

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТЫХ ФИЛЬТРОВ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ ГАЗОВ

А.Л. Новоселов, д.т.н., проф., А.А. Мельберт, д.т.н., проф., А.А. Жуйкова, инж.;
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

Представлены результаты оценки влияния характеристик пористых фильтров на качество очистки отработавших газов двигателей. При изучении трансформации твердых частиц в полидисперсной газовой среде отработавших газов тепловых двигателей в качестве источника газов использовался четырехтактный шестицилиндровый дизель 6ЧН15/18.

Исследования проведены методами оптического зондирования полостей реактора и прямых измерений с отбором проб газов из полостей реактора. Было установлено, что структурный состав твердых частиц после очистки в СВС-фильтрах во многом зависит от характеристик пористых материалов.

В системах фильтрации газов и жидкостей большое значение имеют характеристики фильтрующего материала. Одной из таких характеристик является относительная площадь фильтрующего материала $F_{\text{ф}}^{\text{пм}}$, представляющая собой отношение внешней поверхности $F_{\text{ф}}^{\text{пм}}$ к расходу газов $V_{\text{ог}}^{\text{пм}}$ через пористую стенку.

При изучении влияния относительной площади фильтра на дисперсность твердых частиц в качестве источника отработавших газов использовался четырехтактный шестицилиндровый дизель 6ЧН15/18.

Дизель 6ЧН15/18 (Д6Н-250) имел номинальную мощность 189 кВт при 1900 об/мин, расход топлива 228 г/(кВт·ч), расход масла на угар 0,26 % от расхода топлива. Часовой расход отработавших газов при полной мощности $V_{\text{ог}}$ составлял 1150 м³/ч (приведенный к нормальным условиям).

Испытания дизеля, как источника полидисперсной газовой среды, проводились на топливе Л-0,2-40 по ГОСТу 305-82, использовалось масло МТ-16П. Условия испытаний были следующими: температура окружающей среды $T_0 = 289-295$ К, атмосферное давление $P_0 = 752-760$ мм рт. ст., влажность воздуха $\varphi_0 = 78-82$ %.

Состав материала СВС-фильтра представлен в монографии [1], средний диаметр пор составлял $d_n = 150$ мкм, извилистость $\xi_u = 1,27$, толщина стенок $\delta_{\text{ст}} = 12$ мм, относительная площадь фильтрующего материала $F_{\text{ф}}^{\text{пм}} = F_{\text{ф}}^{\text{пм}}/V_{\text{ог}}^{\text{пм}} = (1,64-2,83) \cdot 10^{-4} (\text{м} \cdot \text{ч})^{-1}$, объем пористого материала фильтра составлял $2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Исследования проводились методами оптического зондирования полостей реактора в продольных по сечениям направлениях и прямых измерений с отбором проб газов из полостей реактора, фильтрованием их на специальную бумагу с последующей обработкой на электронном микроскопе с разделением твердых частиц по происхождению и составу.

В табл. 1 приведены сравнительные данные выбросов частиц, определенные методами зондирования полостей каталитического нейтрализатора и результаты прямых измерений содержания твердых частиц в полостях реактора, разделенных пористой проницаемой стенкой СВС-блока. Полученные результаты позволяют также оценить качества фильтрования.

Из данных табл. 1 видно, что относительная площадь фильтра, характеризующая напор полидисперсной газовой среды на пористую фильтрующую перегородку незначительно влияет на качество очистки газов, однако существенно влияет на изменение дисперсного состава частиц. Данные оптического зондирования полостей реактора дают хорошее совпадение с результатами прямых измерений.

Размеры частиц неправильной формы оценивались сканированием по площадям, площади приравнивались к эквивалентным площадям окружностей и рассчитывался средний приведенный диаметр частиц $D_{\text{тс}}$.

На рис. 1 приведено распределение твердых частиц по размерам на входе в фильтр. Данные измерений показали присутствие частиц размером до 36 мкм, а наибольшее их количество имеет размер 4–8 мкм.

Увеличение относительной площади фильтра $F_{\text{ф}}/V_{\text{ог}}$ с $1,63 \cdot 10^{-4}$ до $2,46 \cdot 10^{-4}$ приводит к изменению размеров твердых частиц на выходе из фильтра. Если в первом случае преобладают частицы размером до 8 мкм и наибольшая их доля составляет 5 %, то во втором случае (при увеличении относительной площади фильтра) их размер изменяется от 2 до 10 мкм, при этом доля частиц размером 4–6 мкм составляет уже 7–6 % (рис. 2 и 3).

