

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ ИХ ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Г.В. Медведев, А.Л. Новоселов, Т.В. Новоселова, А.А. Мельберт

Определено влияние температуры отработавших газов дизеля на качество очистки от оксидов азота, оксида углерода, углеводов в пористых материалах, полученных высокотемпературным синтезом. Установлены диапазоны температур для высокоэффективной очистки газов.

Ключевые слова: температура, отработавшие газы, дизель, качество, очистка, диапазоны, оксиды азота, углеводороды, оксид углерода.

Использование полезных ископаемых в системах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), при получении пористых проницаемых каталитических материалов практически не описано в литературе. При оценке каталитических материалов в первую очередь исследователей интересуют диапазоны рабочих температур и качество очистки газов.

Одним из основных требований к эффективности каталитических нейтрализаторов для дизелей является высокая степень очистки отработавших газов от оксидов азота. Встает задача применения катализаторов, обеспечивающих превращение продуктов окисления в ходе реакций в камерах сгорания до конечных молекулярных: азота N_2 , диоксида углерода CO_2 и воды H_2O . Однако, по ряду причин полной конверсии продуктов сгорания не может происходить. Остается снижение вредных выбросов и, в первую очередь, оксидов азота NO_x . Апробировано множество катализаторов, однако среди всех выгодно выделяются родий Rh , платина Pt , палладий Pd и иридий Ir [1].

Определение температурных диапазонов эффективности применения отдельных катализаторов было проведено путем испытаний пилотной установки нейтрализатора отработавших газов дизеля 8Ч12/12. Результаты исследований представлены на рисунках 1, 2, 3.

На рисунке 1 приведены результаты определения температурных диапазонов и эффективности очистки отработавших газов от оксидов азота NO_x .

Наиболее эффективным по снижению оксидов азота оказался СВС-каталитический материал с содержанием родия Rh в количестве 0,1%. Однако диапазон его эффективно-

сти находится в диапазоне высоких температур отработавших газов, а эффективность снижения выбросов оксидов азота составила от 73...82% при 620К до 87...92% при 900К. диапазон рабочих температур соответствует нагрузке дизеля 75...100%. Автомобильные дизели работают при нагрузках до 75-80%, а дизели в составе ДГА выходят на нагрузки до 100% менее 2% от всего рабочего времени. Лишь тракторные дизели работают при нагрузках по внешней скоростной характеристике. А это значит, что каталитические блоки, содержащие Rh , необходимо на подавляющем большинстве режимов прогревать дополнительно до температур 625...630К для обеспечения высокой эффективности очистки отработавших газов от оксидов азота.

Применение каталитического СВС-материала с добавлением монацита можно считать конкурирующим с СВС-материалом содержащим родий. Эффективная очистка газов от NO_x начинается с температуры 575 К (62...74%). Качество очистки возрастает с увеличением температуры и при 850 К достигает 76...84%.

Привлекательным оказалось и использование палладия Pd в составе СВС-каталитических блоков. Применение его обеспечивало эффективность очистки газов от оксидов азота от 50...62,5 % при 550 К до 81...87 % при 850 К. Прогрев нейтрализатора с блоками, содержащими Pd , необходим только на режимах малых нагрузок и холостых ходов до температуры 550 К.

Использованием иридия Ir в составе каталитических блоков до 0,1 % удается расширить температурный диапазон эффективной очистки отработавших газов от оксидов азота NO_x , но при этом иметь более скромные результаты по сравнению с использова-

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ ИХ ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

нием Rh и Pd. Так, эффективность очистки от NO_x составила от 45...55 % при 520 К до 65...67 % при 850 К. Диапазон активности этого катализатора по температурам отработавших газов практически охватил не все режимы эксплуатации дизеля.

Применение пористых проницаемых металлокерамических блоков, полученных по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, блоков из кордиерита $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$, карбида кремния, легированной стали, алюминия, титана с высокими площадями активной поверхности нашли применение с пропитками растворами соединений Li, Na, Ca, K, Mg, Cr, Ba, Sr или покрытиями тонким слоем благородными и редкоземельными металлами, например, Pt, Pd, Ru, Os и другими.

Эффективность до 90 % очистки отработавших газов от углеводородов достигнута на смесевых катализаторах $60\%\text{MnO}_2 + 40\%\text{CuO}$, $\text{CuO} + \text{Zn}$ на носителях из Al_2O_3 . Использование СВС-технологий позволило получить каталитические материалы, уступающие по снижению выбросов C_xH_y только на 5...7 % катализаторам из благородных металлов.

