

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ

Ю.В. Павлова, Б.Ф. Бекбаев, А.А. Жуйкова, Л.С. Шуцкая, С.Н. Павлов

На примере дизеля 8Ч12/12 исследовано влияние температуры отработавших газов на каталитические свойства комплексов металлов в составе пористых проницаемых СВС-материалов. Исследованы комплексы Cu-Cr, Cu-Ni, Cu-Cr-Pd, Ir, Rh. Приведены значения эффективности очистки отработавших газов от оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых частиц в зависимости от температуры газов.

Authors have studied the influence of temperature of exhaust gases on the catalytic properties of metal complexes in the structure of porous permeable SVS-materials on example of 8Ch12/12 diesel. Complexes of Cu-Cr, Cu-Ni, Cu-Cr-Pd, Ir, Rh were examined. Article presents the magnitudes of cleaning efficiency of the exhaust gases of nitric oxides, hydrocarbons, carbon oxide, and solid substances depending on temperatures of the gases.

Для получения пористых проницаемых материалов с заданными свойствами необходим прочный металлокерамический каркас, в котором можно разместить ряд интерметаллидов, необходимых как катализаторы, но не дающих сплавов. Такие сплавы как Cu-Cr не существуют в природе, но они интересны как каталитические материалы для нейтрализаторов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Участие меднохромовых катализаторов на носителях из Al_2O_3 в окислении углеводородов и оксида углерода достаточно изучено в период становления и развития каталитической нейтрализации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

В процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза добавки меди Cu и хрома Cr превращаются в оксиды. Оксид хрома CrO_3 участвует в металловосстановительных реакциях с окалиной стали Fe_2O_3 и как оксид переходного металла выступает в роли катализатора, снижающего энергию активации $E_{акт}$ в реакциях окисления углеводородов и оксида углерода, твердых частиц, восстановления оксидов азота. Оксид меди способствует также ускорению реакций окисления и восстановления в каталитических нейтрализаторах.

При использовании в составе СВС-каталитического материала меднохромовых соединений Cu-Cr было обнаружено, что при изменении температуры отработавших газов, а следовательно, и температуры СВС-материала в диапазоне 670...820...920 К вы-

бросы оксидов азота NO_x снижаются соответственно на 40...54...75 % (рисунок 1).

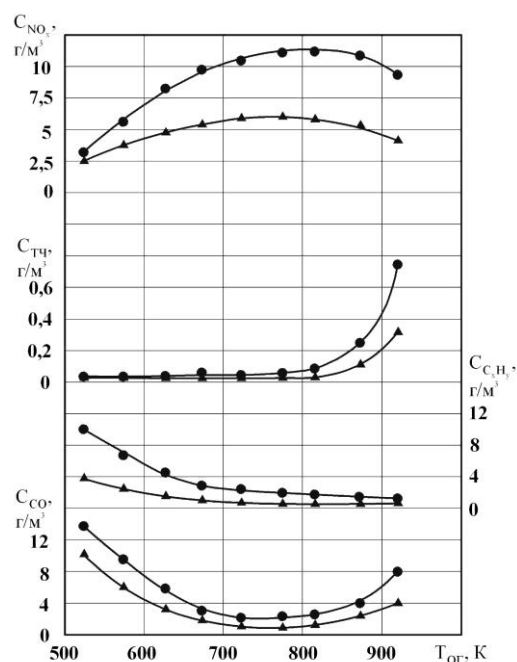


Рисунок 1 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением Cu-Cr в количестве 13 % по массе шихты в зависимости от температуры: ●—●— без КН; ▲—▲— с КН

Наивысшая активность соединений Cu-Cr по восстановлению оксидов азота находится в диапазоне температур 475...900 К и составляет от 43...50 % до 58...63 %. Таким образом, при достижении температуры

500...520 К следует ожидать начала эффективной (до 50 %) работы катализатора, хотя степень очистки будет незначительной.

Нейтрализаторы с каталитическими СВС-блоками, содержащими соединения Cu-Cr , обеспечивают высокую степень очистки отработавших газов от оксида углерода CO от 60...72 % до 72...81 % в диапазоне температур 630...890 К, однако это при условии одинакового содержания окислителя.

