

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВС

Н.С. Янкевич, зав. лаб., к.т.н., А.С. Климук с.н.с.; ИМИНМАШ НАНБ
Л.С. Кравчук, вед. н.с., к.х.н., с.н.с.; ИФОХ НАНБ

Разработан катализатор с пониженным содержанием палладия и церия.

Активный компонент (палладий) вводили путем пропитки блочного носителя раствором аммиачного комплекса палладия, после чего блок сушили и прокаливали. Удельная поверхность таких катализаторов находилась в пределах 90–100 м²/г. Дожиг монооксида углерода в лабораторных условиях при объемной скорости воздушной смеси, содержащей 1 % об. СО, имел место при 125–150 °С.

Разработана конструкция нейтрализатора, предложена методика расчета камер резонансного и активного типов, предусматривающая выбор элементов нейтрализатора, глушителя, искрогасителя.

Опытные образцы глушителя-нейтрализатора были испытаны на стенде ОКБ «Минского тракторного завода». Приведены результаты испытаний.

Необходимость сохранения окружающей среды в пригодном для жизни будущих поколений состоянии является актуальной задачей для промышленно развитых стран. 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 отработавших газов. Поэтому разработка, исследование и внедрение отечественных нейтрализаторов — одно из важнейших условий оздоровления населения — должно стать приоритетным в развитии автомобильной промышленности.

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 трех-

маршрутных катализаторов, является оксид церия. Увеличение его содержания значительно повышает степень конверсии токсичных составляющих в отработавших газах.

Разработан катализатор с пониженным содержанием палладия и церия.

Активный компонент (палладий) вводили путем пропитки блочного носителя раствором аммиачного комплекса палладия, после чего блок сушили и прокаливали. Удельная поверхность таких катализаторов находилась в пределах 90–100 м²/г. Дожиг монооксида углерода в лабораторных условиях при объемной скорости воздушной смеси, содержащей 1 об. % СО, имел место при 125–150 °С.

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 °С 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).

Размеры камер резонансного типа определяются из следующих соображений.

Для достижения степени очистки S % 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

$$P_{\text{НОМ}}^* = 2 \cdot P_{\text{рез}} + P_{\text{акт}}, \quad (2)$$

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

Из литературы известно [1], что

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

где V — скорость фильтрации; μ — коэффициент вязкости газа; H — суммарная толщина пористого блока; K_{μ} — коэффициент проницаемости.

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

$$P_{\text{рез}} = \frac{P_{\text{НОМ}} - \frac{V \cdot \mu \cdot H}{K_{\mu}}}{2}, \quad (4)$$

где $V = Q/S_0$ — скорость фильтрации; μ — коэффициент вязкости газа; K_{μ} — вязкостный коэффициент проницаемости; $P_{\text{НОМ}}$ — сопротивление выпуску резонансного глушителя с аналогичными размерами.

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

$$\frac{2 \cdot P_{\text{рез}}}{2 \cdot l} = \frac{(P_{\text{НОМ}} - P_0)}{L}, \quad (5)$$

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

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

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

Толщина пластины пеноникеля или пенонихрома может быть найдена из условия прочности

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} < \sigma_{\text{тек}}, \quad (7)$$

где σ — действующее напряжение, $\sigma_{\text{тек}}$ — предел текучести пеноникеля или пенонихрома,

$$\sigma_{\text{тек}} = \sigma_{\text{тек}}^0 \left(1 - \Pi_{\text{макро}}\right)^m, \quad (8)$$

где $\sigma_{\text{тек}}$, $\sigma_{\text{тек}}^0$ — пределы текучести соответственно порозного и компактного материала; $\Pi_{\text{макро}}$ — порозность материала; m — показатель степени, который для пеноникеля и пенонихрома равен 1,5–1,7 [1].



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

Компоненты напряжений в центре пластины определяются известными методами [2]:

$$\begin{aligned} \sigma_x &= C_3 \cdot p \left(\frac{b}{h}\right)^2; \\ \sigma_x &= C_2 \cdot p \left(\frac{b}{h}\right)^2; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{C_3^2 \cdot p^2 \left(\frac{b}{h}\right)^4 + C_2^2 \cdot p^2 \left(\frac{b}{h}\right)^4} = p \left(\frac{b}{h}\right)^2 \sqrt{C_2^2 + C_3^2},$$

h — толщина пластины; b — сторона прямоугольной пластины; p — удельное давление отработавших газов; C_2 и C_3 — табличные коэффициенты.

Тогда из (9) с учетом (7) нетрудно определить минимальную толщину пластины пористого материала, удовлетворяющую условию прочности:

$$h > b \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{макс}}} 4\sqrt{C_2^2 + C_3^2}}, \quad (10)$$

где h — толщина пористой пластины; p — интенсивность распределенной нагрузки (давление отработавших газов); b — сторона пористой пластины; C_2 , C_3 — табличные значения коэффициентов, приведенные в литературе; $\sigma_{\text{макс}}$ — предельное напряжение для пористого материала.

Количество камер сопротивления активного типа определяется очевидным образом из формул (4) и (10):

$$N \leq \text{INT} \left[\frac{K(P_{\text{НОМ}} - 2 \cdot P_{\text{рез}}) \sqrt{\sigma_{\text{макс}}}}{b \cdot V \cdot \mu \cdot \sqrt{p} \sqrt{C_2^2 + C_3^2}} \right] - 1, \quad (11)$$

где INT — целая часть числового выражения.

При таком исполнении описанная конструкция глушителя выполняет следующие функции:

- глушителя (наличие камер как резонансного, так и активного типов позволяет повысить его характеристики по сравнению с прототипом при заведомо небольшом сопротивлении);
- нейтрализатора (пластины пеннистого материала покрыты каталитической композицией);

➤ искрогасителя (наличие перегородок из пенистого металла позволит повысить характеристики искрогашения).

Три опытных образца глушителя-нейтрализатора с четырьмя встроенными каталитическими пластинами испытаны на стендовом оборудовании ОКБ «Минский тракторный завод» (рис. 2, табл.). Как следует из результатов испытаний, применение на дизеле Д-243 нейтрализатора при максимальной нагрузке дизеля позволило уменьшить выбросы окиси углерода на 60–77 %. Изменение количества окислов азота и углеводородов не проводилось.



Рис. 2. Стендовые испытания нейтрализатора-глушителя в ОКБ «Минский тракторный завод»

Степень очистки отработавших газов по оксиду углерода опытных образцов глушителей-нейтрализаторов

Частота вращения коленвала, л, об/мин	Противодавление, мм вод. ст.	Температура, °С	Содержание СО, %		Степень очистки, %
			на входе	на выходе	
Образец № 1					
800	125	100	0,055	0,035	36,4
1800	850	500	0,086	0,023	73,3
2200	1190	480	0,050	0,020	60,0
Образец № 2					
800	160	105	0,060	0,040	33,3
1800	1020	505	0,087	0,023	73,6
2200	1435	470	0,045	0,012	73,3
Образец № 3					
800	120	105	0,050	0,030	40,0
1800	770	510	0,087	0,020	77,0
2200	1100	470	0,043	0,010	76,7

Литература

1. Леонов А.Н., Сморгыо О.Л. и др. Сравнительная оценка свойств блочных носителей сотового и ячеистого строения с точки зрения использования в процессах каталитической очистки газов. — Кинетика и катализ. — 1998. — Т. 39. — № 5. — С. 691–700.
2. Справочник машиностроителя (В 6-ти т.); Под ред. Трапезина И.И. — М.: Машгиз. — 1962. — С. 159–160.