодизеля могут быть различные растительные масла: рапсовое, соевое, арахисовое, пальмовое, отработанные подсолнечное и оливковое масла, а также животные жиры. С химической точки зрения, биодизель представляет собой метиловый эфир, получаемый в результате реакций масла и жиров с метиловым спиртом в присутствии гидроксида натрия, служащего катализатором. В результате чего образуются жирные кислоты, а также побочные продукты: глицерин и другие. Биодизельное топливо может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания как самостоятельно, так и в смеси с дизтопливом, без внесения изменений в конструкцию двигателя. Обладая примерно одинаковым с минеральным дизельным топливом энергетическим потенциалом, биодизель имеет ряд существенных преимуществ: не токсичен; практически не содержит серы и канцерогенного бензола; разлагается в естественных условиях (примерно

так же, как сахар); обеспечивает значительное снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании как в ДВС, так и в технологических агрегатах; увеличивает цетановое число топлива и его смазывающую способность, что существенно увеличивает ресурс двигателя; имеет высокую температуру воспламенения (более 100 °С), что делает его использование относительно безопасным; его источником являются возобновляемые ресурсы; производство биодизеля легко организовать, в том числе, в условиях небольшого фермерского хозяйства.

Стоимость биодизеля в настоящее время превышает стоимость дизельного топлива, но имеет тенденцию к снижению. Биодизель получил широкое распространение во многих странах мира. Среди них: Германия, Австрия, Чехия, Франция, Италия, Швеция, США, а также другие страны. Наиболее широкое применение биодизель получил в Германии. Именно здесь производится более 2 млн тонн рапсового топлива ежегодно, что уже позволило значительно снизить вредные выбросы в атмосферу.

Однако необходимо отметить, что культивирование растений, которые служат компонентами биодизеля, может крайне негативно сказаться на окружающей среде. Территория Европы не позволяет обеспечивать многолетний севооборот при увеличении темпов потребления биодизельного топлива. В итоге может случиться, что, решая задачу снижения загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта, в большей степени усугубятся другие проблемы: деградации почв, производства продовольствия, вымирания различных видов животных.

Абсолютно экологичным видом альтернативного топлива для автомобилей считается водород [7]. При сгорании водорода не образуется никаких вредных веществ, только вода. Учитывая, что выбросы вредных веществ с отработавшими газами автотранспорта в мегаполисе могут составлять более 90 %, то использование водорода в качестве топлива АТ позволит устранить эту экологическую проблему. Достаточно отметить, что создание автомобиля на водородном топливе является новой частью энергетического плана США, высказанного президентом Бушем. Все известные автомобильные компании пытаются применить это топливо в своих конструкциях. Однако, несмотря на бесспорные экологические, энергетические и иные преимущества применения водорода, его внедрение на автотранспорт в настоящее время можно пока назвать только экспериментальным, хотя и уже достаточно масштабным. Основными причинами являются: проблема хранения водорода в автомобиле и экономическая целесообразность его применения.

Существует несколько способов использования водорода в качестве топлива на автотранспорте. Первый – перевод машин на водородное топливо с использованием топливных элементов. Это предполагает замену

ДВС на электромотор с электроприводом, наличие новой системы управления, баллонов с водородом, батареи суперконденсаторов. При этом будут отсутствовать проблемы, связанные с эксплуатацией и ремонтом ДВС, коробкой передач, сцеплением и др. Практически все известные мировые компании по производству автомобилей (Daimler-Benz, Ford Motor, Daimler Chrysler, General Motors, Toyota, Nissan, Honda, Suzuki, и др.) разработали свои варианты АТ на топливных элементах с максимальной скоростью до 200 км/ч и запасом хода до 450 км. Наилучших показателей добилась компания Honda в FCX (109-сильный электромотор, максимальная скорость 150 км/ч, максимальный пробег более 400 км, на 100 км расходуется примерно 1 кг сжатого водорода) [10]. Стоимость автомобилей с топливными элементами высока (до \$75 тыс.), поэтому приобретают (или арендуют) их администрации городов, заправляются они на практически единственных водородных заправках в городе. Основной нерешенной проблемой в реализации этого направления остаются топливные элементы, которые должны обеспечить максимальный запас водородного топлива при минимальном пространстве в современном автомобиле. В настоящее время разработаны кристаллы из специального нанопористого металлоорганического материала, позволяющего водороду адсорбироваться (запасаться путем поглощения микропорами, размер которых составляет  $10^{-9}$  м) под высоким и выделяться при низком давлении. Возможно, именно это позволит решить проблему увеличения запаса водородного топлива и значительно ускорить переход на его масштабное применение [11].

