

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Боков К.С. - аспирант, Бразовский Н.В. - студент, Новоселов А.Л. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При эксплуатации каталитических нейтрализаторов наблюдается отказы связанные с разрушением каталитических фильтров. По-видимому это может быть связано с высоким уровнем их тепловой напряженности вызванной высокой температурой, а также линейным расширением фильтров при нагреве.

Для изучения тепловой напряженности пористых проникаемых металлокерамических каталитических фильтров нейтрализаторов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания разработана, создана и использована специальная установка, схема которой представлена на рисунке 1. На рисунке не изображен источник отработавших газов - двигатель внутреннего сгорания.

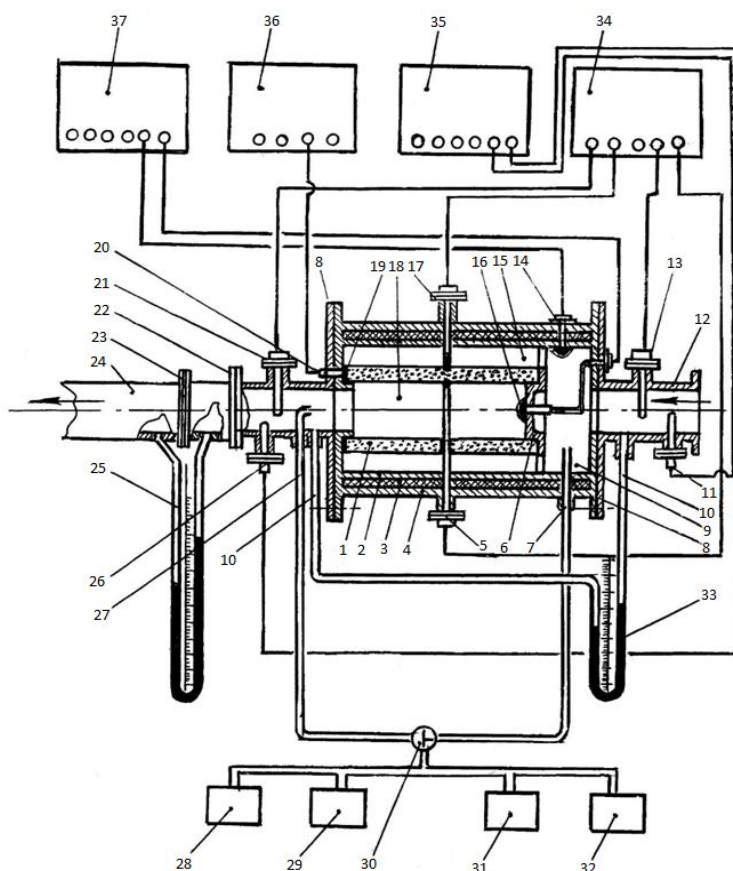


Рисунок 1 - Установка для изучения тепловой напряженности пористых проникаемых каталитических фильтров нейтрализаторов отработавших газов

Основным узлом установки является реактор. Он состоит из корпуса с внешними 4 и внутренними 2 стенками, между которыми размещен теплоизолирующий слой 3. Корпус реактора оснащен торцевыми крышками 8. Реактор разделен перегородкой 6 с окнами по внешнему периметру. В полости реактора 15 на бонках торцевой крышки и перегородки установлен образец пористого проникаемого каталитического фильтра 1 с термокомпенсационным кольцом 19. Для изменения температур у внутренних и внешних поверхностей каталитического фильтра установлены термомпары 5 и 17 типа ХА, а для контроля температур на входе в реактор и выходе - термомпары 13 и 21 типа ХА.

Здесь же, во впускной патрубке 12 и выпускной 22 установлены газоотборники 10 и 27, л - зонды 11 и 26. В перегородках 6 и корпус реактора установлены датчики 14 и 16 контроля

свечения газов. В торцевую крышку вмонтирован тензодатчик 20 для контроля теплового расширения материала каталитического фильтра. Полости впускного и выпускного патрубков соединены через жидкостный пьезометр 33 патрубками 10. На выпуске установлено измерительное устройство 23 с мерной шайбой и пьезометр 25 для контроля расхода отработавших газов через реактор вмонтированное в выхлопную трубу 24.

Установка оснащена электрическим потенциометром 34 для регистрации температур, потенциометром 35 фиксирующим наличие кислорода по сигналам  $l$  - зондов, тензометрической станцией 36, фиксирующей тепловое расширение материала фильтра под действием температуры отработавших газов, прибором 37 для регистрации интенсивности излучения в полостях 9 и 18 реактора.

Газоаналитическая аппаратура к зондам 7 и 27 подключалась через трехходовой кран 30 попеременно и включала в себя газоанализатор 28 марки MEHA - 321E фирмы "Hogiba" (Япония) для определения содержания углеводородов  $C_xH_y$  (суммарно), газоанализатор 29 марки "Hartridge - 904" (Великобритания) для определения содержания оксида углерода CO, газоанализатор 31 марки "RS - 325L" фирмы "Riken Keiki" (Япония) для определения содержания оксидов азота  $NO_x$  (суммарно), дымомер 32 марки EFAW - 78 фирмы BOSCH (ФРГ).

Изменение состава и температуры отработавших газов достигается путем изменения нагрузки дизеля, а изменение количества отработавших газов (расхода) - за счет изменения частоты вращения коленчатого вала.

Эта установка позволяет оценить температурные напряжения пористого металлокерамического фильтра. Получить данные о температуре в реакторе нейтрализатора отдельно на внутренней и наружной поверхностях фильтра, контроль и изменение давления и температуры отработавших газов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАЛЛАДИЯ В КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРАХ  
Печенникова Д.С. - аспирант, Васильев И.В. - студент, Медведев Г.В. – к.т.н., докторант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что с использованием каталитических СВС-материалов с содержанием палладия Pd около 0,3 % по массе по нагрузочной характеристике при 2600 мин<sup>-1</sup> при значениях среднего эффективного давления 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами снижаются соответственно на 15...60...65 %.

Низкая эффективность очистки от NO<sub>x</sub> на режимах малых нагрузок объясняется тем, что температура отработавших газов 790 К, соответствующая активному воздействию катализатора Pd на процессы восстановления оксидов азота, появляется, начиная со значения среднего эффективного давления P<sub>е</sub>=0,52 МПа. Приняты следующие обозначения: C<sub>NO<sub>x</sub></sub>, C<sub>CO</sub>, C<sub>C<sub>x</sub>H<sub>y</sub></sub>, C<sub>тч</sub> - содержание в отработавших газах соответственно оксидов азота, оксида углерода, углеводородов, твердых частиц, г/м<sup>3</sup>; б - коэффициент избытка воздуха; T<sub>ог</sub> - температура отработавших газов, К; G<sub>в</sub> - расход воздуха, кг/ч; G<sub>т</sub> - расход топлива, кг/ч; g<sub>е</sub> - удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч).

При значениях среднего эффективного давления в цилиндрах дизеля 0,35...0,55...0,78 МПа выбросы оксида углерода CO снижаются по нагрузочной характеристике соответственно на 75...86...92 %. Активное воздействие катализатора Pd на процессы доокисления CO начинается с температуры отработавших газов 520 К, а такая температура соответствует значению среднего эффективного давления P<sub>е</sub>=0,10 МПа.