Испытания на пилотной установке позволили одновременно на газе одного состава, с одинаковой температурой и плотностью, скоростью потока, на каталитических блоках одинаковой конструкции, с одинаковой пористостью структуры материала и извилистостью пор определить температурные диапазоны наибольшей эффективности очистки газов от C_xH_y для различных катализаторов в составе СВС-блоков.

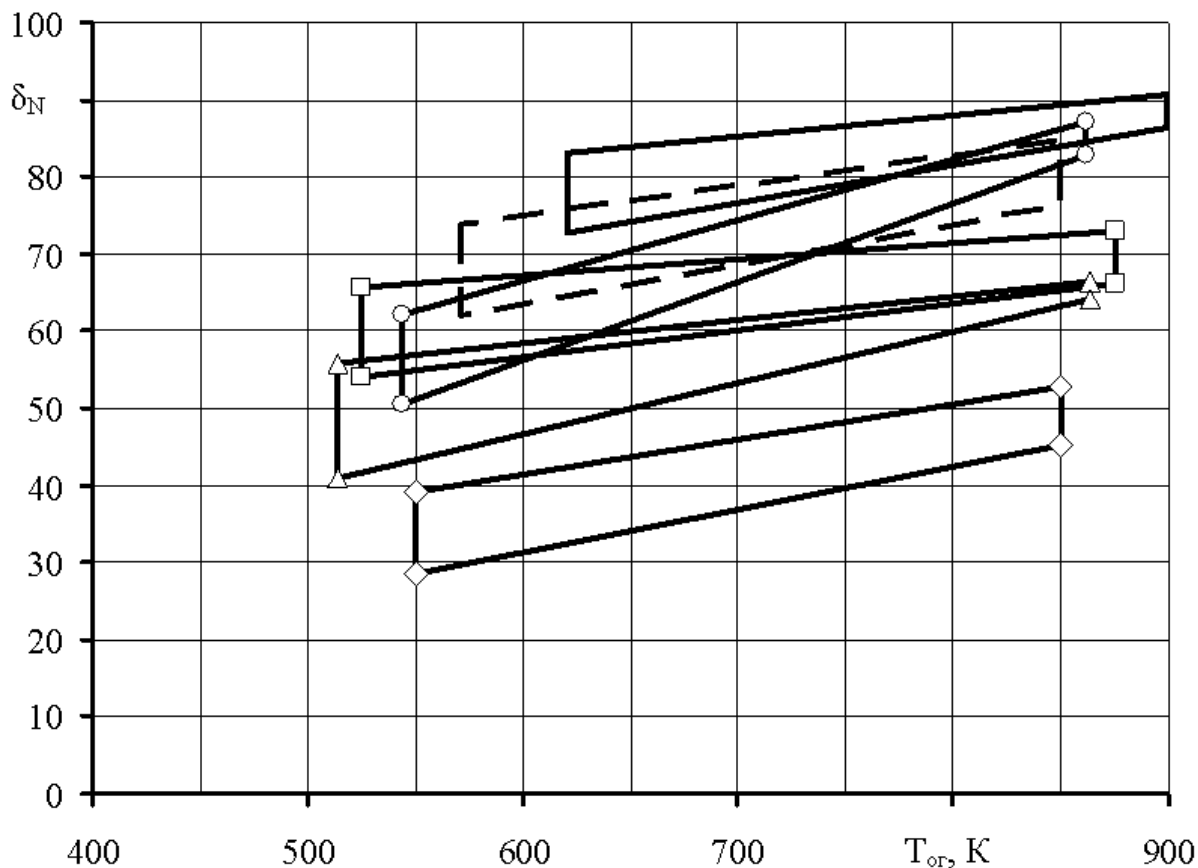


Рисунок 1 - Температурные диапазоны и эффективность очистки отработавших газов от оксидов азота при использовании композитных каталитических СВС-материалов на основе базового состава:
 — — — с родием, — ○ — — с палладием, — △ — — с иридием, — — — — с моноцитом,
 — □ — — с бастензитом; — ◇ — — с лопаритом

Ценность результатов таких испытаний заключается не только в одновременности по времени, но и в соблюдении идентичности ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/1 2012

условий. Это позволило на одинаковом фоне воздействия на процессы окисления продуктов неполного сгорания и восстановления

оксидов азота в присутствии других химических элементов рассмотреть эффективность использования тех или иных катализаторов, полученных ранее по СВС-технологиям в АлтГТУ им. И.И. Ползунова [2].

