

## СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВС

*Институт механики и надежности машин НАНБ,  
Институт физико-органической химии НАНБ  
Минск, Беларусь*

Необходимость сохранения окружающей среды в пригодном для жизни будущих поколений виде является актуальной задачей для промышленно развитых стран. Основную роль в загрязнении атмосферы играют выбросы автотранспорта (60%), промышленности (17%) и энергетики (14%).

Установлено, что радикальное снижение токсичности отработавших газов в 10 и более раз может быть достигнуто путем каталитической нейтрализации. Уже с середины 1970-х годов в США и Японии, а позднее - в Австралии каталитические преобразователи были признаны универсальным методом очистки выхлопных газов. Поэтому разработка, исследование и внедрение отечественных нейтрализаторов - одно из важнейших условий оздоровления населения - должно стать приоритетным в развитии автомобильной промышленности [1].

Традиционные нейтрализаторы содержат нанесенные на гранулированные или блочно-сотовые носители металлы платиновой группы  $-Pt, Pd, Rh$ . Обладая высокой активностью в снижении токсичных выбросов, эти катализаторы имеют и высокую стоимость. Поэтому в последнее время продолжают интенсивные поиски, направленные на снижение их содержания или замену на неблагородные металлы. Широко признанным промотором, вводимым в состав трехмаршрутных катализаторов, является оксид церия. Увеличение его содержания значительно повышает степень конверсии токсичных составляющих в отработавших газах. Между тем оксид церия является основным компонентом полировальных порошков, используемых в производстве высокоточной оптики. Отработавшие порошки, не найдя повторного применения, выбрасываются в отвалы, что приводит к загрязнению рек и водоемов тяжелыми металлами.

В последнее время нами разработан ряд способов использования указанных отходов после их несложной очистки для получения катализатора преобразования оксидов углерода, азота и углеводородов в нетоксичные вещества. На основе этих работ был предложен способ получения катализаторов на пеноникеле. Вторичным слоем, наносимым на пеноблоки из никеля, был состав, включающий оксид алюминия, отходы полирующих средств («Церит» и «Полирит») и алюмосиликат [2].

В Национальной Академии Наук Беларуси были проведены испытания на вибрационную стойкость четырех образцов носителя (пеноникель) с активным слоем, нанесенным по различным технологиям. Испытания проводились на стенде, предназначенном для испытаний деталей двигателей внутреннего сгорания на сопротивление усталости. По результатам испытаний определена технология и соотношение компонентов, позволяющая получать катализатор, керамическое покрытие которого имеет наиболее высокую прочность сцепления с первичным носителем, что делает его наиболее приспособленным для работы в условиях эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

Активный компонент (палладий) вводили путем пропитки блочного носителя раствором аммиачного комплекса палладия, после чего блок сушили и прокачивали.

Удельная поверхность таких катализаторов находилась в пределах  $90-100 \text{ м}^2/\text{г}$ . Дожиг монооксида в лабораторных условиях при объемной скорости воздушной смеси, содержащей 1 об. % CO, имел место при  $125-150^\circ\text{C}$ .

Разработана конструкция нейтрализатора, действующего следующим образом. Выхлопные газы двигателя через приемную трубу поступают на вход нейтрализатора со стороны лямбда-датчика. Последний устанавливается с горячей стороны, т.к. для его нормальной работы требуется температура не менее  $300^\circ\text{C}$  на двигателе с обычной системой впрыска. На бензиновом двигателе с упрощенной системой подачи топлива лямбда-датчик не устанавливается. Пройдя через ряд отверстий центральной трубы, отработавшие газы попадают на катализатор, где и происходит процесс каталитического окисления. Блок нейтрализации имеет наборную конструкцию, и число пластин может изменяться в зависимости от требований по цене и степени очистки. Далее газы проходят наружное кольцевое отверстие и попадают в выпускную трубу (рис. 1).

