

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЧИСТКЕ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Проведён патентный поиск, показывающий направление мирового научно-технического прогресса по каталитической очистке отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Выполнен анализ существенных признаков устройств, предназначенных для нейтрализации (обезвреживания) отработавших газов двигателя внутреннего сгорания с использованием химических способов нейтрализации. Проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности применения газовых реакторов на основе метанирования для снижения концентраций оксида углерода в отработавших газовой смеси двигателя внутреннего сгорания, а также по оценке эффективности применения жидкостных нейтрализаторов для снижения основного компонентного состава отработавших газов двигателя внутреннего сгорания на отечественных автомобилях, не обеспеченных нейтрализаторами.

**Ключевые слова:** автотранспортное средство, двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, нейтрализаторы, методы нейтрализации компонентного состава отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, катализаторы, метанирование.

Создание экологически безопасного автотранспортного средства (АТС), работающего на углеводородном топливе, идет как в направлении оптимизации управляемого процесса сгорания топливной смеси, так и путем совершенствования систем очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания (ОГ ДВС).

Добиться полной экологической безвредности ОГ ДВС пока не удается даже с использованием электронного «мозга» автомобиля, управляющего работой двигателя с обратной связью, позволяющей оценивать эффективность многошаговых систем нейтрализации токсичных веществ состава ОГ ДВС.

Загрязнение приземного слоя атмосферы городов, характерное при использовании огромного парка устаревших автомобилей, компетентные органы пытаются снизить законодательным ужесточением требований стандартов на нормы компонентного состава ОГ ДВС [1], что привело к увеличению числа исследований по способам очистки ОГ ДВС. Широкое распространение получила нейтрализация отработавших газов в выпускной системе АТС. Вышедшие из цилиндров двигателя продукты неполного сгорания топлива в потоке раскаленного азота (из состава воздуха) не успевают окислиться до токсичных соединений при остывании ОГ ДВС, а каталитически преобразуются в нетоксичные соединения до их выброса в атмосферу.

Проблемно-тематический обзор известных литературных данных показал, что основными направлениями мирового научно-технического

прогресса снижения экологического влияния автотранспортных потоков на экологию городов признаны следующие:

1) совершенствование конструкций двигателей АТС, том числе создание энергосиловых установок для автомобилей, выбрасывающих в окружающую среду минимальное количество вредных веществ;

2) поиск новых видов топлива:

– природный газ, используемый в виде сжатого или сжиженного газа; сжиженные нефтяные газы, представляющие собой смесь легких углеводородов ( $C_3-C_4$ );

– метанол, используемый как топливо непосредственно или в виде бензино-метаноловых смесей;

– синтетические моторные топлива, получаемые из природного газа; топливные добавки, т. е. вещества, которые повышают антидетонационные, энергетические и другие эксплуатационные свойства нефтяных топлив (испаряемость, склонность к самовоспламенению от сжатия и т. д.);

– метилтретобутиловый эфир, этилтретаметиловый эфир, диметиловый эфир;

– смесь спиртов, в том числе высшие спирты;

3) разработка устройств, нейтрализующих ОГ ДВС, размещаемых в системе выпуска ОГ, и снижающих содержание или изменяющих состав вредных компонентов, выбрасываемых в атмосферу, в том числе жидкофазная нейтрализация выбросов, термическое окисление, каталитическая нейтрализация.

Проведенный нами анализ научно-технического направления новых патентных решений показал, что наиболее многочисленна группа технических решений по каталитической нейтрализации отдельных компонентов ОГ ДВС (преимущественно СО или NO) [2]. Причем, в наибольшем количестве изобретений (33,34%) использованы в качестве катализаторов драгоценные металлы; при этом из всего многообразия структурного оформления заявленных нейтрализаторов наиболее часто встречаются нейтрализаторы с сотовым или ячеистым элементом (39,08%) или нанесение катализатора на пленку (20,69%) (таблица 1).

