

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ФАЗ В ПОРИСТЫХ СВС-СТРУКТУРАХ

В.В. Евстигнеев, Ж.М. Исаева

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

При изучении процессов фильтрования наиболее перспективным является оптический метод исследования, который позволяет определять не только качество фильтрования, но и температуры в зоне очистки.

Проведение исследования предполагало использование разработанного авторами оптического метода и приборов анализа дисперсного состава и концентрации конденсированной фазы отработавших газов в процессах фильтрации СВС-материалами.

Изучение физических процессов фильтрования конденсированной фазы продуктов сгорания углеводородных топлив, связано с выявлением зависимостей качественных показателей от состава СВС-блоков, структуры материалов и размера среднего приведенного диаметра пор, наличия катализаторов в составе материалов.

В связи с этим, программа испытаний строилась таким образом, чтобы была возможность осуществления проверки влияния последних указанных параметров СВС-блоков на качество фильтрования.

На основе данных составов методом СВС-технологии получены пористые проницаемые каталитические блоки для нейтрализаторов отработавших газов представленные в таблице 1.

При определении влияния относительной площади фильтра на дисперсность твердых частиц в продуктах сгорания был использован состав материала (3) фильтра представленный в таблице 1, средний диаметр пор составлял $d_p=150$ мкм, извилистость $\xi_u = 1,27$,

толщина стенок $\delta_{СТ} = 12$ мм, относительная площадь фильтрующего материала

$$F_{\text{фм}}^{\text{пм}} = \frac{F_{\text{ф}}^{\text{пм}}}{V_{\text{ог}}^{\text{пм}}} = (1,64 \dots 2,83) \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right)^{-1},$$

объем пористого материала фильтра составлял $2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Результаты исследования концентраций твердых частиц в полостях реактора нейтрализатора, проведенного методом оптического продольного зондирования и температур в полостях реактора, разделенных СВС-блоками, приведены на графиках рисунка 1. Здесь номера кривых соответствуют линиям зондирования.

Таблица 1 – Сравнение материалов СВС-блоков для фильтров дымовых аэрозолей

Отдельные характеристики	Варианты шихты для СВС-блоков			
	1	2	3	4
Содержание компонентов шихты в процентах по массе				
Окалина легированной стали	47,5	47,5	47,5	47,5
Оксид хрома	18,0	17,7	17,8	17,9
Хром	5,0	7,1	7,1	7,0
Никель	4,9	4,9	12,4	12,4
Алюминий	24,5	22,5	15,0	15,0
Иридий	0,1	0,2	0,1	0,1
Родий	0,0	0,1	0,1	0,1
Эффективность очистки отработавших газов при 320 °С, %				
Снижение выбросов оксидов азота	33	48	52	55
Снижение выбросов оксида углерода	70	72	86	89
Снижение выбросов углеводородов	65	67	67	65
Снижение выбросов твердых частиц	90	90	90	90
Характеристики СВС-материалов каталитических блоков				
Средний размер пор, мкм	260	180	150	120
Механическая прочность при сжатии в МПа	8,6	9,7	12,2	12,2
Коррозионная стойкость относительная по измерению массы, %	14	13	10	9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ФАЗ В ПОРИСТЫХ СВС-СТРУКТУРАХ