Другой путь внедрения водорода на автотранспорте – сжигание его в ДВС. Такой подход отстаивают инженеры BMW и Mazda [12]. При этом, во-первых, сохраняется возможность автомобилю ездить попеременно или на бензине, или на водородном топливе (по аналогии с распространёнными двухтопливными машинами "бензин/газ"). Во-вторых, считается, что прибавка в весе машины за счет оснащения ее топливными элементами, электромоторами, преобразователями тока, мощными аккумуляторами существенно превышает "экономия" от удаления ДВС и его механической трансмиссии. Первое преимущество является, безусловно, неоспоримым, особенно в настоящий "переходный" период, когда водородная заправка в городе может быть только одна или не быть вообще. Автомобилестроители двух известных фирм по-разному решали проблему выбора топливных систем АТ. Mazda выбрала вариант с баком высокого давления (30–35 МПа), который (как считается) более опасен, но зато в таком баке водород может храниться долго, BMW – бак с жидким водородом (-253 °С), который более безопасен, но появляется проблема длительного хранения заполненного баллона (из-за его нагревания предохранительный клапан будет стравливать дорогое топливо). В настоящее время BMW разработала несколько

двухтопливных автомобилей. Mazda в 2004 году представила двухтопливный вариант знаменитого спорткара RX-8 с роторным двигателем, завоевавшим титул "двигатель 2003 года", который впервые стал лучшим на международном конкурсе классических поршневых конкурентов.

Снижения количества вредных веществ с ОГ автомобилей можно достичь оборудованием двигателя системами нейтрализации и очистки выпускных газов [13]. Известны жидкостные, термические, каталитические, комбинированные нейтрализаторы и сажеуловители. При оценке эффективности перечисленных устройств исходят из стремления получить выбросы токсичных веществ в допустимых пределах без ущерба для мощности и экономичности ДВС при минимальных затратах.

Принцип действия жидкостных нейтрализаторов основан на растворении или химическом взаимодействии токсичных компонентов ОГ при пропускании их через жидкость определенного состава: вода, водный раствор сульфата натрия, водный раствор двууглекислой соды. Пропускание ОГ дизелей через воду приводит к уменьшению запаха, альдегиды поглощаются с эффективностью 0,5, а эффективность очистки от сажи достигает 0,6-0,8, при этом несколько уменьшается содержание бензпирена, не требуется время для выхода на рабочий режим после пуска холодного двигателя. Температура ОГ после очистки составляет 40-80 °С. К недостаткам жидкостных нейтрализаторов можно отнести: большую массу и габариты, в связи с чем затруднено их использование на легковых автомобилях; необходимость частой смены рабочего раствора; неэффективность очистки СО; малоэффективность по отношению к NO<sub>x</sub>; интенсивное испарение жидкости.

Термический нейтрализатор (дожигатель) представляет собой камеру сгорания, которая размещается в выпускном тракте двигателя для дожигания продуктов неполного сгорания топлива – СО и C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>. Реакции окисления этих газов протекают достаточно быстро при температурах 500-830 °С и при наличии в зоне реакций несвязанного кислорода, дополнительно подаваемого с воздухом в количестве 25 % от расходуемого двигателем воздуха. При этом отмечается снижение выбросов углеводородов в ОГ примерно в 2 раза, а монооксида углерода – в 2-3 раза. Для уменьшения эмиссии NO при работе двигателя на обедненной смеси устанавливаются системы рециркуляции части охлажденных ОГ (до 10 % объема свежего заряда) для разбавления свежего заряда. К недостаткам термических нейтрализаторов следует отнести: относительно большие их габариты; повышенное содержание NO в ОГ; уменьшение температуры цикла в связи с рециркуляцией; повышение противодавления выпуска, по сравнению только с глушителем, почти в 2 раза; необходимость установки отдельных насосов для подачи воздуха к выпускным клапанам; неустойчивую работу двигателя на режи-

мах холостого хода и малых нагрузках; малую эффективность при температурах ниже 500 °С; прерывание зажигания смеси при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha > 1,15$ .

