

РАСХОД ГАЗОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В СОСТАВЕ СВС-БЛОКОВ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

А. Л. Новоселов¹, Д. Н. Титов², К. С. Боков³, Н. П. Тубалов⁴

^{1, 3, 4} Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул

² Восточно-Казахстанский национальный технический университет,
г. Усть-Каменогорск

Расход газов с высокой температурой создает тепловой напор на поверхности и в порах СВС-материалов, используемых в качестве каталитических фильтров устройств для очистки отработавших газов. Естественно появляется интерес к определению влияния расхода газов на каталитические свойства материалов.

Испытания, проведенные с образцами каталитических блоков из СВС-материалов на установке, показали, что эффективность катализатора при использовании в составе материалов палладия Pd по снижению выбросов оксидов азота NO_x с отработавшими газами при расходах через КН с каталитическим СВС-блоком 70...100...130...160 нм³/ч составила соответственно 65...58...50...46 %. Высокая эффективность очистки газов от NO_x объясняется тем, что температуры отработавших газов составляют соответственно 820...855...890...920 К (рисунок 1). Газ пропусклся одновременно через шесть СВС-блоков с различным составом.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов оксида углерода СО при расходах газов в диапазоне 70...100...130...160 нм³/ч остается высокой и характеризуется 88...74...76...76 % соответственно. Температурный диапазон эффективного участка катализатора в процессе доокисления оксида углерода составляет 500...800 К, а эффективность воздействия на процесс снижения выбросов СО можно ожидать от 53...68 % до 85...92 %. В нашем случае в результате проведенных испытаний при всех расходах и значениях температур отработавших газов обеспечивалась высокая эффективность очистки от СО.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов оксида углерода СО при изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130...160 нм³/ч составила 95...92...91...86 % соответственно. Несмотря на то, что диапазон активного воздей-

ствия 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 при изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130...160 нм³/ч 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 в принципе 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 несколько различается. Это можно объяснить в основном тем, что в присутствии ряда катализаторов уменьшается температура воспламенения дизельной сажи и последняя полнее выгорает на поверхностях пористых проницаемых блоков нейтрализаторов или сажевых фильтров.

Эффективность катализатора Pd по снижению выбросов твердых частиц при изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130...160 нм³/ч характеризовалась снижением выбросов соответственно 91...87...80...83 % (рисунок 1).

РАСХОД ГАЗОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В СОСТАВЕ СВС-БЛОКОВ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

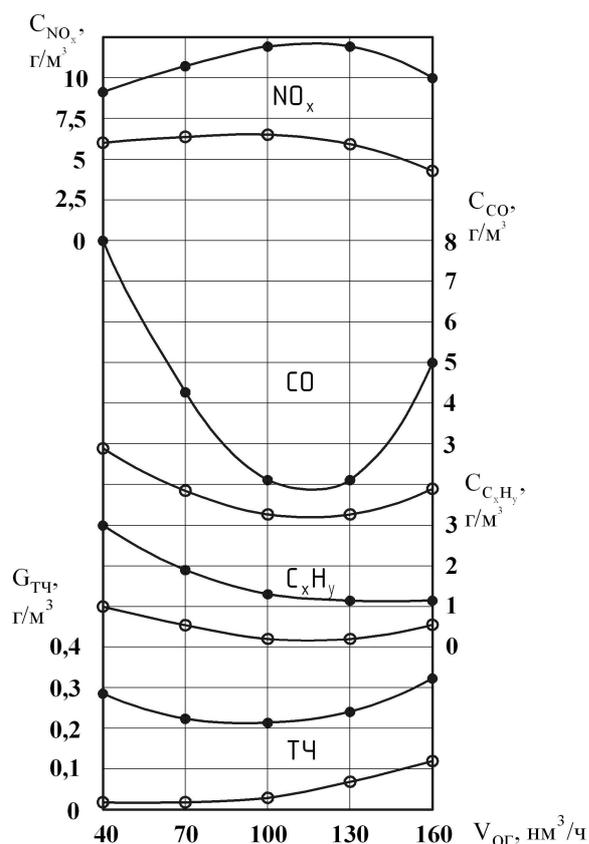


Рисунок 1 – Эффективность очистки отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением палладия Pd в количестве 0,2 % по массе шихты в зависимости от расхода газов, где ●—● – без КН; ○—○ – с КН

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.

Родий Rh представляет собой сильный катализатор в процессах окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксидов азота.

Нейтрализаторы с каталитическими материалами, содержащими Rh, имеют самую высокую степень очистки отработавших газов от оксидов азота. Температура отработавших газов при изменении расхода топлива изменялась от 820 до 925 К и попадала в диапазон эффективной очистки от NO_x в присутствии катализатора Rh. Неизвестными оставались данные о влиянии теплового напора на каталитический СВС-материал на эффективность очистки газов.

В результате испытаний на пилотной установке каталитических материалов было обнаружено, что эффективность катализатора с Rh по снижению выбросов оксидов азота NO_x с отработавшими газами при расходах газов в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ составила соответственно 49...52...52...56 % (рисунок 2).