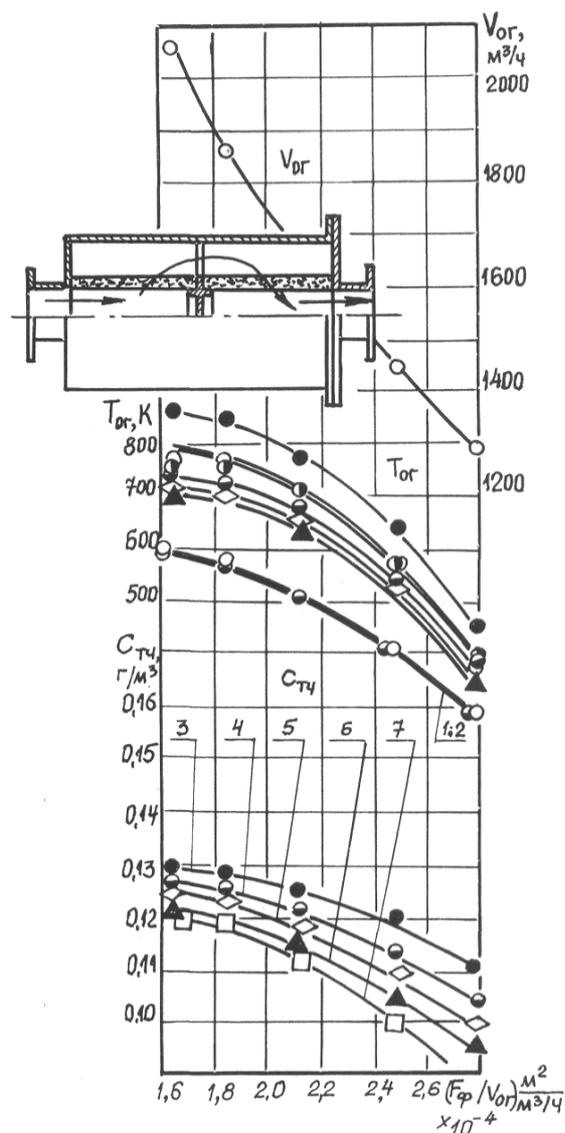


Рисунок 1 – Результаты продольного оптического зондирования реактора в зависимости от относительной площади фильтрующего элемента

В таблице 2 приведены сравнительные данные зондирования полостей каталитических нейтрализаторов и прямых измерений содержания твердых частиц в полостях реактора, разделенных пористой проницаемой стенкой СВС-блока. Здесь же для оценки качества фильтрования приведено сравнение полученных результатов.

Из данных таблицы 2 видно, что площадь фильтра, относительно к расходу газов, характеризующая напор полидисперсной газовой среды на пористую фильтрующую перегородку в значительной степени влияет на качество очистки газов. Данные оптического

зондирования полостей реактора подтверждаются результатами прямых измерений.

Здесь мы видим, что при отборе газов через реакторы наблюдалось присутствие частиц размером до 36 мкм, а наибольшее количество частиц размером 4 – 8 мкм.

Увеличение $\frac{F_{\phi}}{V_{ог}}$ с $1,63 \cdot 10^{-4}$ до $2,46 \cdot 10^{-4}$

приводит к изменению размеров твердых частиц. Если в первом случае преобладают частицы с размером до 8 мкм и наибольшая их доля составляет 5 %, то во втором случае – преобладают частицы от 2 до 10 мкм и доля частиц 4 – 6 мкм составляет 7 – 6 %.

При определении влияния среднего приведенного диаметра пор на дисперсность твердых частиц в конденсированной фазе, применяется состав материала (3) фильтра представленного в таблице 1, средний диаметр пор составлял $d_p = 120 \dots 280$ мкм, извилистость принималась как $\xi_u = \frac{l_n}{\delta_{cm}}$, толщина стенок

$\delta_{CT} = 12$ мм, относительная площадь фильтрующего материала

$F_{\phi M}^{PM} = \frac{F_{\phi}^{PM}}{V_{ог}^{PM}} = 1,64 \cdot 10^{-4} \left(\frac{M}{ч}\right)^{-1}$, объем пористого материала фильтра составлял $2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Результаты исследования концентраций твердых частиц и температур в полостях реактора разделенных СВС-блоками, проведенного методом оптического зондирования, приведены на графиках рисунка 2. Здесь номера кривых соответствуют линиям зондирования.

В таблице 3 приведены сравнительные данные зондирования полостей каталитических нейтрализаторов и прямых измерений содержания твердых частиц в полостях реактора, разделенных пористой проницаемой стенкой СВС-блока. Здесь же для оценки качества фильтрования приведено сравнение полученных результатов.