По мере осаждения твердых частиц на поверхности фильтра и его пор часть из них выгорает, часть измельчается под воздействием газодина-

Выбросы твердых частиц, определенные методом зондирования и методом прямых измерений при фильтрации отработавших газов дизеля 6ЧН15/18

Относительная площадь фильтра, $\text{м}^2/(\text{м}^3/\text{ч})$	Данные оптического зондирования			Прямые измерения	
	Твердые частицы, $\text{г}/\text{м}^3$		Температура газов до/после фильтра, К	Твердые частицы, $\text{г}/\text{м}^3$	
	до фильтра	после фильтра		до фильтра	после фильтра
$1,63 \cdot 10^{-4}$	0,188	0,130	800/600	0,195	0,130
$1,82 \cdot 10^{-4}$	0,186	0,128	780/840	0,190	0,130
$2,13 \cdot 10^{-4}$	0,181	0,126	700/770	0,180	0,125
$2,46 \cdot 10^{-4}$	0,180	0,120	580/650	0,180	0,120

мических процессов и выносятся на поверхности последующих фильтрующих элементов, а часть образует смесь с частицами масел, оседает на фильтры и образует кокс, который закрывает поры. При этом создается высокое противодавление выпуску.

Далее исследовалось влияние противодавления на выпуске из реактора на дисперсность твердых частиц.

Условия испытаний были следующими: температура окружающей среды 295–300 К, атмос-

ферное давление 760–762 мм рт. ст., влажность воздуха 70–80 %. Противодавление создавалось путем прикрытия заслонки на выпуске.

Измерения концентраций твердых частиц в полостях реактора нейтрализатора, проведенные методом продольного многоканального зондирования и температур в полостях реактора, позволили составить картину качества очистки.

Сравнительные данные испытаний приведены в табл. 2, из которой видно, что при оптическом зондировании полостей реактора данные о содержании твердых частиц в полидисперсной газовой среде имеют хорошую, в пределах 1–2 %, сходимость результатов с прямыми измерениями методом отбора газов из реактора. Увеличение противодавления на выходе из реактора с 350 до 1350 мм вод. ст. приводит к увеличению выбросов частиц с отработавшими газами с 0,167 до 0,219 $\text{г}/\text{м}^3$, т. е. в 1,3 раза, а эффективность очистки снижается с 77 до 72 %.

Анализ данных табл. 2 говорит о том, что температура газов после фильтра при прохождении газов повышается на 45–60 град. Это свидетельствует о присутствии экзотермической реакции окисления продуктов полного сгорания в пористых каталитических структурах.

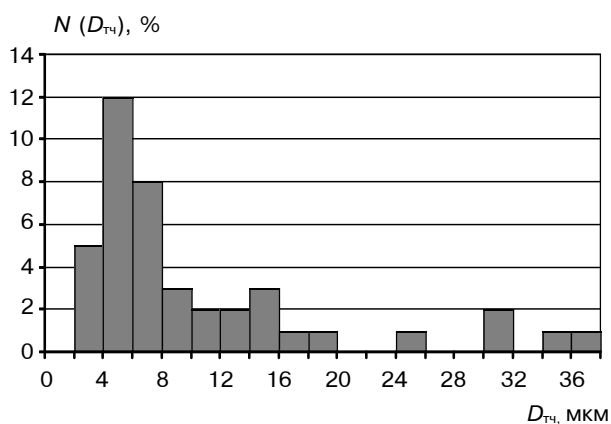


Рис. 1. Характер распределения твердых частиц на входе в СВС-фильтр

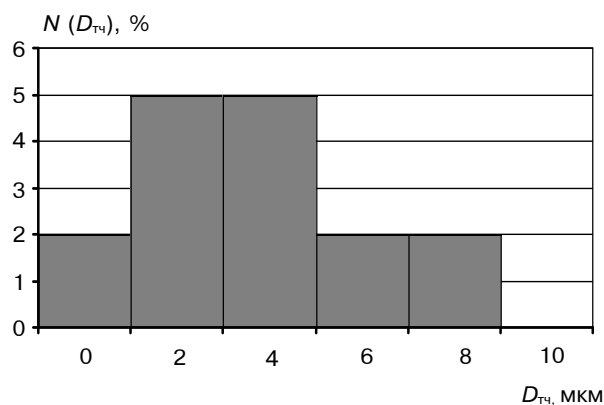


Рис. 2. Характер распределения твердых частиц после СВС-фильтра при $F_{фм} = 1,63 \cdot 10^{-4}$

