

Разработка перспективных систем нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя

Химич В.Л., Хрипач Н.А., Лежнев Л.Ю., Папкин Б.А., Шустров Ф.А.,
Иванов Д.А., Сонкин В.И., Папкин И.А.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.
Алексеева,
Московский государственный машиностроительный университет
(МАМИ)*

ВВЕДЕНИЕ

Экологические проблемы дизеля, связанные с введением жестких стандартов Евро-5 и особенно Евро-6, требуют существенного изменения системы нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов (ОГ). Для выполнения перспективных экологических стандартов, дизель должен быть оборудован комбинированной системой нейтрализации, использующей разные типы катализаторов и фильтров - окислительный катализатор для удаления СО, СН и окисления NO в NO₂; сажевый фильтр для удержания дисперсных частиц (ДЧ) и конвертирования их в фазе регенерации; восстановительный катализатор для преобразования NO_x в молекулярный азот.

Целью настоящей работы является разработка перспективной системы нейтрализации (ПСН) ОГ, обеспечивающей выполнение экологических норм Евро-5 современным дизелем автотранспортного средства (АТС).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка ПСН и отдельных ее элементов базировалась на результатах анализа современных технологий каталитической нейтрализации ОГ дизелей, сравнительной оценке вариантов возможных решений, патентных исследованиях, математическом моделировании физико-химических процессов в системе нейтрализации, использовании при конструировании методов 3D, CAD и CFD моделирования. Эффективность ПСН оценивалась по результатам испытаний в модельных условиях и на двигателе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате анализ разных комбинаций катализаторов и сажевого фильтра принята следующая схема ПСН – дизельный окислительный нейтрализатор (ДОН) + каталитический сажевый фильтр (КСФ) с системой активной регенерации + селективно-восстановительный нейтрализатор (СВН) с системой дозирования восстановителя. СВН разработан в двух вариантах: с использованием водорода (вариант А) или раствора карбамида (вариант Б) в качестве восстановителя NO_x. По сравнению с альтернативной схемой - ДОН + СВН + КСФ, принятая схема позволяет использовать пассивную (низкотемпературную) регенерацию сажевого фильтра, что обеспечивает меньший расход топлива на регенерацию КСФ и соответственно меньшие выбросы парникового газа CO₂. По сравнению с другой возможной альтернативой - ДОН + КСФ + бедный NO_x адсорбер, принятая схема обеспечивает: повышенную конверсию NO_x при высоких температурах ОГ; меньший расход топлива, связанный с восстановлением NO_x и периодической десульфатацией адсорбера; пониженную склонность к отравлению серой; повышенную долговечность.

Конструкция ПСН разработана применительно к модифицированному 4-цилиндровому дизелю типа ЗМЗ-514.10 рабочим объемом 2,24 л с непосредственным впрыском, турбонаддувом, охладителями надувочного воздуха и рециркулируемых ОГ, обеспечивающего выполнение экологических норм Евро-4. Элементы конструкции ПСН выбраны с учетом достижения синергетического эффекта.

Для этого в качестве активного компонента окислительного нейтрализатора применен алюмоплатиновый катализатор Pt/Al₂O₃, обеспечивающий не только уменьшение концентрации СО, СН и ДЧ в ОГ, но также пассивную регенерацию фильтра и улучшенную низкотемпературную активность расположенного ниже по потоку СВН (вариант Б) за счет окисления части NO, присутствующих в ОГ в NO₂. В сажевом фильтре использован Pt катализатор, который позволяет дополнительно увеличить концентрацию NO₂ необходимую для повышения низкотемпературной активности СВН (вариант Б) и пассивной регенерации фильтра. Активную регенерацию обеспечивает периодическая подача топлива, повышающая температуру ОГ в фильтре до 550-850оС, при которой происходит выжигание накопленных частиц сажи кислородом.

Варианты селективно-восстановительного нейтрализатора А и Б различаются между собой материалом каталитического покрытия и системами дозирования восстановителя. Для восстановления NO_x водородом (вариант А) применен катализатор Ag/Al₂O₃, для восстановления раствором карбамида (вариант Б) – катализатор Cu/Zeolite. Для нейтрализации аммиака на выходе из СВН (вариант Б) установлен окислительный нейтрализатор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительные экологические испытания обоих вариантов ПСН показали, что их эффективность достаточна для выполнения экологических требований Евро-5. Более эффективную очистку модельных газов от NO_x обеспечивает вариант Б.

Работа по созданию перспективной системы нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.