Относительно новыми следует считать методы нейтрализации ОГ ДВС с использованием плазменного разряда (патент US №6274006), приводящего к деструкции оксидов азота и летучих органических соединений под действием высоковольтного электрического разряда; использование «электронного удара» (патент РФ №2323355), электроимпульсные или магнитные методы нейтрализации (патент РФ №2306440); использование добавлений метана и аммиака, активирующих восстановление оксидов азота; впрыск в ОГ ДВС углеводородов или водорода (патент РФ №2100631); методы комбинированной очистки с использованием этапов накопления продуктов «холодного запуска ДВС» в про-

межуточном носителе (нейтрализаторы с поглотителем) (патенты РФ №2490481, №2455503); каталитические нейтрализаторы ОГ ДВС с «кипящим слоем нейтрализатора» (патент РФ №2124135). Интересно предложение по использованию топливной добавки, содержащей наночастицы диоксида цезия, позволяющей проводить каталитическое обезвреживание оксидов азота в ОГ ДВС без встраивания нейтрализаторов (патент РФ №2487753).

При этом катализаторы на базе традиционных драгоценных металлов все чаще заменяют оксидами недорогих металлов или их комбинациями. Наиболее современные и наукоемкие патентные решения по нейтрализации ОГ ДВС включают многоступенчатую систему очистки потока газов.

Современные нейтрализаторы, разработанные, например, отделом каталитических окислительно-восстановительных процессов института физической химии им. Л.В. Писаржевского Национальной академии наук Украины, реализуют многоступенчатую технологию очистки ОГ ДВС, которая содержит:

– сажевые фильтры из синтетического кордиерита сотовой структуры со сформированным каталитическим покрытием в виде сложных оксидов меди, хрома, кобальта, нанесенных на оксид алюминия;

Таблица 1. Патентные решения по основным направлениям использования катализаторов для очистки ОГ ДВС, %

Тип и структура устройства	Катализатор										
	С использованием				Другое	Поглощение (уголь, известь или другое)	Электровоздействия				Воздействие магнитным полем
	Драг. металлов	Других металлов	Керамики	Электроспираль			Разряд	Электро-статический фильтр	Электро-импульсный удар $\alpha$ частицами		
Пленочное покрытие	5,75	6,90	3,45	-	-	-	-	1,15	-	-	
Сетка	4,60	4,60	1,15	1,15	-	-	-	-	1,15	-	
Сотовый или ячеистый элемент	4,60	11,49	3,45	8,05	-	-	-	-	-	1,15	
Спираль	1,15	1,15	-	-	-	3,45	-	-	-	-	
Перфорированный материал	1,15	2,30	2,30	1,15	-	-	1,15	-	-	-	
«Кипящий слой»	-	-	-	-	1,15	-	-	-	-	-	
В растворе	1,15	-	-	2,30	1,15	-	-	-	-	-	
Не указано	13,79	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-	
Накопитель	1,15	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-	
Разбавительная эжекция	-	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-	
Рециркуляция ОГ	-	-	-	3,45	-	-	-	-	-	-	
Сумма	33,34	26,44	11,5	18,4	2,3	3,45	1,15	1,15	1,15	1,15	

Примечания.

1. Для составления матрицы использованы 100 патентов пяти стран при поиске по классам F01 N 3/00, F01 N 3/08, F01 N 11/00; F 02B 75/10; B 01D 53/34, B 01D 53/94 за последние пять лет;
2. Прочерк в графах таблицы означает отсутствие изобретений с существенными признаками в подобных сочетаниях и поэтому существует вероятность появления новых изобретений с подобными существенными признаками [3].

– эффективные катализаторы трехмаршрутных превращений ( $\text{CO}/\text{C}_n\text{H}_m/\text{NO}_x$ ) – (Pd, Pt, Rh)-ОРЗЕ(La, Ce)/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ /кордиерит.

– нейтрализаторы, разработанные на основе процессов селективного восстановления оксидов азота (I, II) на структурированных катализаторах, с использованием восстановителей различной химической природы: аммиак, ванадий-титановые и оксидные композиции ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cr}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ),  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$ -углеводороды и монооксид углерода ( $\text{CoO}/(\text{HZSM}_5\text{-Al}_2\text{O}_3)$ /кордиерит,  $\text{CoO}/\text{ZrO}_2$ /каолин-аэросил,  $\text{Pd}/\text{Co}_3\text{O}_4\text{-CeO}_2$ /кордиерит).

Институтом разработаны блочные (монокристаллические) катализаторы сотовой структуры для очистки промышленных газовых выбросов и автотранспорта от  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$  [4].