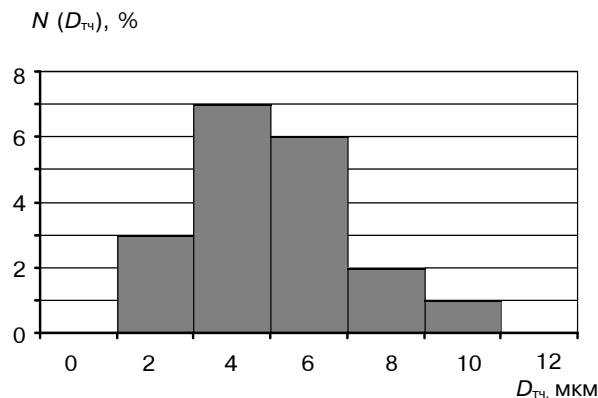


Рис. 3. Характер распределения твердых частиц после СВС-фильтра при $F_{фм} = 2,46 \cdot 10^{-4}$

**Изменение выбросов твердых частиц отработавших газов дизеля 6ЧН15/18
при увеличении противодавления на выпуске из реактора**

Противодавление выпуска мм вод. ст.	Данные оптического зондирования			Результаты прямых измерений	
	Твердые частицы, г/м ³		Температура: до/после фильтра, К	Твердые частицы, г/м ³	
	до фильтра	после фильтра		до фильтра	после фильтра
350	0,167	0,038	720/780	0,165	0,036
700	0,186	0,042	790/820	0,184	0,044
1100	0,211	0,054	835/880	0,205	0,050
1350	0,219	0,062	860/905	0,215	0,052

На рис. 4 и 5 приведено распределение твердых частиц по средним размерам при различных противодавлениях выпуску. При низких противодавлениях преобладающие размеры твердых частиц на входе в СВС-фильтр составляют 2–4 мкм. При увеличении противодавления до 1350 мм вод. ст., когда наблюдается увеличение неполного сгорания топлива, преобладающие размеры твердых частиц составляют 2–10 мкм (рис. 5). На выходе из фильтра при противодавлении 350 мм вод. ст. (рис. 6) основная часть твердых частиц имеет размеры 2–4 мкм, а их

количество составляет 7–5 %. При противодавлении 1350 мм вод. ст. размер частиц 2 мкм составляет только 3 %, а частиц размером до 4 мкм — 6 % (рис. 7). Таким образом, основная масса неотфильтрованных твердых частиц имеет средний приведенный размер в пределах 1–6 мкм.

Увеличение противодавления на выходе из реактора приводит к изменению структуры частиц. Доля сажистых частиц топливного происхождения (табл. 3) увеличивается с 28 до 38 %, а содержание сажистых частиц масляного происхождения увеличивается с 18 до 21 % по массе.

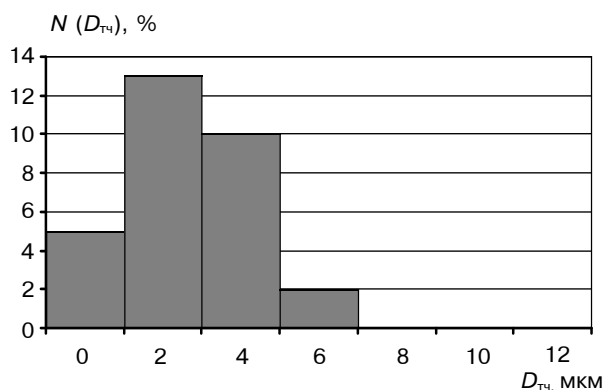


Рис. 4. Характер распределения твердых частиц при $\Delta P_{\text{вып}} = 350$ мм вод. ст. до СВС-фильтра

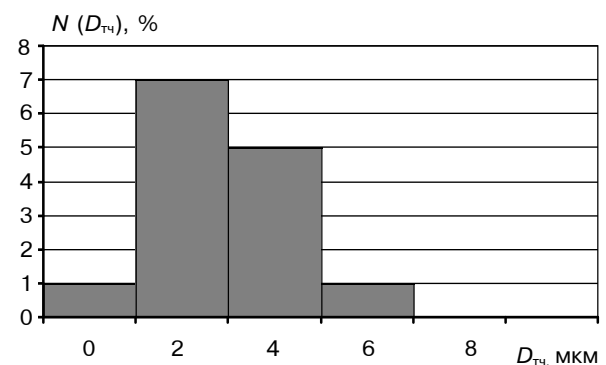


Рис. 6. Характер распределения твердых частиц при $\Delta P_{\text{вып}} = 350$ мм вод. ст. после СВС-фильтра