При указанных выше значениях среднего эффективного давления при 2600 мин<sup>-1</sup> выбросы с отработавшими газами углеводородов C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (суммарно) снижаются соответственно на 50...84...83 %. Высокая эффективность очистки отработавших газов от C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> объясняется тем, что палладий Pd воздействует на процессы доокисления углеводородов, начиная уже с температуры 450 К, что соответствует удельному эффективному давлению P<sub>е</sub>=0,4 МПа.

Испытания, проведенные по внешней скоростной характеристике при 1400...2600 мин<sup>-1</sup> показали, что эффективность катализатора с использованием Pd по снижению выбросов оксидов азота NO<sub>x</sub> с отработавшими газами при частотах вращения коленчатого вала дизеля n=1400...1800...2200...2600 мин<sup>-1</sup> составила соответственно 65...58...50...46 %. Высокая эффективность очистки газов от NO<sub>x</sub> объясняется тем, что температуры отработавших газов составляют соответственно 820...855...890...920 К.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов оксида углерода CO по внешней скоростной характеристике при n=1400...1800...2200...2600 мин<sup>-1</sup> составила 95...92...91...86 % соответственно. Несмотря на то, что диапазон активного воздействия Pd на доокисление азота лежит в пределах 520...820 К, а температуры газов по внешней скоростной характеристике изменяются в пределах 820...920 К, катализатор продолжает действовать на процессы окисления.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов углеводородов по внешней скоростной характеристике при n=1400...1800...2200...2600 мин<sup>-1</sup> характеризуется 84...94...96...91 % соответственно. Температурный диапазон наивысшей эффективности катализатора Pd изменяется от 450 до 850 К, а эффективность очистки достигает 92 %.

Рассматривая результаты снижения выбросов твердых частиц с отработавшими газами, следует учитывать, что все рассматриваемые пористые проницаемые каталитические материалы с одинаковыми пористостью, проницаемостью, извилистостью пор, толщинами стенок и относительными площадями фильтрующей поверхности при одинаковых режимах работы дизеля должны иметь и одинаковую эффективность очистки газов от твердых частиц. Однако обнаружено, что эффективность очистки отработавших газов при использовании различных катализаторов различается. Это можно объяснить тем, что в присутствии ряда катализаторов уменьшается температура воспламенения дизельной сажи и она полнее выгорает на поверхностях пористых проницаемых блоков нейтрализаторов или сажевых фильтров.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов твердых частиц по нагрузочной характеристике при  $P_e=0,35...0,55...0,78$  МПа при  $2600 \text{ мин}^{-1}$  составила соответственно 50...88...84 %, по внешней скоростной характеристике при  $n=1400...1800...2200...2600 \text{ мин}^{-1}$  составила соответственно 91...87...80...83 %.

В результате сравнения эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества на 18-20 % при использовании в составе материала палладия Pd.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОДИЯ В КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРАХ

Беляев Л.Н. - аспирант, Гайдабура А.А. - студент,  
Новоселов А.А. - к.т.н., инженер, Мельберт А.А. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В целях получения заключения о целесообразности использования родия в качестве катализатора в составе СВС-блоков каталитических материалов были проведены испытания по 13-режимному циклу ЕЭК ООН (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние содержания родия в каталитических блоках на удельные оценочные показатели вредных выбросов дизеля 8С12/12 с каталитическим нейтрализатором

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт·ч)					
	Допустимые уровни		Уровни выбросов реальные			
	Требования ЕВРО-4	Требования ЕВРО-5	без КН	с КН		
				I*	II*	III*
$q_{\text{оц}} \text{NO}_x$	3,50	2,00	8,86	4,87	4,16	3,72
$q_{\text{оц}} \text{CO}$	1,50	1,50	4,93	0,74	0,59	0,49
$q_{\text{оц}} \text{C}_x\text{H}_y$	0,46	0,25	1,23	0,37	0,33	0,27
$q_{\text{оц}} \text{ТЧ}$	0,02	0,02	0,40	0,04	0,04	0,04

\* I, II, III - варианты каталитических блоков с различным содержанием родия

Как видно из данных таблицы 1, выполнения показателей норм выбросов для данного типа дизелей по ЕВРО-4 в случае применения каталитического нейтрализатора с блоками, содержащими родий, по выбросам оксидов азота можно достичь при увеличении его дозировки предположительно до 0,32 % по массе. Нормы ЕВРО-5 выполняются при дозировке 0,3 % по выбросам оксида углерода и углеводородов. Для выполнения норм выбросов по твердым частицам необходима доработка сажевых фильтров или создание мелкопористых развитых по поверхности фильтров, что в принципе возможно методами СВС-технологий.

На рисунке 1 показана эффективность очистки отработавших газов дизеля 8С12/12 в СВС-блоках каталитического нейтрализатора с различным содержанием родия по внешней скоростной характеристике.

Применение родия в качестве катализатора в СВС-блоках нейтрализаторов для дизелей дает возможность вывода дизелей по вредным выбросам на уровень норм ЕВРО-4 и частично ЕВРО-5.

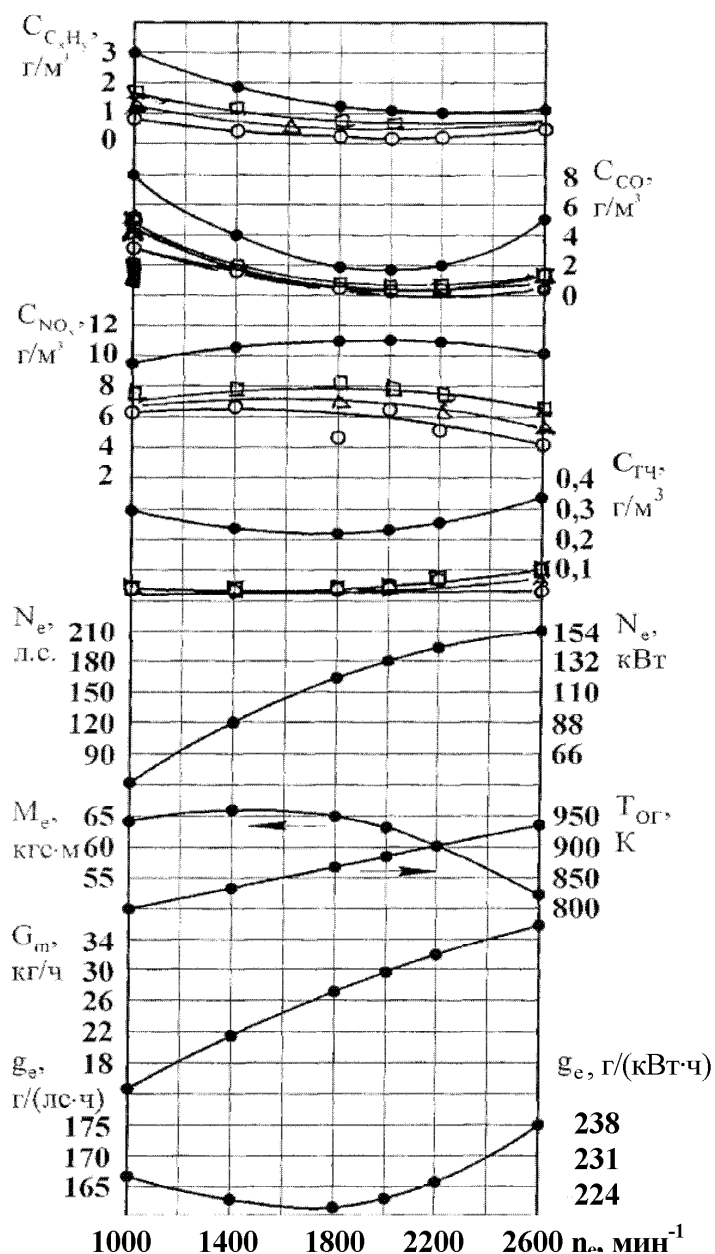


Рисунок 1 - Эффективность очистки отработавших газов дизеля 8Ч12/12 в СВС-блоках каталитического нейтрализатора с различным содержанием родия по внешней скоростной характеристике, где ●-● - без КН, с КН и содержанием родия ○-○ - 0,3%, Д-Д - 0,2%, □-□ - 0,1%

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИРИДИЯ В КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРАХ  
Шуцкая Л.С. - аспирант, Дериш С.Д. - студент, Новоселов А.Л. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Введение в состав шихты иридия приводит к повышению каталитических свойств СВС-материалов. Этот факт был отмечен ранее в работах сотрудников АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Однако он не исследовался при одинаковых условиях и на одном составе шихты для получения СВС-материалов.