Концентрацию монооксида углерода в ОГ перед каталитическим нейтрализатором предложено измерять непосредственно с помощью датчика  $\text{CO}$  или использовать значения, предварительно сохраненные в памяти встроенной системы диагностирования в виде характеристики для каждой рабочей точки двигателя. Значения минимальной рабочей температуры  $T_{\text{CO}, 50\%, \text{свеж.}}$  начала превращения монооксида углерода на свежем катализаторе для всех рабочих точек двигателя сохраняются в памяти управляющего компьютера в виде многопараметрической характеристики как функция нагрузки и частоты вращения вала двигателя.

Таким образом, многомаршрутные преобразования ОГ ДВС требуют участия сложных систем электронного управления работой двигателя внутреннего сгорания с обратной связью по многим параметрам качества нейтрализации ОГ ДВС, отклонения которых от параметров, запрограммированных в бортовом компьютере, могут привести к сбою системы управления транспортным средством.

По результатам обзора патентных решений были сделаны следующие выводы:

1. Обзор патентной информации по каталитической очистке ОГ ДВС показывает, что современные каталитические системы обезвреживания токсичных продуктов состава ОГ ДВС, ориентированы в основном, на нейтрализацию оксидов азота и оксида углерода.

2. Для двигателей, работающих на дизельном топливе, применение нейтрализаторов, одновременно блокирующих выброс оксида угле-

рода и оксидов азота, неизбежно приводит к снижению КПД двигателя.

3. Существует проблема «холодного запуска ДВС», при которой еще не прогретые до  $300^\circ\text{C}$  катализаторы не выходят на заданный режим работы и состав ОГ ДВС на 60% более токсичен, чем при их работе «под нагрузкой».

4. Установлено, что применимость новейших каталитических систем требует наличия сложнейших систем электронного управления процессом сгорания топлива в двигателе, взаимосвязанного с постоянным экспресс-анализом качества работы нейтрализатора и составом отработавших газов по каналам обратной связи: «состав топливной смеси – состав ОГ ДВС».

5. Установлено, что каталитическая активность нейтрализаторов прогрессивно падает при температурах в среднем ниже  $300^\circ\text{C}$  соответственно их активности в ряду:  $\text{Pt} > \text{MnO}_2 > \text{V}_2\text{O}_5 > \text{CuO} > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Cr}_2\text{O}_3 > \text{Co}_2\text{O}_3 > \text{MoO}_3 > \text{NiO} > \text{WO}_3 > \text{Ag}_2\text{O} > \text{ZnO} > \text{Bi}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2 > \text{PbO}$ .

Этот факт позволяет создавать каталитические нейтрализаторы без включения в их состав благородных металлов, но требует использования устройств подогрева катализаторов.

6. Исследования В.В. Барелко и Ю.Е. Володина показали, что окислительные реакции в газовой среде в присутствии нагреваемого до необходимой температуры катализатора носят цепной или объемный характер.

7. Автотранспортные предприятия РФ в настоящее время не могут внедрять современные нейтрализаторы на отечественные автомобили из-за отсутствия в АТС электронных систем управления процессом сгорания топлива в двигателях. При этом даже импортные автомобили, оснащенные современными электронными системами управления, сталкиваются с проблемой качества топлива, содержащего большое количество вредных примесей, способных «отравить» практически любой нейтрализатор. А введение «тотального» контроля качества топлива и моторных масел потребует переоборудования нефтеперерабатывающих заводов по всей стране, что невозможно без принятия соответствующих законопроектов.

8. Установлено крайне ограниченное число нейтрализаторов, пригодных к использованию на большегрузном транспорте в замкнутых пространствах, например, комбинированная

система нейтрализации отработавших газов (патент РФ №2187663).

Мы провели эксперименты на установках с новыми принципами каталитической очистки ОГ ДВС с целью получить результаты, приемлемые для использования на ДВС при работах в замкнутых пространствах.

В ходе первой серии экспериментов мы определяли возможность обезвреживания оксида углерода состава ОГ ДВС путем метанирования, т. е. каталитического превращения оксида углерода в метан. В качестве катализатора был взят нихром Н20Х80, так как известны его каталитические возможности по обезвреживанию оксида углерода путем метанирования [5], [6]. Кроме того, известно, что нихромовые структуры при достижении «температуры каталитического зажигания», равной примерно 325 °С, придают процессу «цепочный или объемный характер» с прогрессивным падением температуры газовой смеси (В.В. Барелко и Ю.Е. Володина: Докл. Акад. Наук СССР, том 2, №6, с. 1373).