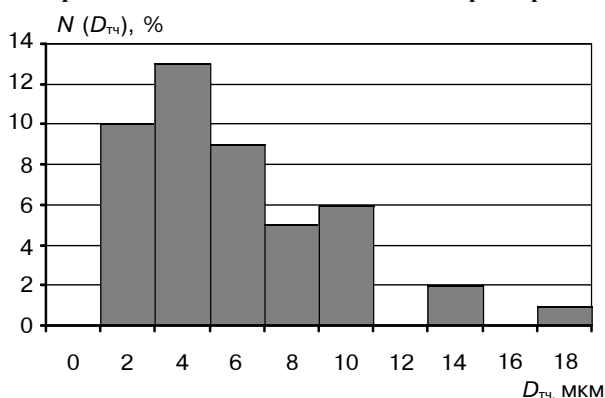


Рис. 5. Характер распределения твердых частиц при $\Delta P_{\text{вып}} = 1350$ мм вод. ст. до СВС-фильтра

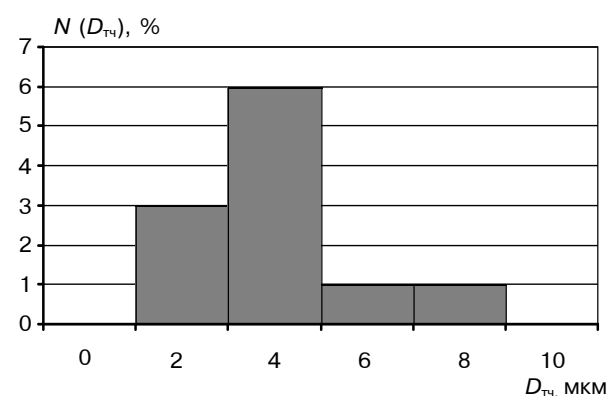


Рис. 7. Характер распределения твердых частиц при $\Delta P_{\text{вып}} = 1350$ мм вод. ст. после СВС-фильтра

**Изменение структуры твердых частиц при фильтровании отработавших газов дизеля 6ЧН15/18
в зависимости от противодействия на выпуске**

Противодавление на выпуске из реактора, мм вод. ст.	Частицы топливного происхождения, %				Частицы масляного происхождения, %			
	сжатые	органически растворимые	сульфаты воды	итого	сжатые	органически нерастворимые	органически растворимые	итого
350	28	8	13	50	18	19	13	50
700	30	10	13	53	18	17	12	47
1100	34	14	12	60	19	10	11	40
1350	38	14	12	64	21	5	10	36

Таким образом, результаты выполненных исследований показали, что качество очистки отработавших газов в пористых проницаемых каталитических фильтрах может быть с достаточной точностью выполнено методом оптического зондирования полостей фильтра, дающего хорошее совпадение с результатами прямых измерений. Характеристика пористых фильтрующих ма-

териалов оказывает заметное влияние на изменение дисперсного состава неотфильтрованных твердых частиц и на качество очистки газов. Повышение противодействия выпуску дизеля приводит не только к увеличению количества твердых частиц в отработавших газах, но и к изменению их структуры.

Литература

1. Новоселов А.Л., Пролубников В.И., Тубалов Н.Г. Совершенствование очистки отработавших газов дизелей на основе СВС — материалов. — Новосибирск : Наука, 2002. — 96 с.
2. Новиков Л.А., Смайлис В.И. Уровень и перспективы снижения токсичности и дымности судовых, тепловозных и промышленных дизелей: обзор — М. : ЦНИИТЭИтяжмаш, 1990. — 28 с.
3. Филиппов А.З. Токсичность отработавших газов тепловых двигателей, — Киев : Вища школа, 1980. — 159 с.

4. Catalytic converters for 2005 // Metal Bull. Mon. — 1999. — June. — 59 с.

5. Новоселов А.Л., Унгефук А.В., Мельберт А.А. Решение проблемы совершенствования экологических показателей поршневых ДВС : Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. — 2000. — № 2. — 56 с.

6. Пролубников В.И., Исаева Ж.М., Твердые частицы в составе дымовых газов автомобилей / Совершенствование систем автомобилей, тракторов и агрегатов: Сост. / Рос. акад. транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. — Барнаул, 2004. — 82–87 с.

**ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ
Ориентировочные тарифы на 2 полугодие 2007 г.
Постоянным клиентам скидки до 10 %**

Первая страница обложки	Полноцветная	17000 руб.
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	15000 руб.
Четвертая страница обложки	Полноцветная	16000 руб.
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	15000 руб.
	Черно-белая	13000 руб.