При использовании в пористых проницаемых СВС-материалах до 0,1 % иридия Ir эффективность снижения выбросов C_xH_y составила от 72...81 % при 515 К до 81...87 % при 870 К.

Значительная эффективность снижения выбросов C_xH_y обнаружена при применении родия Rh в качестве катализатора в составе СВС-материала. Она составила от 72...83 % при 450 К до 88...92 % при 860 К. С точки зрения эксплуатации этот катализатор имеет

широкий температурный диапазон рабочих режимов.

Применение в составе шихты руды монацита в качестве катализатора СВС-материала для снижения выбросов углеводородов оказалось перспективным по двум причинам: температурный диапазон воздействия такого катализатора на C_xH_y значителен (480...865 К), а эффективность очистки от C_xH_y составила от 64...72 % при 480 К до 83...87 % при 865 К.

Катализатор на основе соединений меди Pd уступает по эффективности предыдущему. Содержание C_xH_y в отработавших газах снижалось с 57...67 % при 440 К до 80...84 % при 865 К (см. рисунок 2).

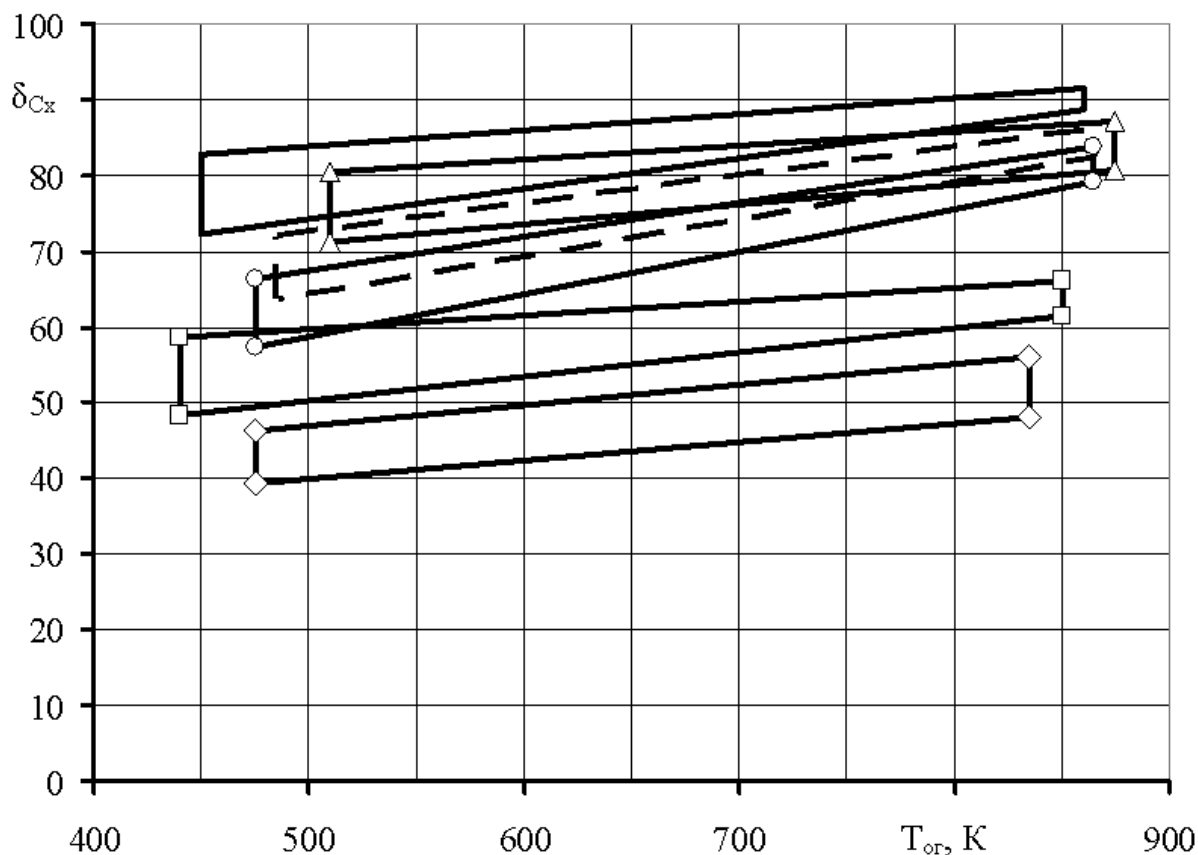


Рисунок 2 - Температурные диапазоны и эффективность очистки отработавших газов от углеводородов при использовании композитных каталитических СВС-материалов на основе базового состава: — с родием, — ○ — с палладием, — △ — с иридием, — — — с монацитом, — □ — с бастензитом, — ◇ — с лопаритом

Использование полученного нами нового материала с каталитическими свойствами на основе руды бастензита показало положительную сторону - работоспособность катализатора в диапазоне температур 440...850 К. Однако, качество очистки газов от углево-

дородов нельзя принимать достаточной: от 48...58% при 440 К до 62...66% при 850К.