Таблица 1 - Состав шихты для изготовления пористых проницаемых каталитических блоков нейтрализаторов СВС-технологией

Наименование компонентов	Содержание компонентов в шихте, % по массе		
	I	II	III
Окалина легированных сталей 18ХНВА, 18ХНМА и др.	47,5	47,5	47,5
Оксид хрома	18,0	18,0	18,0
Хром ПХ-1 по ТУ 882-76	5,6	5,6	5,6
Никель ПНК-ОТ-1 по ГОСТ 9722-79	12,4	12,4	12,4
Алюминий по ТУ 485-22-87 марки АСД-1	16,4	16,3	16,2
Иридий	0,1	0,2	0,3

При проведении настоящих исследований выполнялись следующие условия:

- содержание по массе в составе шихты оксида железа, оксида хрома, хрома, никеля составляло суммарно 83,5 % ( $Fe_2O_3$  - 47,5 %,  $CrO_3$  - 18 %, Cr - 5,6 %, Ni - 12,4 %);
- содержание алюминия Al изменялось от 16,4 до 16,2 % в зависимости от содержания иридия от 0 до 0,3 %.

Таблица 2 - Эффективность очистки отработавших газов дизеля при нагрузке  $P_e/P_{e,ном}=100$  %,  $T_{ог}=593$  К в каталитическом нейтрализаторе с СВС-блоками

Наименование вредных выбросов	Эффективность очистки при различных СВС-блоках, %		
	I	II	III
Снижение выбросов оксидов азота	50	60	66
Снижение выбросов оксида углерода	83	91	95
Снижение выбросов углеводородов	63	67	70
Снижение выбросов твердых частиц	90	90,3	91

Дозирование Ir в составе шихты для получения каталитических материалов объясняется двумя причинами. Первая заключается в обнаруженной нецелесообразности увеличения дозировки свыше 0,3 %. Вторая состоит в стоимости Ir как материала. Дозировка в 0,2 % по массе была определена из соображений того, что ее дальнейшее увеличение не дает значительного эффекта по снижению выбросов оксида углерода и оксидов азота.

Зависимости эффективности очистки газов от дозировки иридия в шихту представлены на графиках рисунка 1.

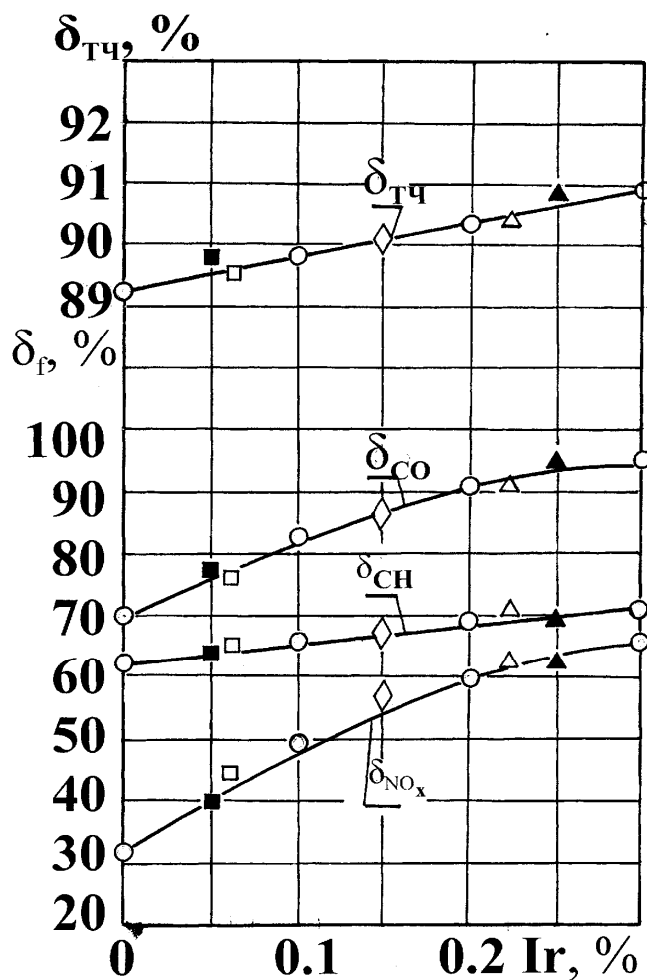


Рисунок 1 - Влияние содержания иридия в каталитическом блоке на качество очистки отработавших газов дизеля при температуре 703 К



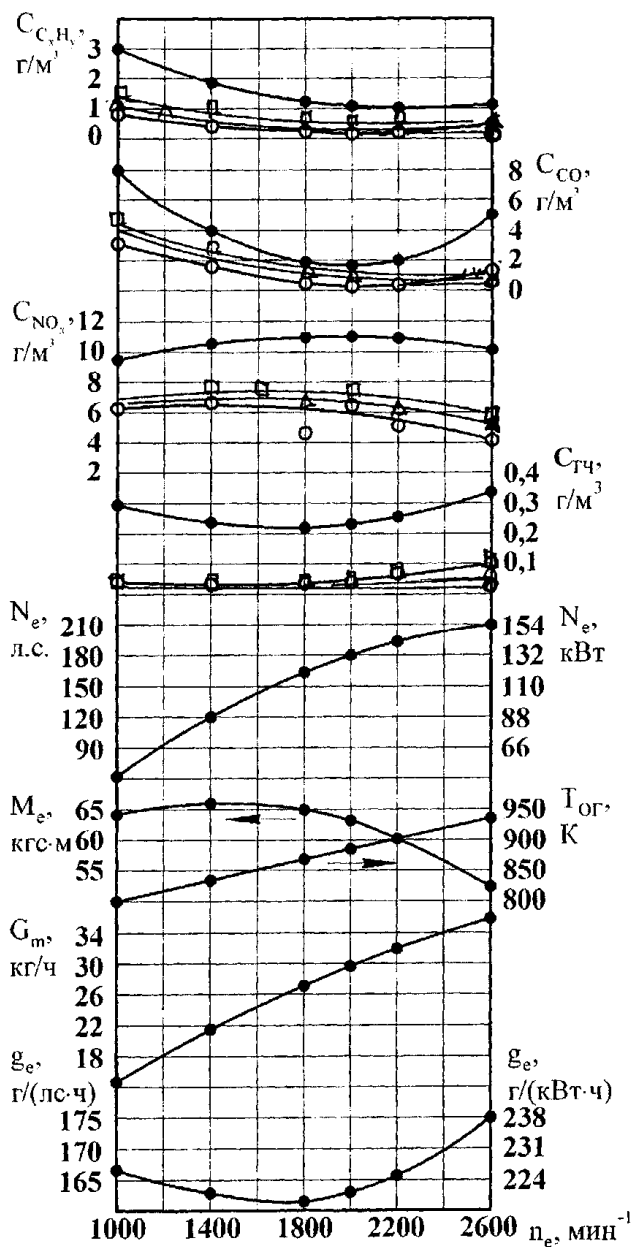


Рисунок 2 - Эффективность очистки отработавших газов дизеля 8Ч12/12 в СВС-блоках каталитического нейтрализатора с различным содержанием иридия по внешней скоростной характеристике, где ●-● - без КИ, с КИ и содержанием иридия о-о - 0,3%, Д-Д - 0,2%, □-□ - 0,1%