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов оксида углерода CO при изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ составила соответственно 62...58...76...90 %. Это свидетельствует о росте эффективности и каталитических свойств катализатора, содержащего Rh, с ростом теплового напора на каталитические блоки.

Наибольший эффект повышения каталитических свойств с ростом теплового напора был обнаружен по снижению концентраций углеводородов в составе отработавших газов. Так, при расходах газов в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ снижение выбросов углеводородов происходило на 20...55...89...90 % соответственно.

Этот факт свидетельствует о закономерности, связывающей интенсивность подвода тепла к СВС-материалу с эффективностью окисления углеводородов.

Следует отметить факт увеличения температуры газов после прохождения их через стенку пористого проницаемого СВС-каталитического материала. Это свидетельствует о том, что в присутствии катализаторов происходят реакции доокисления продуктов неполного сгорания. Нами было обнаружено в различной мере увеличение температур для всех испытанных СВС-каталитических материалов. Данные, полученные в ходе испытаний, приведены в таблице 1.

Отдельное внимание необходимо уделить эффективности воздействия на содержание твердых частиц в составе отработавших газов.

По-видимому, Rh способствует снижению температуры воспламенения сажи на поверхностях СВС-каталитических материалов. Этим можно объяснить то, что содержание твердых частиц в отработавших газах значительно снижается, а температура после прохождения через СВС-блок возрастает.

Эффективность этого катализатора по снижению выбросов твердых частиц с отработавшими газами при расходах газов в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ составляет соответственно 64...67...63...77 %.

Таблица 1 – Данные об увеличении температур газов при прохождении через стенку СВС-каталитических материалов

Катализатор в составе СВС-материала	Содержание катализатора, %	Расход отработавших газов, $\text{нм}^3/\text{ч}$	Температуры, К		ΔT , изменение, град.
			До каталитического блока	После каталитического блока	
Палладий Pd	0,3	153	920	965	45
Родий Rh	0,1	153	920	960	40
Иридий Ir	0,1	153	920	970	50
Комплекс Cu-Cr	13	153	920	945	25
Комплекс Cu-Ni	19	153	920	945	25
Комплекс Cu-Cr-Pd	13,6	153	920	975	55

В результате сравнения результатов эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества очистки на 10- 12 % при использовании в составе материала родия Rh.

Изменение эффективности каталитической очистки было обнаружено и при испытании пористых проницаемых СВС-блоков, при изготовлении которых в шихту добавлялся иридий. Условия испытания были идентичными, как и для блоков с Pd и Rh, что обеспечивалось разработанным комплексом с пилотной установкой.

В результате испытаний пористого проницаемого СВС-материала с содержанием Ir было обнаружено, что эффективность катализатора из СВС-материала с содержанием иридия Ir по снижению выбросов оксидов азота NO_x с отработавшими газами при изменении расхода последних в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ составляет соответственно 53...50...49...46 % (рисунок 3).

Нейтрализаторы с каталитическими СВС-блоками, содержащими Ir, обеспечивают высокую степень очистки отработавших газов от оксида углерода CO от 56...72 % до 87...95 % в диапазоне температур 450... 950 К. При проведении испытаний изменение температуры входило в этот диапазон.

Эффективность разработанного катализатора по снижению выбросов оксида углерода CO при изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130... 160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ характеризуется значениями 49...50... 50...50 % соответственно, а некоторые несоответствия в значениях эффективности можно объяснить неидентичностью условий, в частности, неидентичностью содержания кислорода в зоне окисления CO в каталитических СВС-блоках, неидентичностью составов газов, т. к. работа на смесевых составах и реальном газе различается.

При изменении расхода отработавших газов в диапазоне 70...100...130...160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ катализатор с Ir обеспечивает снижение выбросов C_xH_y соответственно на 90...82... 73...67 %.

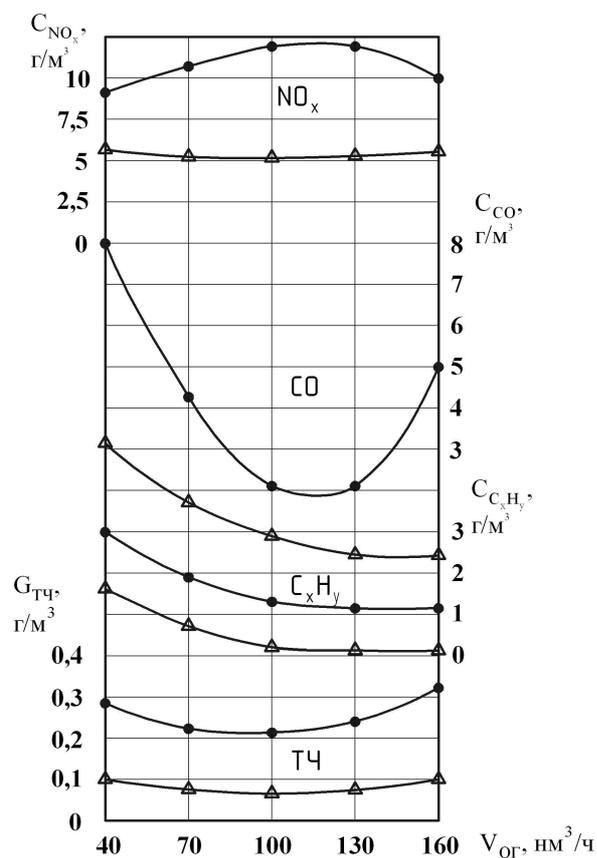


Рисунок 2 – Эффективность очистки отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением родия Rh в количестве 0,1 % по массе шихты в зависимости от расхода газов, где ●—● – без КН; ▲—▲ – с КН

