

## **УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

*М.П. Грабец*

Проведены испытания дизельного двигателя с использованием нейтрализатора отработавших газов. Сформулированы выводы по результатам, полученным в ходе испытаний.

Ключевые слова: дизель; экология; испытания; уменьшение вредных выбросов.

Основной проблемой, встающей перед конструкторами дизелей, является понижение вредных выбросов с отработавшими газами, это достигается или изменением конструкции, или установкой нейтрализаторов отработавших газов и противосажевых фильтров.

Нейтрализаторы бывают трех типов: каталитические, термические и жидкостные. Каталитические нейтрализаторы бывают двух типов: окислительные и восстановительные [1].

Нейтрализаторы, существующие в настоящее время, не обеспечивают одновременного снижения оксидов азота и твердых частиц. Если они снижают оксиды азота, то при этом твердые частицы остаются – это их главный недостаток, поэтому необходимо использовать дополнительные системы – сажевые фильтры.

Одной из основных проблем для всех типов и конструкций фильтров является их регенерация, т.е. восстановление функциональных свойств. Лучшие образцы зарубежных фильтров способны эффективно работать в течение 10...12 часов, после чего их сопротивление становится недопустимо высоким из-за большого скопления твердых частиц. Регенерация обычно производится

посредством выжигания частиц за счет разогрева фильтра либо электроэнергией, либо пропускания горячих газов от автономной горелки. Температура фильтра, при этом, должна быть не менее 800 °С. Продолжительность регенерации 3...5 мин. Для гарантированного выгорания сажи поверхность каналов фильтра покрывают катализатором: обычно, благородными металлами или медью, что приводит к снижению температуры воспламенения сажи с 600...700 до 300...400 °С. Система регенерации включает в себя топливную горелку с подачей дизельного топлива (хотя возможно использование бензина, газа и других топлив), устанавливаемую до фильтрующего блока по ходу движения отработавших газов.

Южно-Уральским государственным университетом (ЮУрГУ) было предложено использовать каталитический нейтрализатор типа «КНД-Рила».

Каталитический нейтрализатор «КНД-Рила» предназначен для снижения концентрации вредных компонентов отработавших газов дизельных двигателей (в том числе «тяжелых») и может устанавливаться на любые транспортные средства.

Рабочим веществом нейтрализатора «КНД-Рила» является катализатор типа «РИЛА». Этот катализатор нечувствителен к каталитическим ядам, включая диоксид серы, что позволяет использовать стандартное, а не специальное дизельное топливо с низким (менее 50 ppm) содержанием серы. Катализатор начинает действовать при температуре отработавших газов выше 200 °С, но также не менее эффективно и устойчиво работает при температуре газов выше 280 °С.

Нейтрализатор предназначен для обезвреживания основных вредных компонентов отработавших газов – вредных частиц и оксидов азота. Из-за высокого содержания кислорода в отработавших газах дизельных двигателей степень восстановления NOx зависит от содержания CO, CH и вредных частиц в отработавших газах, что не вызывает необходимость дополнительной подачи воздуха. Достигаемая степень нейтрализации составляет: до 80 % – для оксида углерода (II), до 70 % – для углеводородов, до 30 % – для оксидов азота и до 70 % – для вредных частиц. Комплексная эффективность нейтрализации отработавших газов, с учетом относительной токсичности вредных компонентов, при использовании «КНД-Рила», может достигать 40 % («KND-Rila». Technical description. Bulgaria, 2000. 3 p.).

Катализатор не является фильтром для сокращения дымности, а действует как химически активный катализатор, который «дожигает» органические вещества и самую вредную часть отработавших газов, в которой содержатся тяжелые нефтяные фракции с высокой канцерогенностью.

Важное качество «КНД-Рила» то, что при ухудшенных характеристиках (по содержанию вредных компонентов) режима работы двигателя, степень нейтрализации отработавших газов повышается.

В нейтрализаторе в качестве носителя используются гранулы окиси алюминия, обеспечивающие самоочистку в процессе работы двигателя за счет вибрации.

Наилучшей схемой реактора с применением гранулированного катализатора является схема, в которой выпуск отработавших газов осуществляется в верхнюю зону реактора. Затем газы «продавливаются» через катализатор, с одновременным «прижатием» гранул к нижней сетке. Это позволяет избежать эффекта «вспенивания» и механического повреждения гранул. Выпуск производится через нижнюю часть реактора. Такая схема обеспечивает наиболее эффективную работу каталитического нейтрализатора.

Ниже приведены достоинства нейтрализатора «КНД-Рила»:

1. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами до 40 %.
2. В состав активного вещества не входят драгоценные и редкоземельные элементы.
3. Для работы нейтрализатора не требуется дизельное топливо с пониженным содержанием серы. Двигатель может работать на обычном топливе.
4. Температура отработавших газов, при которой начинает функционировать нейтрализатор – 200 °С, что позволяет использовать нейтрализатор для любых типов дизелей широкого диапазона мощности.
5. Нейтрализатор не требует обслуживания в течение длительного времени (до 100 000 км пробега).
6. Более эффективное, по сравнению с обычным глушителем, снижение шума выпуска.
7. Снижение сопротивления на выпуске по сравнению с серийными системами нейтрализации, что влечет уменьшение удельного расхода топлива.