В наших условиях катализатор с содержанием соединений Cu-Cr при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К обеспечивал снижение содержания оксида углерода CO в отработавших газах соответственно на 50...57...62 %. Можно отметить, что активная работа катализатора по воздействию на процессы доокисления CO начинается только при достижении температуры 670 К. За активное воздействие катализатора на состав отработавших газов нами условно принято 50-процентное снижение одного из основных компонентов.

Одним из таких компонентов являются углеводороды C_xH_y (суммарно, приведенные к метану).

Воздействие катализатора на доокисление углеводородов C_xH_y в составе отрабо-

тавших газов дизеля характеризуется рабочим диапазоном температур от 450 до 850 К, в котором обеспечивается очистка от 48...54 % до 74...80 %.

Катализатор с содержанием соединений Cu-Cr способен при изменении температуры в диапазоне 670...820...920 К снижать выбросы C_xH_y с отработавшими газами соответственно на 74...57...54 %. Это очень важный момент, свидетельствующий о том, что Cu-Cr по отношению к доокислению углеводородов является низкотемпературным катализатором.

Присутствие Cu-Cr в пористом проницаемом СВС-материале, фильтрующем отработавшие газы, сказывается на эффективности снижения выбросов твердых частиц. Отмечено, что при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К выбросы твердых частиц с отработавшими газами снижаются на 50...84...83 % соответственно. Это свидетельствует о том, что катализатор Cu-Cr воздействует на процессы воспламенения сажи-стых частиц. Результаты моделирования влияния расхода и температуры отработавших газов на качество очистки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования влияния расхода и температуры отработавших газов дизеля КамАЗ-740 на качество очистки в каталитическом нейтрализаторе с пористыми проницаемыми СВС-блоками, содержащими соединения Cu и Cr

Расход газов, кг/с	Степень снижения выбросов, %	Температура газов, К						
		300	400	500	600	700	800	880
11,6	δ_{NO_x}	27	61	82	83	80	77	72
	δ_{CH}	19	50	70	76	77	76	75
	δ_{CO}	16	45	64	74	80	84	86
	δ_{TC}	0	4	8	14	23	36	87
16,2	δ_{NO_x}	25	58	77	78	77	74	70
	δ_{CH}	14	40	60	71	72	72	71
	δ_{CO}	15	42	60	70	77	81	82
	δ_{TC}	0	2	7	12	21	34	65
20,8	δ_{NO_x}	20	55	75	75	72	70	65
	δ_{CH}	10	33	51	63	66	66	65
	δ_{CO}	10	40	55	65	72	76	78
	δ_{TC}	0	1	6	10	20	30	56
25,4	δ_{NO_x}	18	53	68	68	65	63	56
	δ_{CH}	8	28	44	54	54	55	54
	δ_{CO}	9	35	50	60	67	71	73
	δ_{TC}	0	1	5	9	18	29	50
30,0	δ_{NO_x}	15	43	61	60	57	54	48
	δ_{CH}	6	20	33	38	38	37	36
	δ_{CO}	8	29	43	52	59	63	65
	δ_{TC}	0	1	4	8	15	28	48

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ

В основе ускорения реакций окисления и восстановления в присутствии катализаторов лежит воздействие последних на процессы, связанное со снижением энергии активации $E_{акт}$.

Сочетания отдельных компонентов в составе каталитических материалов для нейтрализаторов отработавших газов могут определять новые эффекты по снижению энергии активации в реакциях окисления продуктов неполного сгорания и реакциях восстановления оксидов азота.

Известно, что никель Ni выступает в роли катализатора в процессах доокисления продуктов неполного сгорания углеводородных топлив. Медь Cu в сочетании с Ni дает дополнительный эффект каталитического окисления за счет снижения энергии активации $E_{акт}$.

Проверка эффективности использования в составе СВС-каталитического материала комплекса Cu-Ni показала, что при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К выбросы оксидов азота NO_x с отработавшими газами снижаются соответственно на 30...46...40 % (рисунок 2).