Из графиков видно, что повышение эффективности очистки газов от твердых частиц при увеличении содержания иридия до 0,3 % по массе незначительно и находится в пределах ошибки измерений. Незначительно и увеличение эффективности очистки газов от углеводородов - всего на 7 %.

Эффективность очистки газов от оксида углерода увеличивается с 70 до 95 %, а от оксидов азота - с 32 до 65 %.

Все это свидетельствует о том, что при увеличении концентрации иридия в шихте наблюдается проявление каталитических свойств пористого проникаемого СВС-материала. Увеличение концентрации иридия в шихте свыше 0,3 % по массе приводит к резкому повышению стоимости СВС-материалов.

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА ОТРАБОТАВШИХ ТРАКТОРОВ  
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Грабовская Н.Н. - аспирант, Дорофеев Д.О. - студент, Стопорева Т.А. - к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При решении проблемы снижения техногенной нагрузки, создаваемой вредными выбросами дизелей в составе мобильных машин и стационарных установок при механизации процессов в животноводстве были использованы принципы системного подхода. Системный подход базировался на анализе, логике, экономике, прикладной математике и нормативных предписаниях, регулирующие вопросы экологической безопасности в одной из основных отраслей сельскохозяйственного производства - животноводстве.

При системном подходе объекты различной природы представлены в виде системы взаимодействующих элементов. Рассматриваемая система «Окружающая среда - мобильная машина - двигатель» взаимодействует в условиях эксплуатации в сельскохозяйственном производстве. Двигатель работает в условиях случайных воздействий вероятностно статистическом смысле и «перерабатывает» эти условия в энергетические и экологические показатели. Условия работы и качественные показатели есть возможность оценивать. Первые - характером и относительным временем загрузки, вторые - эксплуатационным расходом топлива и уровнями выброса вредных веществ с отработавшими газами.

Рассмотрение проблемы повышения экологической безопасности при механизации процессов в животноводстве с позиций системного подхода требует связывать условия окружающей среды, рельефа местности, режимов эксплуатации техники и видов выполняемых операций в процессе механизации, уровни вредных выбросов двигателей, процессы рассеивания вредных веществ в атмосфере.

Такая система представляет собой целостную совокупность, связанную с каждым из взаимодействующих элементов. К числу определяющих относится человеческий фактор, однако в настоящей работе ему не уделено внимание.

Моделирующая система является сложной, потому, что содержит сложный элемент дизель, установленный в сложном элементе - мобильной машине или стационарной установке.

## ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Логинов А.В. - аспирант, Кузьмин Д.Б. - студент, Новоселов А.А. - к.т.н., инженер  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Промышленность, энергетика и транспорт создают мощную техногенную нагрузку на окружающую среду. В экологии сформировалась новая научная ветвь - промышленно-транспортная экология, изучающая различные аспекты воздействия промышленности, энергетики и транспорта на окружающую среду.

В настоящей работе рассматриваются и решаются только часть проблемы, касающаяся загрязнения окружающей среды источниками - двигателями внутреннего сгорания, в частности дизелями. То есть речь идет об ингредиентных загрязнениях, вызванных воздействием химических веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам. Эти ингредиентные загрязнения касаются, прежде всего, токсичных компонентов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

К мероприятиям, позволяющим снизить воздействие транспорта на окружающую среду, относятся:

- совершенствование нормативно-правовой базы для обеспечения экологической безопасности транспорта в целом и двигателей, в частности;
- создание экологически безопасных конструкций двигателей внутреннего сгорания, эксплуатационных, конструкционных материалов и технологий их производства;
- разработка ресурсосберегающих технологий защиты окружающей среды от транспортных загрязнений;
- разработка алгоритмов и технических средств мониторинга окружающей среды на транспортных объектах и прилегающих к ним территориях, методов управления транспортными потоками и т.п.;
- совершенствование систем управления природоохранной деятельностью на транспорте.

Такое многообразие вопросов не может быть решено в одной работе, поэтому было принято решение ограничить круг исследований и свести его к изучению:

- техногенной нагрузки, создаваемой вредными выбросами дизелей на окружающую среду, структуры техногенной нагрузки;
- создание систем очистки отработавших газов дизелей на базе безотходных технологий;
- совершенствование каталитической очистки газов с замещением благородных и редкоземельных элементов оксидами металлов и интерметаллами.

Отдельные компоненты отработавших газов воздействуют на живые организмы следующим образом. Альдегиды оказывают раздражающее воздействие на слизистые глаз и дыхательных путей. В атмосфере выбросы альдегидов являются одной из причин образования фотохимических смогов. Оксид углерода (СО) нарушает окислительные процессы, реагируя с гемоглобином крови до получения нерастворимого соединения карбоксигемоглобин. Отравление оксидом углерода выражается в появлении головных болей, общей депрессии и резком снижении работоспособности человека вследствие кислородного голодания. Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) при взаимодействии с парами воды образуют азотную и азотистую кислоты, оказывающие разрушающее воздействие на слизистые поверхности легких человека и животных, поражают слизистую оболочку глаз, сердечнососудистую систему. Твердые частицы сами по себе не опасны, но являются накопителями канцерогенных веществ, вызывают аллергические заболевания, повышение злокачественных опухолей. Составляющие отработавших газов могут обладать мутагенными и канцерогенными свойствами. Например, амины являются умеренно токсичными, но в атмосфере образуют канцерогенные нитрозо- и нитроамины.

Оксид углерода СО оказывает удушающее действие и обладают токсичностью. Углеводороды  $\text{C}_x\text{H}_y$  обладают токсичностью и раздражающим действием, имеют неприятный запах.

Оксиды азота  $\text{NO}_x$  обладают удушающими, токсичными и раздражающими действиями. Альдегиды кроме токсичности обладают неприятным запахом. Бенз-б-пирен  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$  канцероген. Сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$  токсичен и обладает раздражающим действием. Такие же свойства характерны формальдегиду.

Оксид углерода  $\text{CO}$  газ без цвета, запаха и вкуса. С воздухом может образовывать взрывчатую смесь. Обладает токсическим действием. При концентрации (в об.%) в атмосфере воздействие на организм человека следующее: 1 - потеря сознания после нескольких вдохов; 0,05 слабое отравление через 1 час; 0,01 - хроническое отравление при длительном пребывании; 0,0016 - безвредно.