Снижение выбросов оксида углерода с отработавшими газами дизелей остается одной из важнейших задач экологии транспортной энергетики. В составе отработавших га-

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ ИХ ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

зов дизелей содержится от $5 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-1}$ % оксида углерода по массе. Оксид углерода токсичен и его выбросы нормируются отечественными и зарубежными стандартами.

На рисунке 3 представлены в виде графиков обобщенные результаты эффективности снижения выбросов СО в зависимости от температуры отработавших газов.

Характерным является то, что при использовании палладия Pd в количестве до 0,2 % по массе металлокерамических пористых проницаемых каталитических блоков

эффективность очистки от оксида углерода СО составила от 56...74 % при 450 К до 96...95 % при 700 К. На режимах работы с температурой ниже 450 К эффективность очистки резко снижалась. Необходимо учитывать и то обстоятельство, что при испытаниях на пилотной установке, она не стыковалась напрямую с выпускным коллектором дизеля, и поддержание рабочего диапазона эффективной очистки газов оказалось весьма затруднительным.

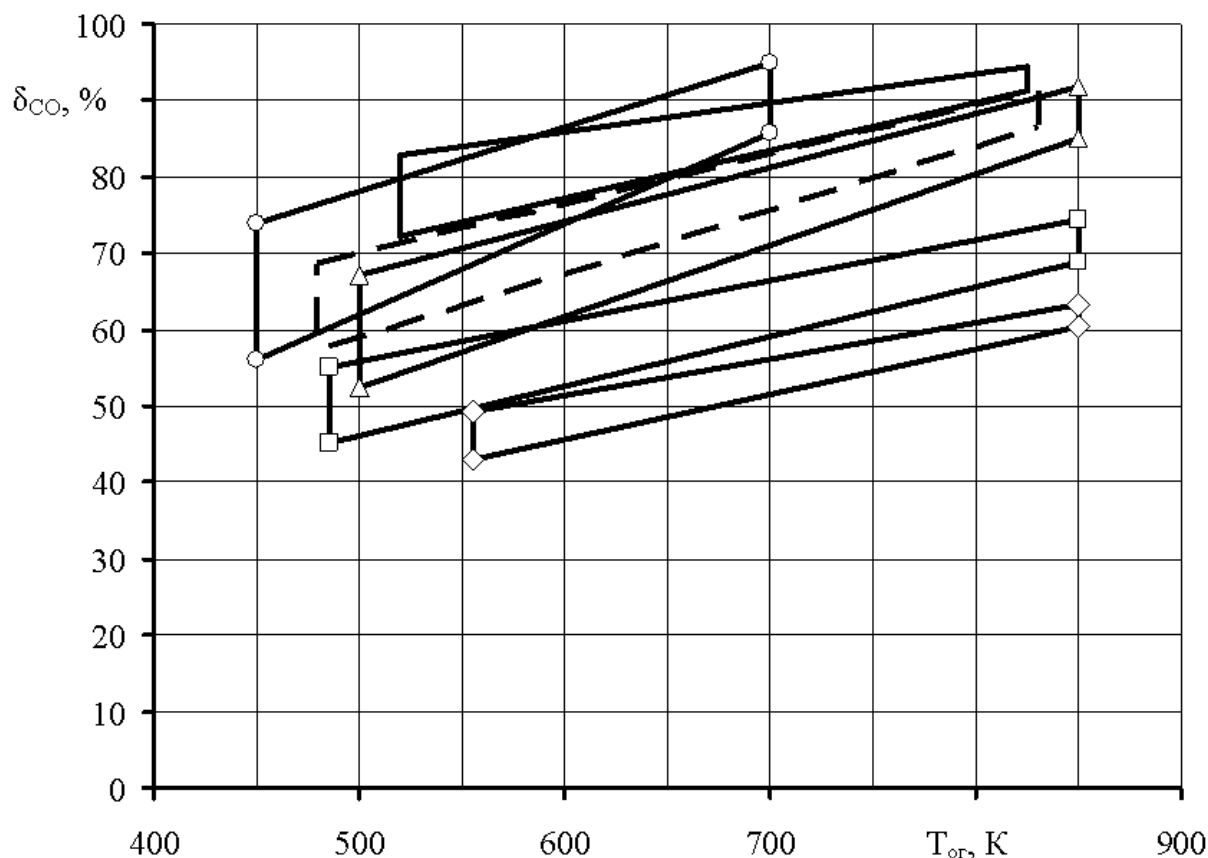


Рисунок 3 - Температурные диапазоны и эффективность очистки отработавших газов от оксида углерода при использовании композитных каталитических СВС-материалов на основе базового состава: — — — с родием, —○— с палладием, —△— с иридием, — - - - с моноцитом, —□— с бастензитом, —◇— с лопаритом

Эффективность очистки газов от СО при использовании иридия Ir в количестве до 0,1 % по массе металлокерамических блоков составила от 53...67% при 500 К до 86...92 % при 850 К. Дальнейшее повышение температуры газов приводит к снижению эффективности очистки. Привлекает довольно широкий диапазон температур эффективности очистки газов от СО при использовании иридия в со-
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/1 2012

ставе каталитических материалов.

При использовании в составе каталитических материалов родия Rh до 0,1% по массе металлокерамических блоков эффективность очистки газов от СО от 72...83 % при 520 К до 91...94 % при 820 К (см. рисунок 3).

Обнаружено, что в диапазоне высоких температур отработавших газов эффективен каталитический материал, содержащий мо-

ноцита в шихте. Эффективное снижение выбросов СО начинается при 480 К. Эффективность очистки составляет от 57...69 % при 480 К до 87...92 % при 850 К.