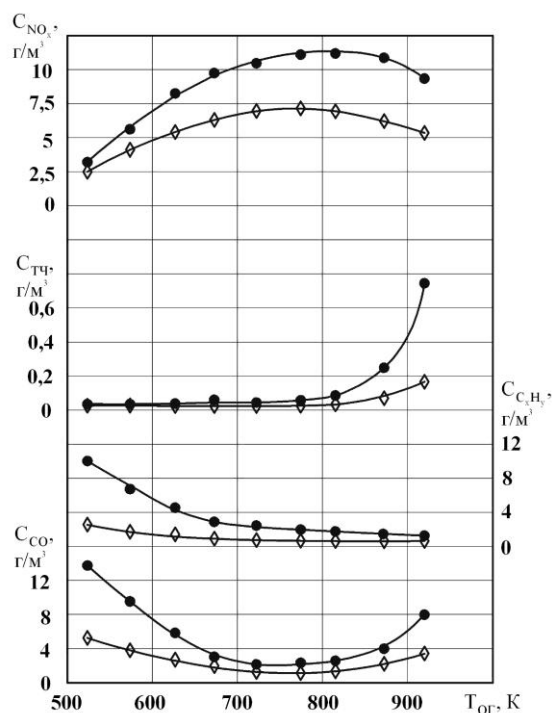


Рисунок 2 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением Cu-Ni в количестве 12,4 % по массе шихты в зависимости от температуры: ● – без

КН; ◇ – с КН

Наивысшая активность комплекса Cu-Ni по восстановлению оксидов азота находится в диапазоне температур 500...800 К и выше и составляет от 33...42 % до 40...50 %. Таким образом, при изменении температуры газов началом активной работы катализатора Cu-Ni по воздействию на процессы восстановления оксидов азота NO_x следует ожидать с 600 К. На режимах очистки с температурами газов ниже 500 К он будет малоэффективным.

Нейтрализаторы с каталитическими СВС-блоками, содержащими комплекс Cu-Ni, обеспечивают степень очистки отработавших газов от оксида углерода от 28...47 % до 35...59 % в диапазоне температур 550...750 К.

Несмотря на относительно невысокую эффективность очистки, блоки с содержанием комплекса Cu-Ni могут быть успешно применены в качестве одной из ступеней очистки газов.

Выявлено, что катализатор с содержанием комплекса Cu-Ni при изменении температуры отработавших газов и СВС-материала в диапазоне 670...820...920 К обеспечивает снижение содержания оксида углерода в отработавших газах соответственно на 50...57...58 %. При изменении температур в диапазоне 520...920 К активная работа катализатора по воздействию на процессы доокисления СО начинается с температур 650...670 К. Это говорит о том, что любое устройство для очистки газов с таким комплексным катализатором в составе СВС-материала необходимо устанавливать вблизи источника.

Катализатор с содержанием комплекса Cu-Ni способен при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К снижать выбросы C_xH_y с отработавшими газами соответственно на 50...57...53 %.

Наиболее эффективным оказалось снижение выбросов твердых частиц с отработавшими газами. Это говорит о том, что комплекс Cu-Ni воздействует на процесс дожигания сажистых частиц.

Присутствие комплекса Cu-Ni в пористом проницаемом СВС-материале, фильтрующем отработавшие газы, сказывается на эффективности снижения выбросов твердых частиц при изменении температуры. При изменении температур в диапазоне 670...820...920 К выбросы твердых частиц с отработавшими газами снижаются на 91...88...86 % соответственно.

В целях расширения познаний о каталитических свойствах СВС-материалов и дальнейшего апробирования созданного комплекса задача была расширена исследованием сложного комплекса Cu-Cr-Pd в составе СВС-материалов.

Комплексное использование нескольких катализаторов, хорошо зарекомендовавших себя по отдельности при очистке отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, вовсе не ставит целью получение нового суммарного эффекта (который, кстати, и не всегда наблюдается), а расширение температурных диапазонов эффективной очистки газов. Это привело бы к упрощению систем снижения вредных выбросов, исключению специальных систем подогрева и стабилизации температуры в реакторах нейтрализаторов.

Экспериментальное исследование по определению эффективности каталитической нейтрализации отработавших газов в блоках из СВС-материалов с содержанием комплекса Cu-Cr-Pd проведено на пилотной установке. Базовый состав шихты содержал по массе: легированной стали – 47,5 %; оксида хрома – 18 %; хрома – 5 %; никеля – 4,4 %; алюминия – 12,5 %; меди – 8 %; титана – 2,0 %; палладия – 0,6 %.

Для возможностей сопоставления результатов исследований при проведении работы в дальнейшем сохранена схема испытаний.