Результаты пробных экспериментов (с использованием в качестве экспериментального газа оксид углерода) показали, что использование нихромовых электроспиралей существенно упрощает конструкцию и обслуживание нейтрализатора и почти на порядок увеличивает степень очистки газов от оксида углерода. При этом установлено, что коэффициент очистки мало зависит от объема нейтрализатора.

Теоретические расчеты Бусыгина А.Н. (2003 г.) показали, что для обеспечения современных санитарных норм выброса ОГ ДВС при наихудших условиях выхлопа (12%<sub>об</sub> по оксиду углерода), необходимо создать условия проведения процесса, при котором время пребывания в зоне нейтрализации газов должно составлять не менее 0,315 секунды [7]. В условиях проведенного нами эксперимента длительность пребывания газа в реакторе варьировалась от 1,37 до 4,0 секунд при объемной скорости газа от  $0,4 \cdot 10^{-3}$  до  $1,21 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. При этом масса очищенного оксида углерода в каждой серии изменялась от 1,3 до 20,89 г. Массовая скорость очистки составляла от 0,74 до 16,1 мг/с.

Углубленный анализ полученных данных показал наличие четкой зависимости массы очищенного оксида углерода от времени пребывания очищаемого газа в реакторе.

Наибольшая эффективность очистки зафиксирована в диапазоне от 2,42 до 2,62 секунд. При этом установлено снижение массы очищаемого оксида углерода при нахождении газа в реакторе, более 4,0 секунд.

Оказалось, что и объемная скорость прокачивания нейтрализуемого газа неоднозначно влияет на массу нейтрализованного оксида углерода. Пик очистки приходится на скорость прокачки  $0,61 \cdot 10^{-3} - 0,79 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Однако установлено, что даже при скоростях свыше одного литра (м<sup>3</sup>·10<sup>-3</sup>) в секунду масса катализируемого оксида углерода в разы превышает массу оксида углерода, очищаемую при скоростях  $0,4 - 0,6 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с.

Нейтрализация 19,52–20,89 грамм оксида углерода при массовой скорости очистки около 16,0 мг/с наглядно демонстрирует потенциальные возможности нейтрализатора подобного типа.

Кроме того, мало значимыми оказались и зависимости от удельного соотношения массы очищенного оксида углерода от числа и площади нихромовых спиралей (мг<sub>СО</sub>/см<sup>2</sup>) и от затрат электроэнергии (кВт/мг<sub>СО</sub>) на их нагрев. Основным параметром, влияющим на степень очистки от оксида углерода, оказалась температура внутри объема нейтрализатора, достигая абсолютной очистки при температурах свыше 650 °С.

Эксперимент на нативных отработавших газах бензинового двигателя показал, что при температуре около 650 °С достигается абсолютная очистка ОГ ДВС не только от оксида углерода, но и от окислов азота и гидрокарбонатов. При этом скорость потока через портативный реактор объемом около 30 дм<sup>3</sup> с нихромовым катализатором составляла 50 дм<sup>3</sup>/мин, причем качество очистки оценивалось динамично ежесекундными измерениями концентраций СО, NO, СН, СО<sub>2</sub> и О<sub>2</sub> газоанализатором «ИНФ-РАКАР-5М2Т.02» с последующей компьютерной обработкой полученных результатов.

Положительные результаты эксперимента и анализа удельных соотношений (затраты/эффект) позволили разработать макет промышленного образца каталитического нейтрализатора ОГ ДВС.

В ходе экспериментов мы попытались решить проблему очистки ОГ ДВС большегрузных транспортных средств, работающих в карьерах и замкнутых объемах шахт и бункеров. Эти условия эксплуатации АТС ставят задачу очис-

тки ОГ ДВС не до 50% допускаемых норм для данного типа двигателей, а абсолютную очистку, т. е. до ПДК рабочей зоны, чтобы позволить водителям и работникам не применять средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Следует учесть, что даже при работах в открытых карьерах концентрации CO, NO и CH от впереди идущих АТС в кабинах водителей достигают  $97 \text{ мг/м}^3$  [8], тогда как наши исследования показали, что в городском цикле г. Оренбурга суммарные концентрации загрязняющих веществ в кабине ЗИЛ-130, не имеющей принудительной вентиляции и систем воздухоочистки, не превышает  $50,07 \text{ мг/м}^3$ .