Оксиды азота суммарно  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Диоксид азота  $\text{NO}_2$  газ бурого цвета с характерным запахом, токсичнее  $\text{NO}$ . Воздействие на организм человека  $\text{NO}_2$  (в об. %) в зависимости от концентрации в воздухе характеризуется: 0,00001 - абсолютный порог воздействия; 0,0001...0,0003 - порог восприятия запаха; 0,0013 - порог раздражения слизистых оболочек носа и глаз; 0,001...0,002 - образование метгемоглобина; 0,004...0,008 - отек легких. При концентрации менее 0,01 млн<sup>-1</sup> у детей в возрасте 2- 3 лет наблюдается некоторый рост числа заболеваний бронхитом.

Сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$  - бесцветный газ с острым запахом, растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. При концентрации  $\text{SO}_2$  в воздухе (в об.%) воздействие на организм характеризуется таким образом: 0,0017 - раздражение глаз, кашель; 0,0007...0,001 - раздражение в горле; 0,004 - отравление через 3 минуты; 0,01 - отравление через 1 минуту.

Токсичность низкомолекулярных углеводородов проявляется в наркотическом действии на организм человека, вызывает состояние эйфории.

Акролеин  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHO}$  представляет собой альдегид акриловой кислоты, представляющий собой бесцветную жидкость с запахом пригорелых жиров. Восприятие человеком в зависимости от концентрации (в об. %) представляется так: 0,00016% - порог восприятия; 0,0005 - трудно переносима; 0,002 - непереносима; 0,014 - приводит к смерти через 10 минут; 0,00008 - безвреден.

Формальдегид  $\text{H}_2\text{C} = \text{O}$  представляет собой бесцветный газ с резким запахом. Воздействие на организм человека характеризуется следующим образом в зависимости от концентрации (в об. %): 0,007 - легкое раздражение дыхательных путей и слизистых оболочек носа и глаз; 0,018 - осложнения; 0,00037 - безвредно.

Под названием углеводороды  $\text{C}_x\text{H}_y$  предполагается обширная группа соединений, отличающихся друг от друга количеством атомов углерода и водорода в молекуле либо ее структурой.

С углеводородами парафинового и олефинового рядов связывает неприятный запах и раздражающие свойства отработавших газов. Продукты фотохимических реакций углеводородов с оксидами азота являются одной из главных причин образования смогов.

Полициклические ароматические углеводороды: антрацен, фенострен, флезорен, бенз-б-пирен, коропен и другие являются канцерогенами. Наиболее опасен бенз-б-пирен  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ .

В результате образования кислот при взаимодействии в атмосфере паров воды, оксидов азота и серного ангидрида возникают «кислотные» дожди, повреждающие леса и посевы. При эксплуатации мобильной техники в сельскохозяйственном производстве, в мастерских, теплицах, складах, на плантациях, в виноградниках и на лесосеках происходит значительное локальное загрязнение окружающей среды. Индикаторами локального загрязнения окружающей среды выступает ель обыкновенная и сосна, отличающаяся слабой газоустойчивостью.

Вдоль автомобильных дорог наблюдается снижение урожайности зерновых культур, например, овса и ячменя, озерненность колосьев при удалении на 7 и 15 м ниже соответственно на 50 и 26 %, всхожесть посевов ниже на 17 и 8 %.

Сажа, содержащаяся в отработавших газах, обладает большей токсичностью, чем обычная пыль. На поверхности частиц сажи адсорбируются канцерогенные вещества. Видимыми отработавшими газами становятся при концентрации 0,13 г/м<sup>3</sup>. Размеры частиц составляют

0,1...1,6 мкм, достигают альвеол легких, откладываются в носовых пазухах, трахеях или бронхах.

Отдельные компоненты отработавших газов дизелей имеют различную относительную токсичность: CO = 1; C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> = 1,26; H<sub>2</sub>S = 16,5; NO<sub>x</sub> = 41,1; C = 10<sup>5</sup>; HCHO = 41,5; C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> = 1260000 и т.д.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ПРЕДПУСКОВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ

Голованов С.А. - аспирант, Кустов В.Ю. - студент, Максимейко Ю.Г. - аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Экспериментальная установка предназначалась для определения влияния предпускового разогрева каталитических нейтрализаторов отработавших газов дизелей на эффективность снижения вредных выбросов в окружающую среду.

Объектом испытаний был выбран дизель КамАЗ - 740 (8Ч12/12), техническая характеристика которого представлена в таблице 1. Испытания проведем в зимние периоды 2006-2008 годов на испытательной станции полигона в/ч.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

Помещение испытательной станции было разделено таким образом, что в части его, где располагался дизель, стены представляли собой открывающиеся створки. Это позволяло имитировать работу дизеля в условиях зимней эксплуатации.

Дизель регулировался на номинальную мощность 155 кВт при 2600 мин<sup>-1</sup>. Загрузка тормозного устройства осуществлялась реостатами активного сопротивления и индуктивными регуляторами ступенчато, согласно требованиям стандарта ГОСТ 14846-81.

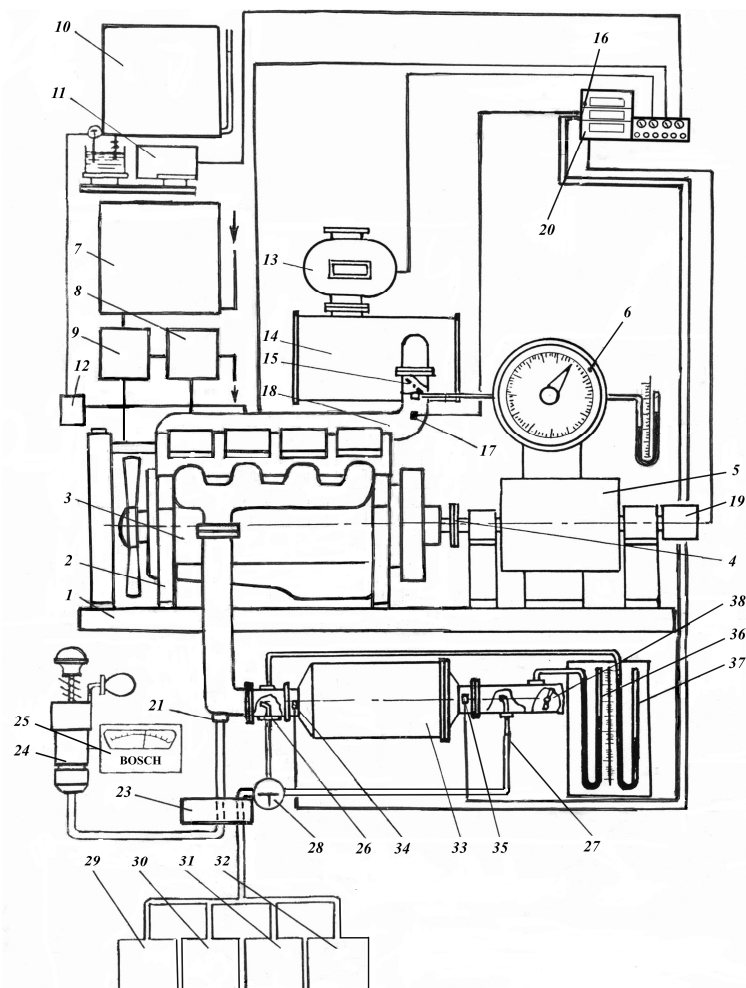


Рисунок 1 - Экспериментальная установка с дизелем КамАЗ-740 (8Ч 12/12)

Дизель 1 с вентилятором и радиатором устанавливается на общей раме 16 с тормозным устройством 14 марки SAK-670 с измерительной головкой 13 марки «Rapido» и был соединен валом 17, пропущенным в отверстие перегородки 9 испытательной станции.