При изменении температуры газов и СВС-материала в диапазоне 670...820...920 К выбросы оксидов азота NO_x с отработавшими газами снижаются соответственно на 65...67...68 % (рисунок 3).

Во всем диапазоне температур отработавших газов наблюдалась высокая степень очистки от оксидов азота. Этим подтверждается смысл использования в качестве катализаторов соединений Cu-Cr-Pd.

Нейтрализаторы с каталитическими СВС-блоками, содержащими одновременно комплекс Cu-Cr-Pd, обеспечивают высокую степень очистки отработавших газов от оксида углерода CO от 72...84 % до 72...81 % в диапазоне температур 520...870 К, что при изменении температуры газов и СВС-материалов качество очистки улучшается. Это обстоятельство представляет большой интерес в связи с тем, что до настоящего времени такая степень очистки обеспечивается в основном за счет применения в составе материалов для нейтрализаторов отработавших газов редкоземельных элементов.

Воздействие комплексного катализатора определяется скоростями окисления углеводородов C_xH_y по наиболее действующему на энергию активации катализатору. В данном случае в качестве последнего (лидирующего) выступает, по-видимому, палладий Pd, а Cu и Cr расширяют температурный диапазон эффективности.

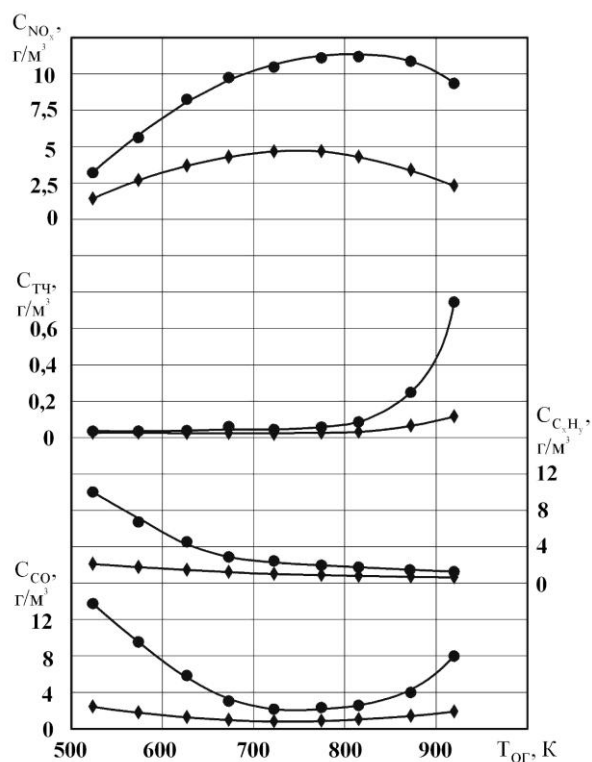


Рисунок 3 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением Cu-Cr-Pd в количестве 14 % по массе шихты в зависимости от температуры: ●—● – без КН; ◆—◆ – с КН

Созданный катализатор с содержанием комплекса Cu-Cr-Pd способен при температурах отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К снижать выбросы углеводородов C_xH_y с отработавшими газами соответственно на 75...76...87 %.

Воздействие созданного катализатора на выбросы твердых частиц характеризует его как снижающего температуру воспламенения сажистых частиц на поверхностях пористых проницаемых СВС-каталитических материалов. При температурах газов в диапазоне 670...820...920 К качество очистки газов от твердых частиц характеризуется снижением их выбросов соответственно на

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ

20...60...86 %. Это еще объясняется тем, что на режимах высоких нагрузок с отработавшими газами выделяется подавляющее количество крупных частиц, которые эффективнее улавливаются пористыми структурами.

Каталитические свойства материалов с известным составом для очистки газов можно сравнивать при его одинаковой пористости, при одинаковых условиях: температуре, расходе газов и количестве окислителя.

Использование палладия Pd в системах очистки отработавших газов производств и двигателей внутреннего сгорания достаточно изучено специалистами. Однако эффективность Pd в составе материалов, полученных по СВС-технологиям, оказалась вообще не изученной. В этих условиях затрудняется как поиск новых составов СВС-каталитических материалов, так и использование отрывочных сведений об эффективности Pd при проектировании нейтрализаторов отработавших газов.

