

СИСТЕМЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ

Солонец Алексей Николаевич

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. Альферович В.В.
(Белорусский национальный технический университет)*

Загрязнение воздуха вредными выбросами автомобилей в конце XX века стало одной из глобальных экологических проблем. Путь ее решения только один - автомобиль должен стать экологически чистым. Важное место здесь принадлежит системам нейтрализации, способным в несколько раз снизить токсичность выхлопных газов.

В дизельном двигателе топливо впрыскивается в цилиндр, уже наполненный раскаленным сжатым воздухом и на образование "правильной" горючей смеси просто не остается времени. Даже при тончайшем распылении (для чего и повышают давление) не все микрочастицы топлива успевают обзавестись нужным количеством молекул кислорода – вот вам и сажа. Снижение температуры в цилиндре по бензиновому рецепту только ухудшает картину. Вообще, основное противоречие дизеля, которое еще никто до конца не разрешил, – между снижением выбросов сажи и окислов азота: улучшая один параметр, неизбежно портим второй.

Комплексная очистка отработавших газов дизеля

Современные комплексные системы очистки отработавших газов для дизелей состоят из каталитических и жидкостных нейтрализаторов, а также сажевых фильтров.

Сажевые фильтры

Фирмы, пропагандирующие экономичные легковые дизели, ради экологии пускаются во все тяжкие. Например, предлагают устанавливать дополнительные бачки с дорогими реактивами, снижающими температурный порог разложения накопившейся в специальном нейтрализаторе сажи ("Пежо-607"). Вы-

жечь, то есть окислить, накопившиеся в порах фильтра частицы можно лишь при достаточно высокой температуре, которой выхлопные газы правильно настроенного дизеля не достигают. Даже если приказать управляющему двигателем контроллеру периодически увеличивать подачу топлива, все равно градусов не хватает. Решение видели в добавке к солярке мочевины (прямо на АЗС) либо незначительного количества специального реагента, хранящегося в отдельном бачке (5 литров хватает на 80 000 км пробега). Это снижало температуру начала реакции градусов на 100 и позволяло, обогатив смесь, очищать фильтр. Реализовать эти решения весьма сложно. Неудивительно, что бачки с реагентом прижились в основном на дорогах автомобилях, например, «Пежо-607».

Фильтрующий элемент состоит, как правило, из керамической (карбид кремния) микропористой губки. Толщина стенок между ее каналами не превышает 0,4 мм, так что фильтрующая поверхность очень большая. Иногда эту «губку» делают из сверхтонкого стального волокна, также покрытого новым катализатором. Набивка настолько плотная, что задерживает до 80% частиц размером 20-100 нм.

Новые фильтры стали активно участвовать в управлении работой двигателя. Ведь режим обогащения включается по сигналу от датчиков давления, установленных на входе и выходе фильтра. Когда разность показаний становится значительной, компьютер воспринимает это как признак закупоренности «губки» сажей. А выжигание контролируют с помощью датчика температуры.

Система DRNR

"Тойота" разработала свою, не менее эффективную систему очистки, названную DPNR. Она одновременно обезвреживает и канцерогенные частицы сажи, и просто вредные окислы азота (о СН и СО сегодня говорить уже стыдно – пройденный этап). Главную роль играет новый микропористый керамический фильтр, покрытый слоем накапливающего азот материала и катализатором на основе платины. Во время работы двигателя на

бедной смеси частицы сажи окисляются атомарным кислородом, освобождающимся при соединении NO и O₂ из выхлопных газов в процессе накопления NO₂.

Периодически, когда компьютер кратковременно обогащает смесь, эти частицы окисляются кислородом, возникающим теперь уже при разложении накопленных окислов в безвредный азот.

DPNR показала снижение содержания сажи и NO_x на 80% по сравнению с действующими сегодня нормами, но применялись лишь для дизелей последнего поколения, работающих с системой "коммон рейл" высокого давления на топливе с пониженным содержанием серы.

Плазменный нейтрализатор

Один из альтернативных методов нейтрализации отработавших газов – использование низкотемпературной плазмы. Исследования в Японии, США и в России привели к созданию экспериментальных образцов оборудования, основанного на плазменных технологиях.

Принципиальная схема включает узел подвода отработавшего газа и масла, кварцевую стеклянную или керамическую трубку, используемую в качестве диэлектрического барьера, и два электрода – центральный и внешний – в виде металлической сетки из нержавеющей стали. В разрядное устройство подается ток от источника, формирующего импульс напряжения длительностью 250–350 мкс. Барьерный разряд возникает при электрическом напряжении 0,5–35 кВ и частоте следования импульсов 50–2000 Гц.

Отработавшие газы дизеля направляются в плазмохимический реактор, предварительно пройдя сушку во влагоотделителе. В плазмохимическом реакторе к этим газам "подмешивают" масло. Под действием электрического разряда в трубках разрядного устройства частички сажи активно абсорбируют масло на своей поверхности. Для удаления сажи, частички которой находятся как бы в масляном коконе, используется маслоотделитель. Сажа собирается в специальный контейнер, а масло

после дополнительной очистки в фильтре продолжает циркулировать по замкнутому контуру. Таким образом, удастся обеспечить очень высокую эффективность поглощения частичек сажи – до 100% во всем диапазоне оборотов дизеля. Из маслоотделителя часть отработавших газов можно направить во впускной коллектор дизеля (рециркуляция). Это снижает содержание оксидов азота в выхлопе.

Физическая и химическая сущность явлений, происходящих под действием барьерного разряда в плазмохимическом реакторе, изучена пока недостаточно. Однако упрощенно процесс можно представить следующим образом. При подаче напряжения в электроразрядное устройство в нем создается неравновесная слабоионизированная низкотемпературная плазма, которая воздействует на отработавшие газы. В результате многостадийных химических реакций оксиды азота, серы и углерода разлагаются на нетоксичные молекулы кислорода, азота, серы и углерода. Одновременно происходит конверсия (превращение) оксида азота в его диоксид, который связывается радикалом ОН в азотную кислоту в виде аэрозоля. Аналогичные реакции протекают с диоксидом серы и оксидом углерода, приводя к образованию аэрозолей. Аэрозоли улавливают в достаточно простых электрофильтрах, обеспечивающих степень очистки до 98–99%.

По предварительным расчетам, плазменная очистка обойдется в 1,5–2 раза дешевле, чем в существующих многокомпонентных устройствах. Не требуется использовать благородные металлы, значительно увеличивается ресурс систем нейтрализации, сокращается время на их техническое обслуживание. Однако к промышленному выпуску плазмохимических реакторов (а значит, их широкому использованию) можно будет перейти, когда удастся сократить затраты мощности на электропитание реактора. В опытных и экспериментальных системах они достигают 4–5% и более от мощности дизеля.