В каталитических окислительных нейтрализаторах (при наличии избыточного кислорода в выпускных газах) с катализаторами из благородных металлов – платины, платины и палладия, платины и радия – достаточно высокая скорость окисления СО и  $C_nH_m$  обеспечивается при сравнительно невысоких температурах, значительно меньших, чем в термическом нейтрализаторе. Монооксид углерода окисляется до  $CO_2$  при 250-500 °С. Углеводороды, бензпирен, альдегиды нейтрализуются при 400-500 °С; при этом почти пропадает неприятный запах. При температуре 580 °С сгорает сажа. В нейтрализаторе с платино-палладиевым катализатором степень нейтрализации достигает для СО – 93 %, для  $C_nH_m$  – 85 %. В нейтрализаторе с катализатором из благородных металлов можно снизить до установленных норм выбросы всех трех токсичных газовых составляющих –  $C_nH_m$ , СО и  $NO_x$ , но при условии, что состав горючей смеси отличается от стехиометрического (при  $\alpha = 1$ ) не более, чем на 1 %, что ограничивает их широкое применение без специальной системы регулирования подачи топлива.

Основным недостатком этого вида катализатора является интенсивное истирание дорогостоящей поверхности сажей с адсорбированными на ней абразивными частицами нерастворенных солей металлов, что приводит к снижению эффективности и ресурса эксплуатации устройства.

Каталитические нейтрализаторы с восстановительной средой используют иногда в системах для уменьшения выбросов оксида азота. Восстановление NO с образованием  $N_2$  становится возможным при наличии достаточно высокого содержания СО в выпускных газах. Каталитический нейтрализатор с восстановительной средой целесообразно применять в комбинации с окислительным каталитическим нейтрализатором для окисления СО и  $C_nH_m$ . Дополнительный воздух подводится в этом случае в окислительный нейтрализатор, который устанавливается после восстановительного.

Утилизацию твердых частиц целесообразно проводить в две стадии: фильтрование, затем непрерывное или периодическое удаление отложений. Для очистки ОГ от сажи применяют пористые металлические и керамические фильтры, имеющие сетчатую или ячеистую структуру.

Для комплексной защиты окружающей среды от выбросов сажи и золы, снижения токсичности ОГ и шума АТ предложены фильтры-нейтрализаторы-глушители (ФНГ) [13, 14], в качестве рабочих элементов которых используются изделия из литого пористого алюминиевого сплава.

Перспективным направлением снижения загрязнения атмосферы ав-

томобилем является уменьшение массы автомобиля за счет использования алюминиевых сплавов, керамики, титана, пластмассы, композитных материалов и улучшение его аэродинамики. Исследования показывают, что эти мероприятия позволят обеспечить снижение расхода топлива до 15-30 %. Основной сдерживающий фактор в этом отношении – экономическая целесообразность применения инноваций.

Диагностика и наладка всех систем автомобиля становятся все более необходимыми и важнейшими условиями его эксплуатации. Без этого регулярного обслуживания любые планируемые мероприятия по улучшению его работы могут дать либо заниженный результат, либо свести все к нулю. Например, перед установкой газового оборудования надо вначале провести диагностику и наладку всех систем работы двигателя на штатном топливе с использованием специального оборудования. После установки газового оборудования необходимо будет отрегулировать работу только газоснабжающей системы также с применением специальных приборов, в том числе и газоанализатора.

В заключение следует отметить, что наибольший экологический эффект может быть достигнут при использовании максимальной комбинации перечисленных способов. Более того, внедрение современных методов снижения токсичности выбросов вредных веществ с ОГ АТ позволит значительно сократить экономический ущерб окружающей среде и снизить риск заболеваемости населения.

#### Литература

1. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотранспортных дизелей. – М.: Колос, 1994. – 224 с.
2. Государственный доклад "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации...", 1996-2003 гг.
3. Бадалян Л.Х., Гапонов В.Л. Анализ выбросов загрязняющих веществ автотранспортом // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды: Межвуз. сб. науч. тр., вып. 4 (междунар.). – Ростов н/Д.: РГАСХМ, 2000. – С. 29.
4. <http://www.belbmw.agava.ru>.
5. <http://www.bmw.com>.
6. Карпов С.А. Применение моющих и многофункциональных присадок // Экология и промышленность России. – 2007. – № 4. – С. 8-11.
7. Генкин К.И. Газовые двигатели. – М.: Машиностроение, 1977. – 196 с.
8. <http://www.bel.ru/news/region/2006/12/21/21948.html>.
9. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
10. <http://www.membrana.ru>. Водородный FCX прошел тест на повседневность.
11. <http://www.alhimik.ru>. Водородные технологии будущего.
12. <http://www.grani.ru>. Пористые кристаллы.
13. Бадалян Л.Х., Гапонов В.Л. Экологическая безопасность дорожного движения. – Ростов н/Д.: РГАСХМ, 2003.
14. Бадалян Л.Х., Гапонов В.Л. Анализ выбросов загрязняющих веществ автотранспортом // Межвуз. сб. научн. тр., вып. 4. – Ростов н/Д.: РГАСХМ, 2000. – С. 29-31.