Разработка новых материалов для каталитических нейтрализаторов связана, прежде всего, с тем, что в процессе очистки газов с поверхностей носителей наблюдается значительный унос катализаторов. Особенно это характерно для материалов, на поверхности которых катализаторы нанесены методами электролитического осаждения и пропиткой с последующей сушкой.

Использование перспективной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза позволяет получить прочные, стойкие к уносу газами катализаторов материалы.

Экспериментальное исследование по определению эффективности каталитической нейтрализации отработавших газов на СВС-материалах было проведено с соблюдением следующих условий: идентичности средних диаметров, размеров пор, пористости и извилистости пор. Это достигалось тем, что базовый состав шихты содержал: легированной стали – 47,5 %; оксида хрома – 18 %; хрома – 5 %; никеля – 4,9 %; алюминия – 12 %; титана – 11,5...11,6 % и до 1 % по массе различных катализаторов и присадок, в том числе палладия Pd – 0,3 %.

Исследование проведено на экспериментальной установке. Изучалось влияние температуры газов на каталитические свойства палладия Pd в составе СВС-материала. Все испытания проведены при одинаковых условиях окружающей среды: при температурах окружающей среды $T_o=300...303$ К, атмо-

сферном давлении $P_o=749-752$ мм рт. столба, влажности воздуха $W_o=72...79$ %.

Пористость СВС-материалов каталитических блоков составляла $P=0,47...0,49$; извилистость пор $\xi_{и}=1,38...1,40$; объем пористой массы $2,13 \cdot 10^{-3}$ м³; относительная площадь фильтрующей поверхности для режима максимального расхода газов $F_{фм}=1,64 \cdot 10^{-4}$ (м/ч)².

Пилотная установка с СВС-каталитическим нейтрализатором устанавливалась встык с одним из выпускным коллекторов дизеля, поэтому не возникало необходимости подогрева отработавших газов на режимах нагрузки свыше 50 %, на которых наблюдаются наиболее высокие уровни выбросов вредных веществ.

Ниже при описании эффективности очистки газов в пористых каталитических блоках с различным составом катализаторов речь будет идти об оценке начальной активности каталитических материалов.

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что на каталитических СВС-материалах с содержанием палладия Pd 0,3 % по массе при температурах очищаемых газов 670...820...920 К выбросы оксидов азота NO_x с отработавшими газами снижаются соответственно на 15...60...65 % (рисунок 4).

Низкая эффективность очистки от NO_x при температурах 520...670 К объясняется тем, что температура отработавших газов, соответствующая активному воздействию катализатора Pd на процессы восстановления оксидов азота, появляется, начиная со значения температуры отработавших газов 790 К (рисунок 4). Здесь и далее: C_{NOx} , C_{CO} , C_{CxHy} , $C_{Tч}$ – содержание в отработавших газах соответственно оксидов азота, оксида углерода, углеводородов (суммарно), твердых частиц.

При значениях температур отработавших газов дизеля 670...820...920 К выбросы оксида углерода CO снижаются соответственно на 75...86...92 %. Активное воздействие катализатора Pd на процессы доокисления CO начинается с температуры отработавших газов 520 К. Это обеспечивает качественную очистку газов от CO в широком диапазоне температур.

При указанных выше значениях температур отработавших газов выбросы в окружающую среду углеводородов C_xH_y (суммарно) снижаются соответственно на 50...84...83 %. Высокая эффективность очистки отработавших газов от C_xH_y объясняется тем, что палладий Pd воздействует на процессы до-

окисления углеводородов, начиная уже с температуры 450 К. Это указывает на большие возможности использования Pd в составе СВС-материалов для очистки газов.