Питание топливом марки Л - 0,2 - 40 согласно ГОСТ 305-82 осуществлялось от топливного бака 5 через автоматическое весовое устройство 4 марки Д -1 и электромагнитный клапан

пан 2.

Воздухоснабжение осуществлялось через газовый счетчик 6 марки РГ-1000 и ресивер 12. Контроль температуры воздуха на впуске производился по показаниям электропотенциометра ЭПП-09 от термопары 11. В системе впуска после ресивера устанавливалась заслонка 7 для регулирования разряжения на впуске, величина которого контролировалась по показаниям манометра 8.

Частота вращения коленчатого вала дизеля контролировалось с помощью тахометра 15 установленного на валу тормозного устройства. Данные всех измерений при испытаниях выводились на приборы пульты 10.

В систему впуска, в трубу 35 было встроено газораспределительное устройство 37, соединенное с полостью лотка 36 под поддоном дизеля, предпусковым подогревателем 26 трубами. Питание предпускового подогревателя 26 осуществлялось топливом Л-0,2-40 по ГОСТ 308-82 от отдельного топливного бака 3.

В систему выпуска был установлен многоступенчатый каталитический нейтрализатор 25. Отбор газов на анализ содержания твердых частиц проводился газоотборником из трубы 35, анализ осуществлялся дымометром 33 с прибором 34 марки EFAW -78 фирмы BOSCH (ФРГ).

Перед входом отработавших газов в каталитический нейтрализатор устанавливалась система 28 газоотбора, соединенная с газоанализатором 32 марки «МЕХА-321Е» фирмы «Horiba» (Япония) для определения содержания углеводородов  $C_x H_y$ , газоанализатором 31 марки «Hartridge-904» (Великобритания) для определения содержания оксида углерода CO, газоанализатор 30 марки «RS - 325 L» фирмы « Riken Keike» (Япония) для определения содержания оксидов азота  $NO_x$ , дымометр 29 марки «Hartridge» (Великобритания).

Температура отработавших газов на входе в нейтрализатор и выходе контролировалось термопарами 27 и 24 типа ХА. После каталитического нейтрализатора установлен газоотборник 21 с выводом на газоанализаторы «МЕХА-321Е», «Hartridge-904», «RS - 325 L» и дымометр «Hartridge». Давление в системах выпуска контролируется манометрами 19 и 20. Противодействие на выпуске регулировалось заслонкой 18 установленной после каталитического нейтрализатора.

УРОВНИ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЯ КАМАЗ-740

Грабовская Н.Н. - аспирант, Лакотин А.Г. - студент, Мельберт А.А. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Учитывая предшествующие работы Д. П. Ананишвили, Л. А. Барского, К. Г. Гофмана в основу анализа возможности снижения затрат на каталитическую очистку отработавших газов дизеля можно положить показатель социально-экономической эффективности техники, имеющей вид:

$$Э_{эв} = S_{эоц.} - W_{ущ.} \pm Z_{топл.} - Z_{сч} - Z_A, \text{ тыс. руб./год}, \quad (1)$$

где  $S_{эоц.}$  - экономическая оценка работы автомобиля с дизелем по объему выполненных работ, руб./год;  $W_{ущ.}$  - экономическая оценка ущерба, наносимого вредными выбросами с отработавшими газами, руб./год;  $Z_{топл.}$  - оценка затрат на топливо, руб./год;  $Z_{сч}$  - экономическая оценка стоимости очистки отработавших газов в руб./год.

Относительный показатель социально-экономической эффективности применения системы снижения вредных выбросов в окружающую среду можно представить в виде:

$$\eta_{сэ} = \frac{Э_{сэ}}{Э_{эв}} = 1 - (W_{ущ.} \pm Z_{топл.} - Z_{сч}) / Э_{эв}, \quad (2)$$

Экономическая оценка работы дизеля без системы снижения вредных выбросов и при использовании такой системы в расчетах принимается равной с учетом равенства выполняемых работ:

$$S_{эо} = 10^{-3} \cdot T_{год} \cdot C_{кВт\cdotч} \sum_{m=1}^{13} N_{эm} \cdot \tau_m, \text{ тыс. руб./год}, \quad (3)$$

где  $T_{год}$  - количество часов в год эксплуатации дизеля, час/г;

$C_{кВт\cdotч}$  - цена кВт·ч выполненной работы, в руб;  $m = 1, \dots, 13$  - количество режимов в городском цикле по требованиям ЕЭК ООН;

$\tau_m$  - относительное время эксплуатации на  $m$ -ом режиме;

$N_{эm}$  - мощность дизеля на  $m$ -ом режиме эксплуатации, кВт.

Годовой экономический ущерб от вредных выбросов дизеля с отработавшими газами в окружающую среду оценивается для каждого из  $f$  нормируемых компонентов следующим образом. Приведенный выброс с отработавшими газами определяется:

$$\mu_f = 10^{-6} \cdot T_{год} \cdot Q_{оцf} \sum_{m=1}^{13} N_{эm} \cdot \tau_m, \text{ т/год}, \quad (4)$$

где  $Q_{оцf}$  - оценочный показатель удельных выбросов  $f$ -го компонента отработавших газов по 13-режимному циклу ЕЭК ООН.

Приведенный выброс нормируемых вредных веществ с отработавшими газами дизеля:

$$M_{ог} = \sum_{f=1}^f A_f \cdot \mu_f \cdot \psi_f, \text{ уг/год}, \quad (5)$$

где  $A_f$  - показатель относительной агрессивности  $f$ -го вредного вещества;  $\psi_f$  - коэффициент превышения агрессивности при одновременном присутствии веществ однопвленного действия (коэффициент бинарности).

В таблице 1 приведены расчеты величины  $A_f$  и  $\psi_f$ .

Таблица 1 - Расчетные величины коэффициентов

Компоненты отработавших газов	$A_f$	Коэффициенты бинарности, $\psi_f$			
		NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	ТЧ
Оксиды азота, NO <sub>x</sub>	49,0	1,0	3,0	1,0	1,0
Оксид углерода, CO	1,00	1,55	1,0	1,1	1,3
Углеводороды, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	19,3	1,0	1,1	1,0	1,3
Твердые частицы, ТЧ	41,5	1,0	1,3	1,3	1,0

Экономическая оценка ущерба, наносимого вредными выбросами окружающей среде:

$$W_{ущ.} (\text{тыс. руб./год}) = K_{ог} (\text{тыс. руб.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{уг} \cdot \text{с}) d_{н.} \cdot \sigma_{Rp}^{M_{ог}}, \quad (6)$$



где  $K_{от}$  - размерная константа перевода оценки ущерба в экономический, принималась  $K_{от} = 0,45$  на 2005 год;  $R_{г}$  - коэффициент рассеивания в атмосфере для автомобильного транспорта в приземном слое (до 10 м) представлялся как

$$R_{г} = \frac{u}{2,5} (\pi_p \cdot h_T + 20), \quad (7)$$

где средняя скорость ветра  $\bar{u}$  принималась 10 м/с; 2,5 - средняя скорость ветра при штиле, м/с;

$h_T$  - высота трубы над поверхностью почвы, м;

$\pi_p$  - коэффициент разбавления в приземном слое,  $\pi_p = 2$ .

