Литература

1. Микулин, Ю.В. Пуск холодных двигателей при низкой температуре / Ю. В. Микулин, В. В. Карницкий, Б. А. Энглин. – М.: «Машиностроение», 1971. – С 62-73
2. Найман, В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях / В. С. Найман. – Москва: Астрель, 2007. – 160 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: учеб. пособие для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров и [др.]; под общ. ред // издание второе, переработанное. – М.: «Высшая школа», 2005. – С. 382 – 385.

УДК 621.436

Методы снижения эмиссии вредных веществ в отработавших газах дизельных двигателей

Кухаренок Г. М., Зеленков А. А.
Белорусский национальный технический университет

Неуклонное увеличение потребления топлива на транспорте приводит к росту объема поступающих в атмосферу вредных веществ. Транспорт представляет собой источник значительных выбросов в атмосферу твердых частиц, оксидов азота NO_x, оксидов углерода CO и CO_2.

Снижения уровня выбросов токсических веществ с отработавшими газами двигателей можно достичь: воздействием на рабочий процесс (уменьшение образования этих веществ в процессе сгорания), оборудованием двигателя системами нейтрализации выпускных газов, применением топлив, продукты сгорания которых содержат меньше токсичных компонентов.

Для очистки ОГ от твердых частиц применяется фильтр твердых частиц – сажевый фильтр. Регенерация сажевого фильтра осуществляется при повышении температуры отработавших газов (до 600…650^{0}C) за счет периодического впрыскивания топлива в зону реакции. При наличии системы регенерации фильтр твердых частиц присоединяется к окислительному нейтрализатору, который окисляет содержащийся в отработавших газах оксид азота NO в диоксид азота NO_2.

Для дожигания продуктов неполного сгорания топлива – CH и CO – применяют термические и каталитические нейтрализа-

торы. Термический нейтрализатор применяется в двигателях с принудительным воспламенением и представляет собой камеру сгорания, размещенную в выпускной системе двигателя. Реакции окисления CO и CH протекают достаточно быстро при температуре свыше 830^{0}C и при наличии в зоне реакции несвязанного кислорода. Термические нейтрализаторы недостаточно эффективны на режимах холостого хода и малых нагрузок, вследствие низкой температуры отработавших газов. Применение в окислительных нейтрализаторах катализатора в виде благородных металлов (платины, палладия, родия) обеспечивает достаточно высокую скорость окисления CO и CH при сравнительно невысоких температурах (300 – 400^{0}C) и выгорание сажи при 580^{0}C.

В случае жидкостного катализатора отработавшие газы проходят через слой жидкости, в которой в зависимости от её состава связываются или растворяются токсичные компоненты (главным образом альдегиды, частично оксиды азота и сажа). Процесс осуществляется при сравнительно низкой температуре (40-80^{0}C).

Основным токсичным компонентом отработавших газов дизелей принято считать оксиды азота. Примерно 95% оксидов азота в дизельном двигателе состоят из монооксида азота – NO, который образуется по термическому механизму в результате окисления атмосферного азота в зоне продуктов сгорания при высокой температуре, содержащимся там свободным кислородом.

Для снижения температуры сгорания и как следствие уменьшения выбросов оксидов азота применяется ряд мероприятий:

– уменьшение угла опережения впрыска топлива и применения многоступенчатого впрыска;

– использование водно-топливной эмульсии. Эмульсия образуется вследствие тщательного перемешивания топлива с водой в различных пропорциях до получения гомогенной смеси. Впрыск эмульсии в цилиндр позволяет снизить максимальную температуру сгорания. На дизелях снижения максимальной температуры сгорания также можно достичь путем впрыска воды в конце процесса сгорания;

– понижения степени сжатия;

– применение рециркуляции отработавших газов.

Смысл рециркуляции отработавших газов заключается в перепуске их части во впускную систему. Добавление отработавших газов в воздушный заряд приводит к уменьшению содержания в нем кислорода. Вследствие этого снижается температура продуктов сгорания за фронтом пламени, что приводит к уменьшению интенсивности образования NO_x. Кроме того, входящие в состав рециркулируемых газов CO_2 и H_2O имеют большую по сравнению с воздухом теплоемкость. В результате этого снижаются локальные и средние температуры рабочего цикла.

Наилучшую эффективность снижения выбросов оксидов азота имеет окислительный нейтрализатор. Принцип работы заключается в применении специального селективного катализатора SCR с дозированным впрыском мочевины (дозирование мочевины осуществляется электромагнитной форсункой). В ходе процесса происходит реакция восстановления NO и NO_2 мочевиной NH_3 с образованием азота и водяного пара:

$$NH_3 + NO_2 \rightarrow H_2O + N_2. \quad (1)$$

Комплексную очистку отработавших газов от токсичных компонентов обеспечивают комбинированные системы очистки, которые дают возможность фильтрации твердых частиц и максимально эффективного снижения уровня эмиссии NO_x. Примером могут служить следующие совокупности компонентов и систем:

– на первом этапе системой рециркуляции отработавших газов снижается уровень эмиссии NO_x, на втором этапе фильтром твердых частиц достигается снижение содержания твердых частиц в отработавших газах;

– на первом этапе происходит непрерывное окисление сажи фильтром с каталитическим покрытием, на втором этапе достигается снижение уровня эмиссии NO_x. системой селективного каталитического восстановления SCR.

Литература

1. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. – 2-е изд., перераб. и доп.– Москва: Изд-во МГТУ, 2002.

2. Звонов, В. А. Образование загрязнений в процессах сгорания / В. А. Звонов. – Луганск: Изд-во Восточноукраинского государственного университета, 1998. – 126 с.

3. EGR System in a Turbocharged and Intercooled Heavy-Duty Diesel Engine. Expansion of EGR Area with Venturi EGR System. Technical Review, 2003, № 15.
4. Taking the Diesel Engine into the Future. DAUS Tryck&Media AB Sundsvall, Sweden, May 2004.

УДК 621.436

Влияние параметров системы рециркуляции на показатели рабочего процесса и содержание NO_x в отработавших газах дизелей

Зеленков А. А., Петрученко А. Н.
Белорусский национальный технический университет

Чтобы уменьшить загрязнения окружающей среды вредными компонентами отработавших газов автомобильных двигателей внутреннего сгорания, допустимые предельные значения уровня эмиссии данных веществ в последние годы неуклонно уменьшаются. Для этого транспортные средства имеют дополнительные системы, ограничивающие уровень эмиссии отработавших газов.

Ни один двигатель внутреннего сгорания не обеспечивает полного сгорания топливовоздушной смеси даже при избытке кислорода. Чем хуже протекает процесс сгорания рабочей смеси, тем выше уровень эмиссии вредных веществ.

При сгорании топливовоздушной смеси выделяются многочисленные продукты неполного сгорания и побочных реакций, протекающих при сгорании топлива, основными из которых являются: монооксид углерода (CO); углеводороды (CH), оксиды азота (NO_x) и твердые частицы.

Из-за высокой опасности для окружающей среды основным токсичным компонентом отработавших газов двигателей принято считать оксиды азота. Наиболее высокий выход оксидов азота в дизелях поскольку сгорание топливовоздушной смеси у них происходит при избытке воздуха и как следствие с незначительным образованием монооксида углерода и углеводородов.

Эффект уменьшения интенсивности образования NO_x при использовании рециркуляции отработавших газов объясняется уменьшением содержания кислорода в рабочей смеси, замедле-