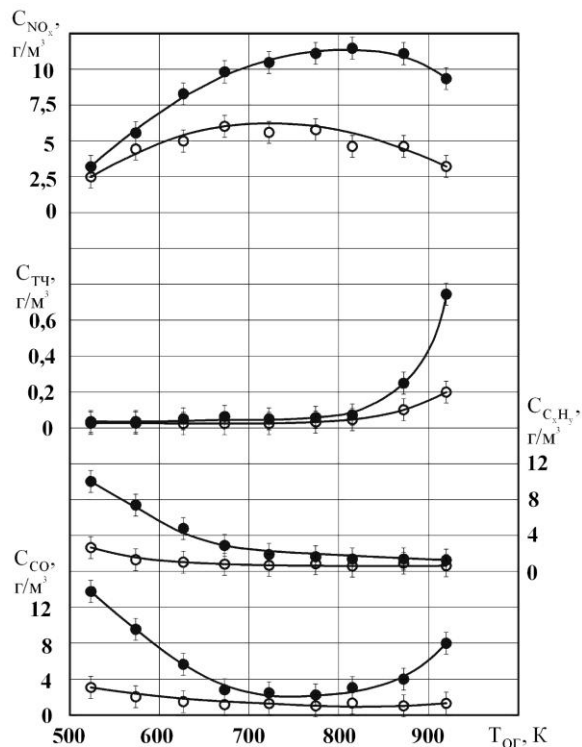


Рисунок 4 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением палладия Pd в количестве 0,3 % по массе шихты в зависимости от температуры: ● — без Rh; ○ — с Rh

Выбросы твердых частиц с отработавшими газами после фильтрации в пористом проницаемом СВС-материале с содержанием палладия Pd однозначно связаны с температурой газов. Это видно из графиков рисунка 1. При температурах газов до 800 К эффективность очистки достигает лишь 50 %, а с увеличением температур до 870...920 К возрастает до 65...67 %.

Это является свидетельством того, что при температурах свыше 800 К существуют условия каталитического воздействия Pd на процессы воспламенения и догорания сажи-стых частиц.

Привлекательность применения родия Rh в каталитических нейтрализаторах отработавших газов заключается в том, что уже малое процентное содержание его на поверхностях металлических или керамических носителей приводит к значительной эффек-

тивности снижения выбросов вредных веществ.

Родий Rh относится к d-элементам переходных металлов платиновой группы. Использование Rh в каталитических материалах для нейтрализаторов отработавших газов производится рядом ведущих автомобилестроительных фирм. Родий, как правило, наносится в виде тончайшего слоя на поверхности носителей.

Нами предпринята попытка использования Rh в материалах, получаемых самораспространяющимся высокотемпературным синтезом.

Эффективность очистки отработавших газов при использовании в составе СВС-каталитического материала до 0,1 % по массе родия Rh была оценена по результатам испытаний на установке. Пористость материала составляла $P=0,485$; извилистость пор $\xi_{и}=1,39$; объем пористой массы $2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что на каталитических СВС-материалах с содержанием родия Rh до 0,1 % по массе шихты (дозировка не оптимизировалась) при значениях температур отработавших газов 670...820...920 К выбросы оксидов азота NO_x с отработавшими газами снижаются соответственно на 50...42...25 % (рисунк 5).

Относительно невысокая эффективность очистки от NO_x при температурах газов до 620 К объясняется тем, что Rh как катализатор воздействует на процессы восстановления оксидов азота в границах температур 620...900 К и выше.

Разработанный СВС-катализатор с использованием Rh способен при изменении температур отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К снижать содержание оксида углерода CO в отработавших газах соответственно на 70...71...63 %. Наиболее высокая активность Rh по доокислению оксида углерода находится в диапазоне температур 500...850 К, а эффективность достигает при этом от 53...68 % до 85...92 %. Ввиду отсутствия оптимизации дозировки Rh в шихте для получения СВС-материала нами не получены результаты столь высокой очистки газов от CO, но существование оптимальных температур подтверждено.

Относительно углеводородов в составе отработавших газов складывается ситуация, состоящая в том, что уровень выбросов C_xH_y при увеличении температуры газов в диапазоне 670...820...920 К снижается неоднозначно соответственно на 33...50...52 %. Это го-

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ НА КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ СВС-МАТЕРИАЛОВ

ворит о том, что существуют оптимальные температуры для осуществления каталитической очистки.