Величина коэффициента природно-климатических условий в сравнительных расчетах принималась как  $d_{н} = 2,00$  для территорий Сибири и Дальнего Востока. Показатель относительной опасности загрязнения  $\sigma$ , характеризующий рельеф местности принимался как для городов  $\sigma = 1$ .

Оценка затрат на топливо  $Z_{топл}$  производилась из условий 13-режимного испытательного цикла ЕЭК ООН.

$$Z_{топл} = 10^{-3} \cdot C_T \cdot T_{год} \cdot \sum_{m=1}^{13} G_T \cdot \tau_m, \text{ тыс. руб./год}, \quad (8)$$

где  $C_T$  - цена топлива, руб./л;

$G_T$  - расход топлива на m-ом режиме эксплуатации.

Амортизационные расходы  $Z_A$  увеличиваются пропорционально стоимости устройств для снижения вредных выбросов в атмосферу на величину ДЖА.

Поскольку стоимость нейтрализатора, в зависимости от типа катализатора, может составлять до 10% от стоимости автомобиля, величину ДЖА необходимо учитывать в расчетах.

Таким образом, повышение социально-экономической эффективности автотракторной техники может происходить в основном за счет снижения ущерба, наносимого окружающей среде и снижение стоимости очистки отработавших газов, стоимости очистки газов и величины амортизационных отчислений. При нормальном обслуживании нейтрализаторов увеличение затрат на топливо не следует ожидать.

Стоимость очистки отработавших газов будет зависеть от её качества. Обозначим степени вредных выбросов компонентов через  $D_{NOx}$ ,  $D_{CO}$ ,  $D_{CH}$ ,  $D_{тч}$ . тогда выражение (4) примет вид:

$$M'_f = 10^{-6} \cdot T_{год} \cdot q_{оцф} \cdot \delta_f \cdot \sum_{m=1}^{13} N_{гm} \cdot \tau_m, \text{ т/год}, \quad (9)$$

а выражение (5):

$$M'_{ог} = \sum_{f=1}^f A_f \cdot \mu_f \cdot \psi_f, \text{ уг/год}, \quad (10)$$

Стоимость же очистки отработавших газов составит:

$$Z_{сс} = \frac{Z_0}{M'_{ог}}, \text{ тыс.руб/} \frac{\text{уг}}{\text{год}}, \quad (11)$$

В свою очередь в год:

$$Z_0 = Z_K + Z_{ДА} + Z_H + Z_{КАТ} + Z_P + Z_{ОБ}, \text{ тыс. руб/год} \quad (12)$$

где  $Z_K$  - стоимость корпуса нейтрализатора, тыс. руб.;

$Z_{ДА}$  - стоимость датчиков и автоматики, тыс.руб.;

$Z_H$  - стоимость носителя, тыс. руб.;

$Z_{КАТ}$  - стоимость катализатора, тыс. руб.;

$Z_P$  - стоимость регенерации, тыс. руб.;

$Z_{ОБ}$  - стоимость обслуживания, тыс. руб.

Анализ отечественных и зарубежных работ показал, что стоимость очистки зависит в основном от стоимости катализатора. Поэтому основной проблемой каталитической очистки газов является поиск дешевых катализаторов с высокими степенями снижения вредных выбросов.

## ПОДАЧА АНТИДЫМНЫХ ПРИСАДОК НА ВПУСК ДИЗЕЛЯ

Угефук А.В. - к.т.н., доцент, Рейманов А.С. - студент,  
Деркачев В.В. - аспирант, Медведев Г.В. – к.т.н., докторант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

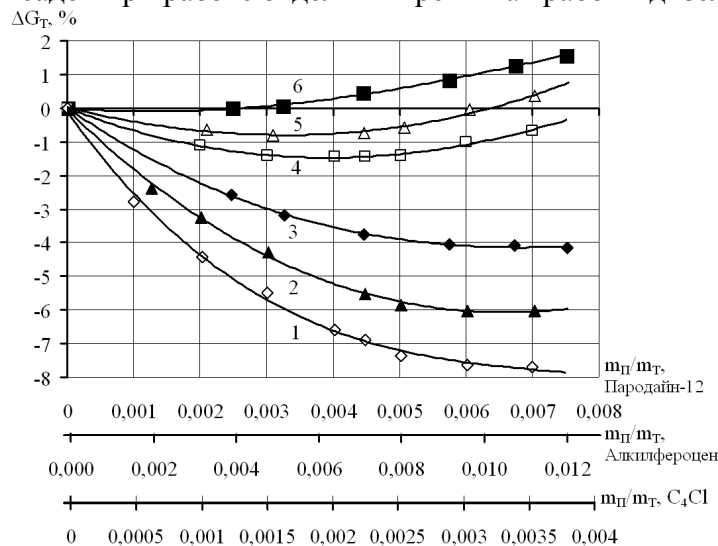
Определена эффективность воздействия антидымных присадок "Пародайн - 12", алкилферроцена и галогенизированного углерода в топливо дизелей. Проведена оценка влияния антидымных присадок на расход топлива дизелем.

Данные экспериментальных исследований позволили получить значение расхода топлива при добавлении в топлива антидымных присадок, в том числе, при различных противо-давлениях на выпуске, имитирующих установку каталитического нейтрализатора или сажевого фильтра. На рисунке 1 представлены данные, показывающие влияние антидымных присадок на расход топлива. Добавление всех испытанных антидымных присадок приводит к снижению расхода топлива (кривые 1,2,3). С учетом противо-давлений создаваемых нейтрализатором и увеличивающим расход топлива, суммарный расход представлен кривыми 4,5,6. При использовании: АДП - 1 при оптимальной дозировке расход топлива незначительно увеличивается; АДП - 2 и АДП - 3 - расход топлива остается ниже, чем при работе на топливе без присадок.

Расчет по данным сравнительных испытаний показали, что через штатную систему топливоподачи расход топлива с присадкой АДП - 3 всеми способами наиболее низок. Наиболее высок расход топлива с АДП - 1 всеми способами.

Анализ данных говорит о том, что, с учетом эффективности воздействия присадок на состав отработавших газов дизеля, добавление их в топливо является целесообразным.

В задачи настоящего исследования не входила разработка автоматических систем дозирования антидымных присадок в топлива. В процессе испытаний дозирование присадок осуществлялось в статических условиях. В таблице 1 приведены данные о результатах отключения подачи присадок при работе отдельных режимах работы дизеля.



1,2,3 - снижение расхода топлива при добавлении АДП - 3, АДП - 2 и АДП - 1 соответственно; 4,5,6 - суммарное увеличение расхода топлива при установке КН и добавлении АДП - 3, АДП - 2, АДП - 1 соответственно

Рисунок 1 - Влияние подачи антидымных присадок в топливо через штатную систему питания и установки каталитического нейтрализатора на топливную экономичность дизеля

Таблица 1 - Результаты регулирования и отключения подачи антидымных присадок на отдельных режимах работы дизеля

Виды регулировок	Экономия антидымной присадки, в процентах	
	АДП-2	АДП-3
Отключение при нагрузке менее 25%	23	27
Отключение при нагрузке менее 50%	47	45
Регулирование подачи от нагрузки 60% вплоть до отключения при 25%	55	57

Данные таблицы 1 говорят о значительных возможностях в снижении расхода антидымных присадок.

**ДОЗИРОВАНИЕ АНТИДЫМНЫХ ПРИСАДОК В ТОПЛИВО ДИЗЕЛЯ**  
Неустроев Г.В. - студент, Деркачев В.В. - аспирант, Медведев Г.В. – к.т.н., докторант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Проведению способов подачи антидымных присадок в цилиндры дизеля предшествовали экспериментальные исследования по определению влияния регулировок топливоподачи на топливную экономичность и уровни вредных выбросов с отработавшими газами.