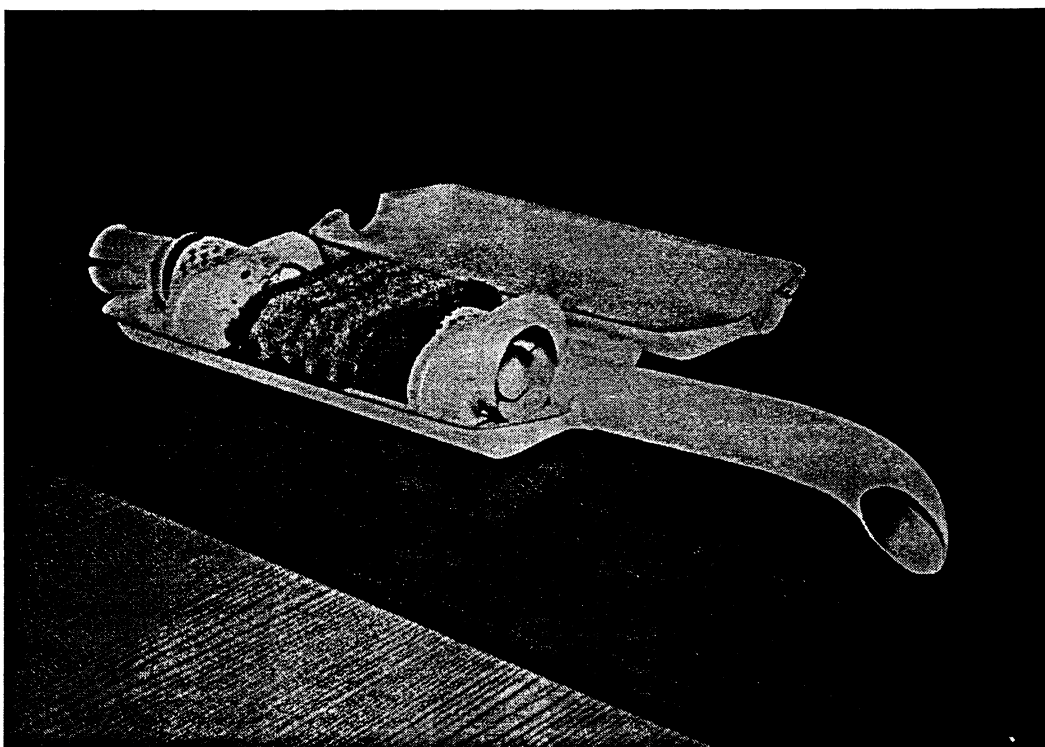


Рис. 1. Нейтрализатор, изготовленный на базе глушителя 60-1205015-А(ММЗ)

Размеры камер резонансного типа определяются из следующих соображений. Для достижения степени очистки  $P\%$  по лимитирующей компоненте вредных примесей отработавших газов необходимо встроить пакет пеноникеля или пенонихрома толщиной  $H$ . При этом его наличие не должно существенно сказываться на сопротивлении выпуску глушителя-искрогасителя-нейтрализатора  $P_{ном.}^*$ , по сравнению с соответствующим показателем  $P_{ном.}$  глушителя резонансного типа т.е.

$$P_{ном.} \approx P_{ном.}^* \quad (1)$$

Очевидно, что

$$P_{ном.}^* = 2 \cdot P_{рез.} + P_{акт.} \quad (2)$$

где  $P_{рез.}$  – сопротивление двух крайних резонансных камер глушителя-искрогасителя-нейтрализатора, а  $P_{акт.}$  – сопротивление камеры активного типа.

Из литературы известно [1], что

$$P_{акт.} = \frac{V \mu H}{K_{\mu}}, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость фильтрации,  $\mu$  – коэффициент вязкости газа,  $H$  – суммарная толщина пористого блока,  $K_{\mu}$  – коэффициент проницаемости.