РАСХОД ГАЗОВ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В СОСТАВЕ СВС-БЛОКОВ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

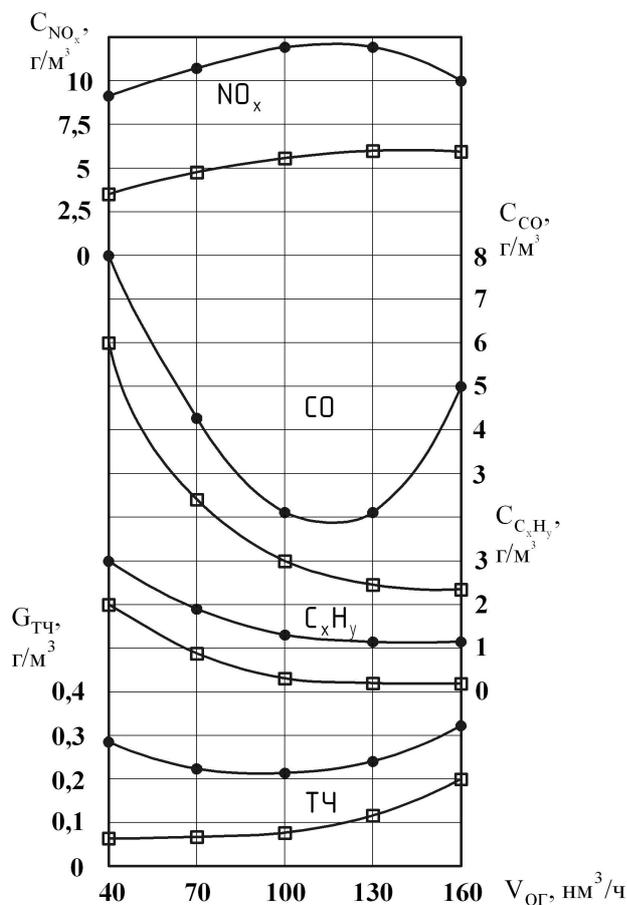


Рисунок 3 – Эффективность очистки отработавших газов дизеля в СВС-катализаторных блоках нейтрализатора с добавлением иридия Ir в количестве 0,1 % по массе шихты в зависимости от расхода газов, где ●—● — без ИИ; □—□ — с ИИ

Характер эффективности объясняется тем, что температура отработавших газов является близкой к температурному диапазону эффективной работы катализатора.

Проявление каталитических и фильтрующих свойств СВС-материалов при изменении расхода отработавших газов было так-

же проверено на экспериментальном комплексе с пилотной установкой. При этом было обнаружено, что для СВС-материалов с содержанием Ir при изменении расхода газов в диапазоне 70...100...130...160 $нм^3/ч$ эффективность очистки газов от твердых частиц составила 85...58...57...44 % соответственно.

В результате сравнения результатов эффективности очистки газов от твердых частиц в пористых СВС-блоках на основе Fe-Al с теми же характеристиками установлено повышение качества очистки на 12-13 % при использовании в составе материала иридия Ir.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, В. Н. Режим турбулентной фильтрации // Повышение экологич. безопасн. автотракт. техники: сб. статей; под ред д.т.н., проф. А. Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1999. – С. 72-77.
2. Медведев, Ю. С. Новый взгляд на проектирование каталитических нейтрализаторов // Двигателестроение. – 2004. – № 2. – С. 23-24.
3. Мельберт, А. А. Эффективность СВС-катализаторных блоков в нейтрализаторах для дизелей / А. А. Мельберт, А. А. Новоселов // Вестник АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – 1999. – № 2. – С. 157-158.
4. Пугач, Р. А. Каталитический нейтрализатор с поперечной системой газораспределения / Р. А. Пугач, А. В. Стороженко, В. И. Пролубников // Повышение экологич. безопасн. автотракт. техники: сб. статей; под ред. д.т.н., проф., акад. А. Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2004. – С. 80-83.
5. A dual-track approach to cleaner exhaust emission // Transp. Eng. – 2002. – Nov. – P. 34.
6. Bartsch Chistian Der Metallkatalysatorals Variables System // MTZ: Motortechn. Z. – 2004. – 65, № 10. – P. 798-803.
7. Catalytic converters for 2005 // Metal Bull. Mon. – 1999. – June. – P. 59.