Использование каталитического материала металлокерамических блоков на основе бастензита имеет широкий диапазон рабочих температур. Эффективность очистки составила от 45...55 % при 480 К до 68...75 % при 850 К. При температурах ниже 450 К катализатор практически не работает, а при температуре свыше 850 К эффективность очистки резко падает.

Введение лопарита в состав шихты при изготовлении каталитических блоков привело к низкой эффективности по снижению содержания оксида углерода в отработавших газах дизеля в широком диапазоне температур. Эффективность очистки составила от 43...50 % при 560 К до 60...63 % при 850 К. Это не дает возможность решать экологическую проблему транспортной энергетики. Поэтому лопарит можно использовать в составе каталитических блоков только в комплексах с другими катализаторами.

Необходимо отметить, что для повышения эффективности очистки от СО в каталитических нейтрализаторах отработавших газов последние необходимо подогревать до рабочих температур катализаторов на ряде режимов работы дизеля.

В результате изучения составов ряда распространенных руд, содержащих компоненты, присутствующие в шихте базового состава авторы пришли к выводу о том, что для получения интерметаллидных катализаторов можно использовать, например, руды монацита, бастензита, лопарита и цеолита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельберт, А.А. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей. - Новосибирск: Наука, 2003. - 170 с.

2. Евстигнеев, В.В. Применение СВС-фильтров для создания пористых каталитических нейтрализаторов / В.В. Евстигнеев, О.А. Лебедева, Н.П. Тубалов / Материалы междунар. н.-т. конф. «Совершенствование быстроходных дизелей» - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999. - С. 136.

3. Мельберт, А.А. Работоспособность каталитических нейтрализаторов отработавших газов/ А.А. Мельберт, А.А. Жуйкова, Л.С. Юдина // Вестник КГТУ. Серия Транспорт. Выпуск 40.2006. - С. 40-44.

4. Новоселов, А.Л. Совершенствование очистки отработавших газов дизелей на основе СВС-материалов/ А.Л. Новоселов, В.И. Пролубников, Н.П. Тубалов. - Новосибирск: Наука, 2002. - 96 с.

Медведев Г.В., к.т.н., доц. кафедры Автомобиля и тракторы, докторант

e-mail: at-05@list.ru

тел. (83852) 290815

Новоселов А.Л., д.т.н., проф., Зав. каф. Автомобиля и тракторы

Новоселова Т.В., аспирант кафедры Автомобиля и тракторы

Мельберт А.А., д.т.н., проф., Зав. каф. Безопасности жизнедеятельности

e-mail: aamelbert@mail.ru

тел. (83852) 290945

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Барнаул, просп. Ленина, 46.