Подставляя (2), (3) в (1) и произведя необходимые преобразования, получим, что требуемая для достижения степени очистки  $P\%$  по лимитирующей компоненте вредных примесей отработавших газов суммарная толщина пакета пенистого металла (пенонихрома или алетированного пеноникеля)  $H$  определяет сопротивление резонансных камер  $P_{рез.}$  следующим образом:

$$P_{рез.} \approx \frac{P_{ном.} - \frac{V \cdot \mu \cdot H}{K_{\mu}}}{2} \quad (4)$$

где  $V = Q/S_0$  – скорость фильтрации,  $\mu$  – коэффициент вязкости газа,  $K_{\mu}$  – вязкостный коэффициент проницаемости,  $P_{ном.}$  – сопротивление выпуску резонансного глушителя с аналогичными размерами.

Принимая, что сопротивление впуску прямо пропорционально длине трубы резонатора, получим:

$$\frac{2 P_{рез.}}{2l} = \frac{(P_{ном.} - P_0)}{L}, \quad (5)$$

откуда получаем, что длина камер резонансного типа  $l$  определяется соотношением:

$$l = \frac{P_{рез.} \cdot L}{P_{ном.} - P_0}, \quad (6)$$

где  $P_0$  – противодавление выпуску глушителя активного типа (с одной камерой), имеющего аналогичные размеры,  $L$  – длина резонаторной трубы глушителя резонаторного типа с аналогичными конструктивными внешними размерами.

Глушитель-нейтрализатор с четырьмя встроенными каталитическими пластинами испытан на стендовом оборудовании производственного объединения «Минский моторный завод» (ПО «ММЗ»). При этом установлено, что нейтрализатор не влияет на дымность отработавших газов. Как следует из результатов испытаний, применение на дизеле Д-243 нейтрализатора при максимальной нагрузке дизеля позволило уменьшить выбросы окиси углерода на 47 % и углеводородов - на 46%. Изменение количества окислов азота (примерно 2%) находится в пределах точности измерений. Следует отметить, что уже в исходной комплектации с глушителем 60-1205015-А дизель Д-243 имеет достаточно низкие для безнаддувных дизелей выбросы СО и СН, достигнутые применением топливного насоса с высокой интенсивностью впрыска и распылителей без подыгольного объема.

Таблица 1

ПРОТОКОЛ  
сравнительных испытаний дизеля Д-243, укомплектованного глушителем-нейтрализатором, по Правилам 96 ( $t_{окр} = 32^{\circ}\text{C}$ ; относительная влажность—40%)

Номер n/n	Оборудова ние	$n$ об/мин	$N_e$ кВт	$G_t$ кг/ч	$g_{CH}$ г/ч	$g_{CO}$ г/ч
1.	без нейтрализатора	2200	57.9	14.1	10.85	89.86
2.		2200	42.7	10.59	15.79	54.00
3.		2200	27.7	7.68	19.04	89.89
4.		2200	3.7	3.73	39.19	294.16
5.		1800	49.2	11.18	26.87	125.18
6.		1800	36.7	8.23	17.76	31.78
7.		1800	24.3	5.8	15.51	25.81
8.		800	0.0	0.71	11.03	80.25
9.	с нейтрализатором	2200	57.9	14.1	7.65	48.09
10.		2200	42.7	10.59	10.54	31.52
11.		2200	27.7	7.68	15.69	72.86
12.		2200	3.7	3.73	37.85	272.3
13.		1800	49.2	11.18	14.49	67.41
14.		1800	36.7	8.23	11.71	19.11
15.		1800	24.3	5.8	13.97	21.09
16.		800	0.0	0.71	11.51	80.51

В результате проведения значительного количества научных исследований разработана конструкция глушителя-нейтрализатора отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, активный блок которого имеет наборную структуру, что позволяет достичь оптимального соотношения между требованиями по степени очистки и цене. Используемый при этом высокоэффективный палладийсодержащий катализатор разработан с использованием отходов оптико-механических производств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник под редакцией Калверта, 1988. – 638 с.; 2 Разработать методы снижения вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания// Тез. докл. Международной н-т конф. «Надежность и безопасность технических систем». – Мн., 1997.