За прототип нашей разработки мы приняли жидкостные системы комбинированной нейтрализации отработавших газов, применяемых на БелАЗ-540 и армейских большегрузных автомобилях [8], предназначенных для каталитической очистки ОГ ДВС от оксида углерода.

В механизме нейтрализации авторы применили реакцию восстановления оксида углерода до двуокси углерода и водорода (патент РФ №2147550). Реакция реализована в присутствии катализаторов водной взвеси оксидов цинка хрома и меди по аналогии с используемой в нефтехимической промышленности (патент РФ №2175265).

Нами был использован катализатор, представленный оксидом меди (61,0 г), оксидом цинка (18,0 г) и оксидом хрома (15,0 г), растворёнными в двух литрах дистиллированной воды, водная взвесь которых подвергалась барботажу со скоростью 50 л/мин анализируемого ОГ ДВС при температуре воды  $+20^\circ\text{C}$ .

Практика использования жидкостных нейтрализаторов ОГ ДВС показывает неизбежность

формирования масляно-мазутно-сажевых пленок на поверхности водной среды нейтрализатора и, как следствие, процессов флотации закоксовывание ими каплеуловительных решёток на выходе из нейтрализатора. Для устранения влияния продуктов неполного сгорания топлив и смазок на процессы нейтрализации мы в экспериментальной установке ввели фильтрационно-защитный блок от механических примесей.

Среднестатистические концентрации ( $\text{мг/м}^3$ ) ОГ ДВС, подаваемых в реактор, составляли: CO = 118,12;  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  = 82,87;  $\text{CO}_2$  = 1635,06; NO = 31,78;  $\text{O}_2$  = 84,7.

Эксперимент дал несколько неожиданных результатов.

Во-первых, неожиданным оказался прирост окислов азота: вместо исходных концентраций  $31,78 \text{ мг/м}^3$  после реактора их концентрации возросли и стабилизировались на уровне  $32,85 \text{ мг/м}^3$  (рисунок 1).

Причем увеличение концентраций  $\text{NO}_x$  сочеталось с нарастанием кислорода в ОГ после жидкостного нейтрализатора: с исходных 84,7 до стабильного уровня в  $148,71 \text{ мг/м}^3$  (рисунок 2).

Этот факт не подтверждает предположений, что в процессе каталитической очистки при нехватке кислорода динамическая система окислов азота может являться донором кислорода для окисления CO или других менее устойчивых соединений.

Установлен факт эффективности очистки ОГ ДВС от оксида углерода (с 118,12 до стабильного уровня в  $42,99 \text{ мг/м}^3$ ), т. е. в среднем на 64% относительно исходной концентрации (рисунок 3).

Неожиданным оказалось уменьшение концентраций диоксида углерода после контакта с

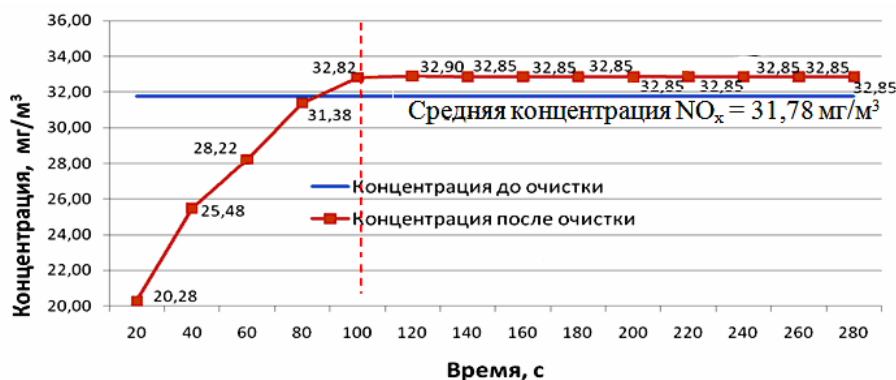


Рисунок 1. Прирост концентраций  $\text{NO}_x$  в процессе нейтрализации ОГ ДВС

катализатором: с исходных 1635,06 мг/м<sup>3</sup> до стабильного уровня в 1621,83 мг/м<sup>3</sup> вместо ожидаемого прироста за счет основной реакции окисления оксида углерода в условиях избытка кислорода (рисунок 4).