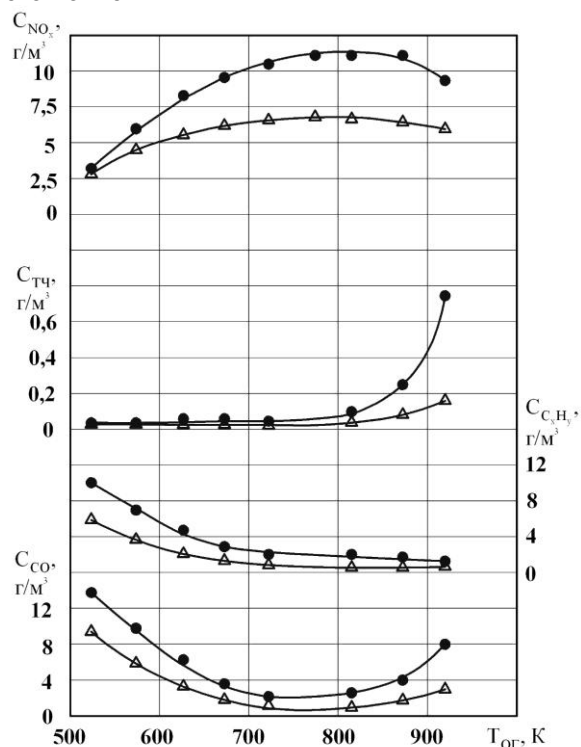


Рисунок 5 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением родия Rh в количестве 0,1 % по массе шихты в зависимости от температуры: ● – без КН; △ – с КН

Уровень ожидаемого наибольшего снижения выбросов C_{xH_y} составлял от 70...80 % при 510 К до 82...88 % при 875 К. Следует иметь ввиду, что для поддержания высокого уровня очистки газов от углеводородов следует поддерживать температуры в реакторах в пределах 510...875 К.

Эффективность очистки газов от твердых частиц незначительно ниже, чем в случае применения СВС-материала с палладием Pd, однако высока и достигает 58 % при 920 К.

Таким образом показано, что добавление Rh в количестве 0,1 % в шихту СВС-материала приводит к каталитическому воздействию на процесс очистки отработавших газов.

Введение в состав СВС-каталитических материалов d-элементов переходных металлов платиновой группы приводит к значительному усилению их каталитических свойств. Примером этому являются добавки

иридия Ir в состав шихты для получения пористых проницаемых материалов для каталитических нейтрализаторов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания.

Для качественной оценки влияния Ir на очистку отработавших газов проведены экспериментальные исследования, в которых в качестве источника вредных веществ выступал дизель.

При использовании в составе СВС-каталитического материала до 0,1 % по массе иридия Ir отмечались некоторые особенности очистки отработавших газов от вредных веществ при изменении температуры отработавших газов, связанные с каталитическим воздействием на процессы очистки, окисление и восстановление оксидов азота.

В ходе сравнительных испытаний было обнаружено, что на каталитических СВС-материалах с содержанием иридия Ir при изменении температуры отработавших газов, а следовательно и температуры СВС-материала в диапазоне 670...820...920 К выбросы оксидов азота NO_x с отработавшими газами снижаются соответственно на 25...49...17 % (рисунок 6).

Участие иридия Ir в процессах восстановления оксидов азота наиболее эффективно в диапазоне температур 575...850 К, а ожидаемая эффективность очистки может достигать при этом от 45...55 % до 65...67 %. Эти пределы относятся к результатам испытаний при одинаковых значениях избытка кислорода. Использование дизеля в качестве источника газов предполагало снижение коэффициента избытка воздуха от значений 8...9 до 1,5...1,55 с увеличением температуры газов до 920 К. Рост температур выше 850 К не означает прекращения воздействия Ir на процессы восстановления оксидов азота, однако эффективность очистки снижается.

Воздействие катализатора с содержанием Ir на доокисление углеводородов C_xH_y в составе отработавших газов дизеля характеризуется рабочим диапазоном температур от 475 до 870 К, в котором обеспечивается очистка от 57...67 % до 80...84 %.

Катализатор с содержанием Ir способен при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К снижать выбросы C_xH_y с отработавшими газами соответственно на 25...66...53 %. При этом обнаружено наибольшее влияние на снижение выбросов C_xH_y при температурах 800...850 К.

Присутствие иридия Ir в пористом проницаемом СВС-материале, фильтрующем отработавшие газы, сказывается на эффек-

тивности снижения выбросов твердых частиц. Отмечено, что при изменении температуры отработавших газов в диапазоне 670...820...920 К выбросы твердых частиц с отработавшими газами снижаются на 50...87...86 % соответственно.

