Экспериментальные исследования перспективных систем нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов дизельных двигателей

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

Выполнение дизелем перспективных экологических стандартов Евро-5 и Евро-6 требует реализации комплекса мер по конструкции и рабочему процессу двигателя, по системе нейтрализации отработавших газов (ОГ), особенно NOx и дисперсных частиц (ДЧ), а также использования дизельного топлива с очень низким содержанием серы (порядка 10-15 ppm). При этом ключевым фактором является создание высокоэффективной перспективной системы нейтрализации (ПСН) ОГ. В НГТУ совместно с МАМИ разработаны и исследованы несколько вариантов 4-компонентных ПСН. В настоящей статье приведены результаты экспериментальных исследований двух вариантов ПСН, использующих в качестве восстановителя NOx водород и карбамид.

Цель работы – экспериментальные исследования эффективности двух вариантов ПСН.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись два варианта макетов ПСН: 1) вариант А, включающий окислительный нейтрализатор, сажевый фильтр с системой активной регенерации и селективный нейтрализатор восстановления NOx с системой подачи восстановителя (водорода); 2) вариант Б, отличающийся от варианта А конструкцией селективного нейтрализатора восстановления NOx с системой подачи восстановителя (раствора карбамида).

Окислительный нейтрализатор объемом 1,8 л с катализатором Pt/Al2O3 предназначен для окисления CO, CH, органических фракций ДЧ, а также NO до NO2 используемых для низкотемпературной (пассивной) регенерации смежного сажевого фильтра объемом 5,4 л. Селективно-восстановительный нейтрализатор А объемом 7,3 л с катализатором Ag/Al2O3 и Б с катализатором Cu/Zeolite предназначены для восстановления NOx с использованием водорода или раствора карбамида соответственно.

Исследования макетов ПСН (варианты А и Б) были выполнены на моторном стенде в составе модифицированного 4-цилиндрового дизеля 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. При этом в ходе работ вместо системы нейтрализации модифицированного дизеля последовательно устанавливались оба варианта макетов ПСН.

Концентрация вредных веществ в ОГ на входе и выходе из макета типовой ПСН измерялась газоаналитическим оборудованием, параметры которого соответствуют требованиям Правил ЕЭК ООН № 49/03. Система отбора проб предусматривала измерение, как газообразных вредных выбросов, так и дисперсных частиц в ОГ двигателя. Концентрация CO и CO2 измерялась недисперсионным инфракрасным методом, концентрация углеводородов - пламенно-ионизационным методом, концентрация NOx – хемилюминисцентным методом. Масса ДЧ в ОГ определялась гравиметрически методом фильтрации.

В ходе стендовых испытаний определялись удельные значения вредных выбросов с ОГ на 13 стационарных режимах испытательного цикла ESC Правил ЕЭК ООН № 49/03. Уровни очистки отработавших газов от CO, CH, NOx и ДЧ оценивались коэффициентами конверсии по результатам расчетов удельных выбросов токсичных компонентов в ОГ [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате исследования макета ПСН варианта А, установленной на дизельном двигателе типа ЗМЗ-514.10, удельные выбросы CO, CH, NOx и ДЧ составили 0,762, 0,082, 1,87 и 0,017 г/кВтч соответственно.

Макет ПСН варианта Б, установленной на дизельном двигателе типа ЗМЗ-514.10, обеспечил снижение удельных выбросов CO, CH, NOx и ДЧ до 0,761, 0,083, 1,69 и 0,017 г/кВтч соответственно.

Полученные результаты сравнивались с требованиями Евро-5: CO=1,5 г/кВтч, CH=0,46 г/кВтч, NOx=2,0 г/кВтч и ДЧ=0,02 г/кВтч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные исследования двух вариантов макетов ПСН, с водородом (вариант А) и раствором карбамида (вариант Б) в качестве восстановителя в составе модифицированного дизеля типа ЗМЗ-514.10 показали эффективность обоих вариантов и возможность выполнения с их помощью экологических требований Евро-5 за счет снижения выбросов CO на 86%; CH на 77%; NOx на 63% (вариант А) и 70% (вариант Б); ДЧ на 75%. В целом лучшие результаты обеспечивал вариант Б.

Работа по экспериментальному исследованию макетов ПСН отработавших газов дизельных двигателей проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heywood J.B. «Internal Combustion Engine Fundamentals», McGraw-Hill, Inc.,1988.