Априорно мы ожидали выявить существенный прирост концентраций двуокиси углерода,

равный объему уменьшения оксида углерода соответственно реакции  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ . Однако эксперимент не подтвердил ожиданий. Этот факт трудно связать с высокой степенью растворимости углекислого газа в водной части нейтрализатора (до 900 мг/с в объеме воды в ёмкости нейтрализатора), выявленный в ходе конт-

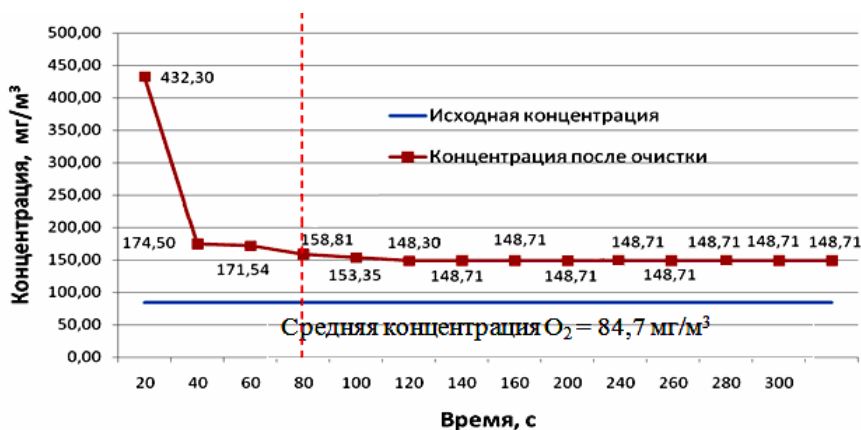


Рисунок 2. Прирост концентраций кислорода в отходящих газах после нейтрализатора в процессе нейтрализации ОГ ДВС

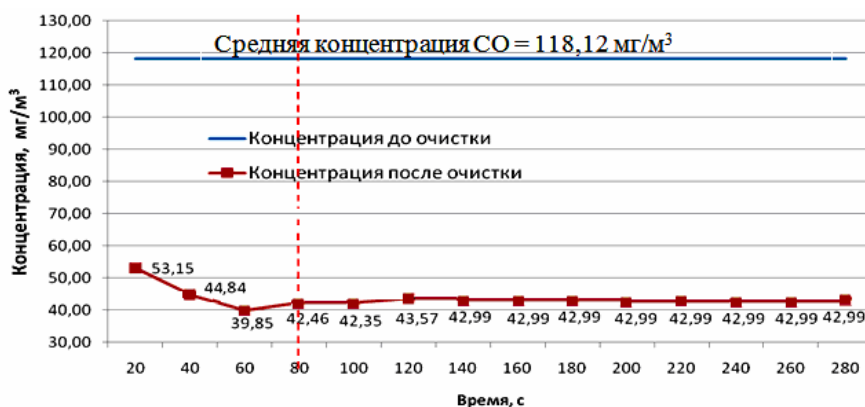


Рисунок 3. Резкое снижение концентраций CO в процессе каталитической нейтрализации ОГ ДВС

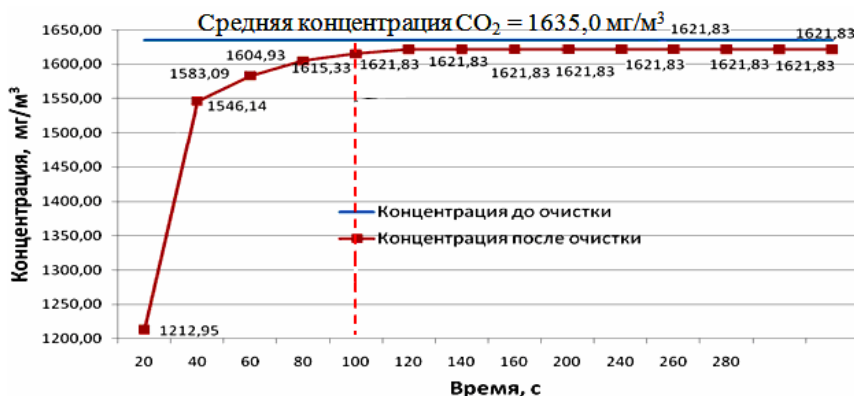


Рисунок 4. Изменение концентрации CO<sub>2</sub> в процессе нейтрализации ОГ ДВС

рольного эксперимента. Растворимость  $\text{CO}_2$  в воде имеет предел, а мы наблюдали стабильность протекания процессов в нейтрализаторе.