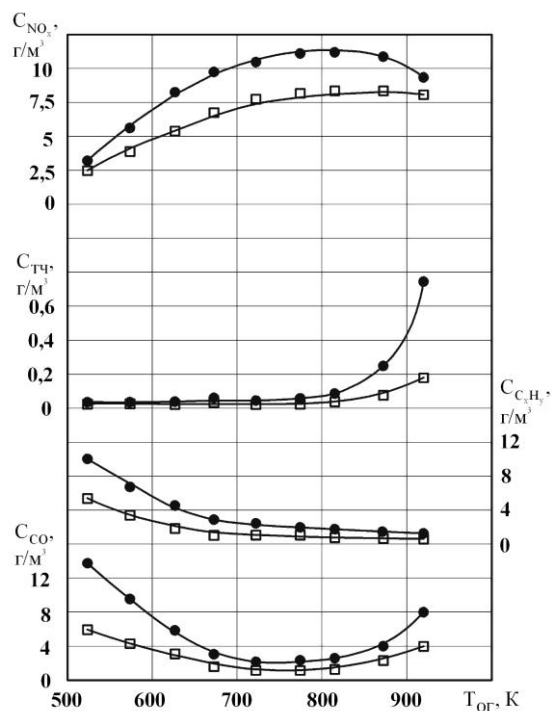


Рисунок 6 – Эффективность очистки при одинаковом расходе отработавших газов дизеля в СВС-каталитических блоках нейтрализатора с добавлением иридия Ir в количестве 0,1 % по массе шихты в зависимости от температуры: ● – без КН; □ – с КН

Особое внимание следует уделить проявлению каталитических свойств СВС-материале с содержанием Ir на доокисление продукта неполного сгорания – оксида углерода СО. При изменении температуры отработавших газов в диапазоне 520...670...820...920 К наблюдалось снижение выбросов СО соответственно на 55...50...50...50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник: перевод с англ. – М.: Изд-во «За рулем», 2000. – 896 с.

2. Assanis, D. N. Study of using oxygen-enriched combustion air for locomotive diesel engines / D.N. Assanis, R.B. Poola, R. Sekar, G.R. Cataldi // Trans. ASME. J. End. Gas Turbines and Power. – 2001. – 123, № 1. – P. 157-166.

3. Белоусов, В. В. Теоретические основы процессов газоочистки. – М.: Металлургия, 1988. – 254 с.

4. Булаев, В. Г. Гидродинамика сотовых катализаторов отработавших газов // Экология промышленности России. – 2003. – № 2. – С. 17-19.

5. Вагнер, В. А. Снижение дымности дизелей / В.А. Вагнер, А.Л. Новоселов, А.С. Лоскутов. – Барнаул: Б.И., 1991. – 140 с.

6. Варшавский, Л. И. Как обезвредить отработавшие газы автомобиля / Л.И. Варшавский, Р.В. Малов. – М.: Транспорт, 1968. – 128 с.

7. Development of closed loop secondary air control three-way catalyst system // SAE Techn. Par. Ser. – 1980. – № 800395. – P. 1-9.

8. Жегалин, О. И. Снижение токсичности автомобильных двигателей / О.И. Жегалин, П.Д. Лупачев. – М.: Транспорт, 1985. – 120 с.

9. Луканин, В. Н. Промышленно- транспортная экология: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с.

10. Мельберт, А. А. Оценка эффективности нейтрализации отработавших газов дизелей / А.А. Мельберт, А.С. Павлюк // Исслед. и соверш. быстроход. двигателей: межвуз. сб. науч. трудов. – Барнаул: АлтГТУ, 1997. – С. 5-8.

11. Мельберт, А. А. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей. – Новосибирск: Наука, 2003. – 170 с.

12. Мельберт, А. А. Эффективность СВС-каталитических блоков в нейтрализаторах для дизелей / А.А. Мельберт, А.А. Новоселов // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 1999. – № 2. – С. 157-158.

13. Новоселов, А. Л. Вредные выбросы дизелей, пути их снижения / А.Л. Новоселов, С.В. Новоселов, А.А. Мельберт // Соверш. машин, дизелей и теплоэнерг. установок: сб. науч. трудов; под ред. Н.А. Иващенко, В.А. Вагнера, Р.Ю. Русакова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – С. 148-158.

14. Новоселов, А. Л. Оценка эффективности очистки отработавших газов дизелей каталитических нейтрализаторов / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, А.В. Унгефук // Двигателестроение. – 2000. – № 3. – С. 35-36.

15. 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.