Методика проведения экспериментального исследования заключается в том, что нейтрализатор «КНД-Рила» устанавливается на дизель четырехтактный, четырехцилиндровый с рядным расположением цилиндров (установка производится именно на этот дизель, потому что он устанавливается на большое количество тракторов) и испытывается в несколько этапов:

1. Определение параметров назначения, дымности, выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля в исходной комплектации (без нейтрализатора).
2. Определение параметров назначения, дымности, выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля с каталитическим нейтрализатором отработавших газов «КНД-Рила».
3. Определение параметров назначения, дымности, выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля с устройством, имитирующим сопротивление нейтрализатора (для определения эффективности работы нейтрализатора).

4. Оценка влияния направления движения потока отработавших газов в нейтрализаторе на параметры назначения, дымности, выбросов вредных веществ с отработавшими газами (для определения эффективности работы нейтрализатора).

Испытания проводились по восьмирежимному циклу ГОСТ Р 41.96-2011, представленному в таблице 1 [2].

В соответствии с методикой испытаний, с целью оценки влияния сопротивления нейтрализатора и глушителя на параметры дизеля, были определены параметры дизеля в комплектации с имитатором сопротивления. Необходимость проведения этого этапа обусловлена тем, что в базовой комплектации дизеля, отсутствует глушитель, обладающий определённым сопротивлением, которое нужно учитывать.

Таблица 1

Восьмирежимный цикл

Номер режима	Число оборотов двигателя	Нагрузка, в %
1	Номинальное	100
2	Номинальное	75
3	Номинальное	50
4	Номинальное	10
5	Промежуточное	100
6	Промежуточное	75
7	Промежуточное	50
8	Холостой ход	–

Исходя из полученных значений удельных выбросов вредных веществ с отработавшими газами и дымности дизеля в комплектации с имитатором нейтрализатора, можно сделать вывод, что нейтрализатор снижает выбросы оксида углерода (II) на 35 %, более низкие значения выбросов объясняются меньшим сопротивлением на выпуске.

Из данных, полученных в ходе проведения испытаний с использованием нейтрализатора ОГ, а также при использовании того же нейтрализатора ОГ (с обратным потоком), следует, что изменение направления потока отработавших газов в нейтрализаторе привело к заметному снижению сопротивления нейтрализатора, некоторому уменьшению удельного расхода топлива и «разнонаправленному» изменению эффективности работы нейтрализатора, в частности, удельные выбросы оксидов азота и дымность отработавших газов незначительно возросли, выбросы углеводородов, а также суммарных выбросов оксидов азота и неметановых углеводородов (NO<sub>x</sub>+NMHC) существенно снизились. Отсюда следует, что целесообразность применения данного технического решения зависит от величины выбросов конкретного двигателя.

Описание результатов проведенного экспериментального исследования приведено ниже:

1) наибольший эффект на выбросы вредных частиц нейтрализатор дает на малых нагрузках, в то время как на режиме номинальной мощности и максимального крутящего момента удельные выбросы двигателя с нейтрализатором превышают базовые (вероятной причиной этого является повышение гидродинамического сопротивления выпускного тракта, что влечет ухудшение рабочего процесса);

2) на концентрацию оксидов азота нейтрализатор оказывает противоположное влияние. При малых нагрузках выбросы  $\text{NO}_x$  несколько выше, чем при средних и больших, что хорошо согласуется с теорией рабочих процессов (чем больше выбросы вредных частиц, тем меньше выбросы оксидов азота и наоборот);

3) на выбросы углеводородов нейтрализатор на всех режимах оказывает однозначно положительное влияние;

4) наибольший эффект на концентрацию  $\text{CO}_2$  нейтрализатор оказывает на режиме максимального крутящего момента, на остальных режимах выбросы оксида углерода (II) увеличиваются (этот факт соответствует информации разработчика нейтрализатора «КНД-Рила» и объясняется особенностями химических реакций на поверхности катализатора);

5) наблюдается увеличение на 50...100 °С температуры отработавших газов после турбокомпрессора вследствие увеличения гидродинамического сопротивления выпускного тракта.

Таким образом, исходя из результатов, полученных в ходе экспериментального исследования можно сделать вывод о том, что установка системы нейтрализации отработавших газов позволяет понизить выбросы: вредных частиц – на 36 %, оксидов азота – на 8 %, оксида углерода (II) – на 35 %, углеводородов – на 73 %. Следовательно, можно считать использование нейтрализатора «КНД-Рила» перспективным на различных дизелях.

Изменение направления течения отработавших газов через нейтрализатор приводит к снижению потерь давления в нейтрализаторе на 13 % (на режиме номинальной мощности) и на 21 % (на режиме максимального крутящего момента), уменьшению удельных выбросов углеводородов в 3 раза, выбросы оксидов азота, углерода (II) и дымность отработавших газов практически не изменяются.

#### Библиографический список

1. Звонов, В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В.А. Звонов. – 2-е изд., перер. – М.: «Машиностроение», 1981. – 160 с.

Наука ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции  
Секции технических наук

2. ГОСТ Р 41.96-2011. Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями. – М.: Стандартинформ, 2013. – 64 с.