Неожиданным полезным результатом эксперимента оказался факт снижения суммарных концентраций углеводородов после нейтрализатора с  $82,87 \text{ мг/м}^3$  до стабильного уровня в  $71,17 \text{ мг/м}^3$  (рисунок 5).

Трактовка этого факта требует обсуждения результатов измерений. В настоящее время существует ложное представление о представительстве фракций углеводородов в ОГ ДВС. Суммарно считается, что  $\text{CH} = \text{C}_n\text{H}_m$ , в пересчете на гексан. В действительности углеводороды, в частности, гексан не могут «пробиться» в чистом виде в ОГ ДВС в существующих условиях утилизации: температура около  $2000^\circ\text{C}$  и практически взрывного горения в цилиндрах ДВС. Кроме этого, поток раскаленной азотной плазмы в выходном канале ДВС не способствует осуществлению реакций образования отдельных веществ из потока ионов.

Из международной практики химиков-аналитиков известно, что сумма бывших исходных углеводородов топливной смеси – это продукты пиролиза топлива и смазок, представленные сложной смесью алифатических углеводородов, альдегидов, фенолов и кетонов, представляющих собой яды первого класса опасности. Их количество (69 наименований) экологи обнаруживают сразу за срезом выхлопного патрубка любых ДВС [9].

В наших экспериментах суммарная концентрация продуктов пиролиза моторных топлив, носящих международное название – «гидрокарбоны», существенно уменьшалась после

прохождения через каталитический нейтрализатор. Если учесть, что эти продукты пиролиза бензина являются самыми токсичными ингредиентами состава ОГ ДВС, то удаление двухлитровым нейтрализатором даже 14% от суммы альдегидов, фенолов и кетонов снижает токсичное воздействие ОГ ДВС на приземный слой атмосферы. Это является дополнительным положительным эффектом от применения жидкостного нейтрализатора на основе водной взвеси оксидов меди, цинка и хрома.

Установлено влияние водной фазы нейтрализатора, выраженное в первые секунды начала барботажа ОГ ДВС. В эксперименте установлено, что для максимальной результативности очистки в выбранном нами жидкостном нейтрализаторе на основе водной взвеси оксидов меди, цинка и хрома требуется от 80 до 100 секунд.

В ходе эксперимента установлено, что уменьшение вдвое концентраций катализаторов в среднем на одну треть уменьшает эффективность очистки от  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$ , а применение малых доз (20% от использованных в указанной выше серии) делает процесс каталитической нейтрализации неэффективным.

Анализ удельных значений и эффективности использования экспериментальной установки позволил нам сформулировать существенные признаки макета промышленного образца каталитического нейтрализатора ОГ ДВС.

#### Выводы по результатам исследований:

1. Наибольшая эффективность нейтрализации  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$  и  $\text{NO}$  в ОГ ДВС выявлена при использовании никромовых катализаторов.

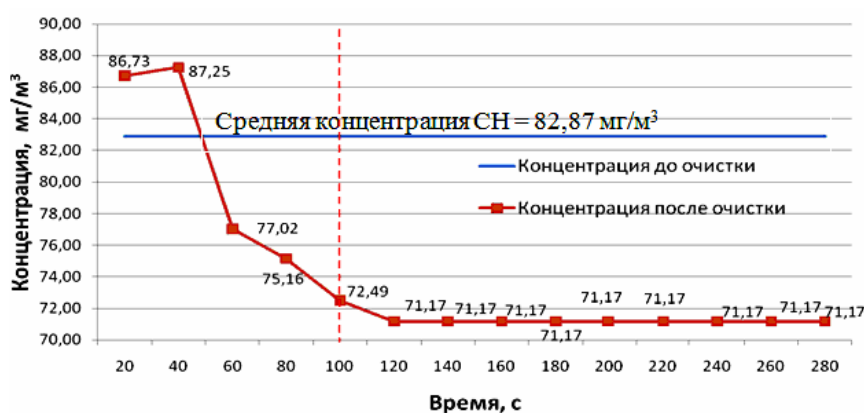


Рисунок 5. Изменение концентрации углеводородов в процессе нейтрализации ОГ ДВС

2. Абсолютная очистка ОГ ДВС от CO, CH и NO получена при температурах в реакторе, превышающих 650 °С.