Уровни выбросов твердых частиц с отработавшими газами дизелей в зависимости от дозирования антидымных присадок в топлива рассматривались и ранее относительно барийсодержащих, металлоорганических присадок и присадок на основе солей металлов. Цель же данного эксперимента состояла в том, чтобы определить как достаточное дозирование присадок, так и оптимальные регулировки установочного угла опережения начала подачи топлива, так и влияние их на состав отработавших газов по основным нормируемым компонентам: оксидам азота, углеводородам и оксиду углерода.

Авторами настоящей работы на дизеле 8Ч12/12 проведены исследования по определению влияния дозирования антидымных присадок на основе галогенизированного углерода алкилферроцена и алкилфенолята бария в топливо на процессы образования и выгорания сажи в цилиндре, а также на уровни вредных выбросов с отработавшими газами.

Испытания двигателя проводились по ГОСТ дооборудования дизеля на стенде вообще не требовалось. Для осуществления традиционного метода подачи антидымной присадки в цилиндр с топливом дизеля устанавливался следующий регламент подготовительных работ:

1. Антидымные присадки в виде готовых композиций в жидком виде взвешивались на аналитических весах в пропорциях, обеспечивающих их дозирование в дизельное топливо в процентах по массе;

2. Антидымные присадки в необходимой дозировке добавлялась в топливо только после выработки или слива топлива с предыдущей дозировкой;

3. Для обеспечения очистки фильтров грубой очистки (ФГО) и фильтров тонкой очистки (ФТО) от остатков топлива с предыдущей дозировкой дизель работал под нагрузкой 75% от номинальной в течение 30 минут.

Таблица 1 - Влияние дозирования антидымных присадок в топливо дизеля через штатную систему на качество очистки отработавших газов дизеля 8Ч12/12 (И = 32 град п.к.в. до ВМТ)

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт·ч)							Кратность превышения норм ЕВРО-3/ЕВРО-4/ЕВРО-5 при дозировке 2 тыс <sup>-1</sup>
	Допустимые уровни			Действительные уровни				
	ЕВРО-3	ЕВРО-4	ЕВРО-5	Без КН и без подачи АДП	Дозировка присадки в топливо			
					АДП-1			
				1 тыс <sup>-1</sup>	2 тыс <sup>-1</sup>	3 тыс <sup>-1</sup>		
q <sub>оц</sub> NO <sub>x</sub>	5,00	3,50	2,00	8,86	8,56	8,45	8,32	1,66/2,38/4,16
q <sub>оц</sub> CO	2,10	1,50	1,50	4,93	4,23	3,75	3,30	1,57/2,20/2,20
q <sub>оц</sub> CH	0,60	0,46	0,25	1,23	0,84	0,80	0,77	1,28/1,67/3,08
q <sub>оц</sub> ТЧ	0,10	0,02	0,02	0,31	0,17	0,13	0,077	0,77/3,85/3,85
					АДП-2			
					5,0 тыс <sup>-1</sup>	9,7 тыс <sup>-1</sup>	11,0 тыс <sup>-1</sup>	97 тыс <sup>-1</sup>
q <sub>оц</sub> NO <sub>x</sub>	5,00	3,50	2,00	8,86	8,43	8,36	8,30	1,67 / 2,39 / 4,17
q <sub>оц</sub> CO	2,10	1,50	1,50	4,93	4,10	3,59	3,21	1,71 / 2,39 /

VIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Наука и молодежь - 2011»

								2,39
Q <sub>оц</sub> СН	0,60	0,46	0,25	1,23	0,69	0,66	0,63	1,10 / 1,43 / 2,64
Q <sub>оц</sub> ТЧ	0,10	0,02	0,02	0,31	0,06	0,043	0,072	0,43 / 2,50 / 2,50
					АДП-3			44 тыс <sup>-1</sup>
					3,0 тыс <sup>-1</sup>	4,4 тыс <sup>-1</sup>	6,0 тыс <sup>-1</sup>	
Q <sub>оц</sub> NO <sub>x</sub>	5,00	3,50	2,00	8,86	6,74	6,67	6,64	1,33 / 1,91 / 3,33
Q <sub>оц</sub> СО	2,10	1,50	1,50	4,93	3,61	3,16	2,91	1,50 / 2,11 / 2,11
Q <sub>оц</sub> СН	0,60	0,46	0,25	1,23	0,59	0,57	0,54	0,95 / 1,24 / 2,28
Q <sub>оц</sub> ТЧ	0,10	0,02	0,02	0,31	0,016	0,015	0,015	0,15 / 0,75 / 0,75

Предварительные испытания антидымных присадок дали возможность определить оптимальное их дозирование при максимальном снижении выбросов твердых частиц с отработавшими газами показали, что при стандартных регулировках топливной аппаратуры достаточно добавлять в топливо по массе: АДП-1 - 2 тыс<sup>-1</sup>; АДП-2 - 9,7 тыс<sup>-1</sup>; АДП-3 - 4,4 тыс<sup>-1</sup>.

Увеличение дозировки антидымных присадок после достижения максимума эффективности их воздействие на выбросы твердых частиц приводит к необоснованному удорожанию тонны топлива.

## ОДНОВРЕМЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВ И АНТИДЫМНЫХ ПРИСАДОК В ТОПЛИВО

Печеникова Д.С. - аспирант, Сергеев С.А. - студент,  
Новоселов А.А. - к.т.н., инженер, Деркачев В.В. - аспирант  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одновременное применение антидымных металлосодержащих присадок в топливо ранее оценивалось в НАМИ, НИИАТ, НИКТИД и отдельными исследователями.

Особенностям состава отработавших газов дизелей, оборудованных каталитическими нейтрализаторами при добавлении в топливо антидымных присадок не уделено должного внимания исследователями как в России, так и за рубежом. А между тем, не рассмотрены вопросы о способах подачи топлив с присадками и дозирования их, в том числе, с прекращением дозирования при работе дизелей на режимах малых нагрузок и холостых ходов. Вообще не разработаны процессы автоматизации регулирования.

Автором настоящей работы на дизеле 8Ч12/12 проведены исследования по определению влияния каталитической нейтрализации отработавших газов и совместного применения каталитической нейтрализации с использованием трех антидымных присадок различных типов - АДП-1, АДП-2, АДП-3. Исследовалось влияние добавления присадок по массе топлива на уровни вредных выбросов с отработавшими газами.

В результате проведения испытаний были установлены обобщенные закономерности изменения вредных выбросов с отработавшими газами при каталитической очистке газов и подаче топлива через штатную форсунку АДП в различной дозировке и с различными регулировками ТНВД.

Дизель на стенде оборудовался многоступенчатым нейтрализатором отработавших газов с пористыми проницаемыми каталитическими СВС-блоками.

Многоступенчатый каталитический нейтрализатор с СВС-блоками (характеристики которых приведены в таблице 1) был рассчитан для очистки отработавших газов дизелей с расходами до 900 м<sup>3</sup>/ч.

Обоснование состава шихты для получения пористых проницаемых каталитических СВС-блоков подробно изложено в работах [1, 2, 3, 4]. В этих работах состав материалов обосновывается физическими свойствами из условий наличия пор определенного сечения, их извилистости, механической прочности и коррозионной стойкости.