3. Использование никромовых катализаторов в закрытых объёмах возможно только в сочетании с охлаждающими устройствами, исключающими возможность воспламенения мелкодисперсной пыли, присутствие которой неизбежно при существующих технологиях разработки карьеров.

4. Эксперимент очистки ОГ ДВС путём барботажа через водную взвесь окислов меди, цинка и хрома показал снижение концентраций оксида углерода на 64% и гидрокарбонатов на 14%.

5. Эксперимент показал, что увеличение концентраций окислов азота после нейтрализатора не вписывается в химизм основной каталитической реакции: восстановление оксида углерода до водорода в присутствии воды

на который ссылаются авторы патента-прототипа.

6. Установленный факт прироста концентраций кислорода после жидкостного нейтрализатора также не позволяет сделать вывод о роли окислов азота как доноров кислорода.

7. Использование жидкостного нейтрализатора с катализаторами в виде водной взвеси окислов меди, цинка и хрома в закрытых объёмах возможно только в сочетании с ловушками окислов азота.

8. Принципы новых каталитических процессов очистки ОГ ДВС, испытанные на наших опытных моделях, могут быть использованы на отечественных большегрузных автомобилях, на которых отсутствуют электронные системы управления процессом сгорания топливной смеси. Они могут быть реализованы путём создания комбинированных нейтрализующих устройств без использования драгоценных металлов.

27.06.2014

#### Список литературы:

1. Вольнов, А.С. О системном подходе к оценке влияния автотранспортных средств в процессе эксплуатации на экологию городов / А.С. Вольнов, Л.Н. Третьяк // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – №1. – С. 161-166.
2. Третьяк, Л.Н. Стандартизация патентного поиска и оценки новизны признаков предполагаемого изобретения на примере нейтрализаторов отработавших газов ДВС / Л.Н. Третьяк, Д.И. Ялалетдинова, Д.Ю. Шипилов // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник статей десятой международной научно-практической конференции. – Оренбург: ООО «Руссервис», 2011. – С. 325–330.
3. Блинные, В.И. Методика построения структурных матриц / В.И. Блинные [и др.]. – М.: ВНИИПИ, 1983. – 38 с.
4. Орлик, С.Н. Структурно-функциональный дизайн катализаторов конверсии оксидов азота (I), (II) / С.Н. Орлик, Т.В. Миролюк, Т.М. Бойчук // Теоретическая и экспериментальная химия. – 2012. – Т. 48, №2. – С. 67–87.
5. Кедик, Л.М. Использование метода газовой хроматографии для определения CO в воздухе / Л.М. Кедик, И.С. Новиков // Гигиена и санитария. – 1984. – №4. – С. 45–46.
6. Дмитриев, М.Г. Газохроматографическое определение CO в атмосферном воздухе / М.Г. Дмитриев, Г.М. Колесников // Гигиена и санитария. – 1980. – №3. – С. 53–54.
7. Бусыгин, А.Н. Очистка выхлопных газов бензиновых двигателей внутреннего сгорания на железохромоксидном катализаторе / А.Н. Бусыгин: автореферат дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Спец. 03.00.16 – Экология. – Казань, 2003. – 18 с.
8. Сайкин, А.М. Обоснование и разработка комплексных методов снижения загрязнения в кабинах карьерных самосвалов отработавшими газами дизелей.: дисс. ...доктора техн. наук: 05.05.03. / А.М. Сайкин. – Москва: Науч-исслед. автомоб. и автотранспорт. Ин-т «НАМИ», 2010. – 393 с.
9. Другов, Ю.С. Методы анализа загрязнения воздуха / Ю.С. Другов [и др.]. – М.: Химия, 1984. – 384 с.

#### Сведения об авторах:

**Вольнов Александр Сергеевич**, аспирант кафедры метрологии, стандартизации и сертификации Оренбургского государственного университета, e-mail: Volnov\_AS@mail.ru

**Третьяк Людмила Николаевна**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, доцент, e-mail: tretyak\_ln@mail.ru

**Герасимов Евгений Михайлович**, учредитель Оренбургского Центра Промышленной медицины, старший научный сотрудник по гигиене, e-mail: ew.gerasimov@yandex.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 4406, тел. (3532) 372560