Из данных таблицы 3 видно, что при увеличении среднего приведенного диаметра пор СВС-блоков со 120 до 240 мкм качество очистки от твердых частиц снижается с 90 до 57 %. Однако здесь необходимо сказать. Что при $d_p = 120$ мкм увеличивается противодавление создаваемое фильтром при прочих равных условиях. Одним из путей сохранения высокого качества очистки является создание мелкопористых фильтров с большой площадью поверхностей F_{ϕ} .

Таблица 2 – Сравнительные данные по изучению выбросов твердых частиц при фильтровании конденсированной фазы продуктов сгорания углеводородных топлив в пористых проницаемых каталитических СВС-блоках в зависимости от относительной площади фильтра

Относительная площадь фильтра, $\frac{м^2}{\frac{м^3}{ч}}$	Данные оптического зондирования			Прямые измерения	
	Твердые частицы, г/м ³		Температура: $\frac{до\ фильтра}{после\ фильтра}$, К	Твердые частицы, г/м ³	
	до фильтра	после фильтра		до фильтра	после фильтра
$1,63 \cdot 10^{-4}$	0,188	0,130	800/860	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

Таблица 3 – Сравнительные данные по изучению выбросов твердых частиц при фильтровании конденсированных фаз в пористых проницаемых каталитических СВС-блоках в зависимости от среднего приведенного диаметра пор

Средний приведенный диаметр пор, мкм	Данные оптического зондирования			Прямые измерения	
	Твердые частицы, г/м ³		Температура: $\frac{до\ фильтра}{после\ фильтра}$ К	Твердые частицы, г/м ³	
	до фильтра	после фильтра		до фильтра	после фильтра
120	0,152	0,015	780/820	0,15	0,018
150	0,152	0,036	780/820	0,15	0,04
180	0,152	0,050	780/820	0,15	0,05
240	0,152	0,060	780/820	0,15	0,06

Таблица 4 – Сравнительные данные по изучению выбросов твердых частиц при фильтровании конденсированной фазы продуктов сгорания в пористых проницаемых каталитических СВС-блоках в зависимости от пористости материала

Пористость материала	Данные оптического зондирования			Прямые измерения	
	Твердые частицы, г/м ³		Температура: $\frac{до\ фильтра}{после\ фильтра}$ К	Твердые частицы, г/м ³	
	до фильтра	после фильтра		до фильтра	после фильтра
0,2	0,152	0,070	780/790	0,15	0,07
0,37	0,152	0,052	785/805	0,15	0,05
0,50	0,152	0,031	790/810	0,15	0,03
0,72	0,152	0,015	800/850	0,15	0,01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРОВАНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ФАЗ В ПОРИСТЫХ СВС-СТРУКТУРАХ

Анализ обработки фильтров говорит о том, что уменьшение диаметра пор позволяет после фильтра иметь в составе газов твердых частиц до 8 мкм, но с долями содержания их не более 4 %, что свидетельствует о высоком качестве очистки.

При изучении влияния пористости фильтрующего материала на дисперсность твердых частиц в конденсированной фазе продуктов сгорания использовались составы материалов (1, 2, 3, 4) фильтра представленные в таблице 1, пористость СВС-блоков составляла от 0,25 до 0,72, извилистость $\xi_{и}$ от 1,63 до 1,08, толщина стенок $\delta_{ст} = 12$ мм, объем пористого материала фильтра составлял $2,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Пористость материала определялась как

$$\Pi = 1 - \frac{\rho_{нм}}{\rho_{КТ}}, \text{ где } \rho_n \text{ и } \rho_{КТ} - \text{плотности пористого материала и контактного тела.}$$

Результаты исследования концентраций твердых частиц и температур в полостях реактора фильтра, проведенного методом оптического продольного зондирования, приведены на графиках рисунка 3. Номера кривых соответствуют линиям зондирования.

В таблице 4 приведены сравнительные данные зондирования полостей каталитических нейтрализаторов и прямых измерений содержания твердых частиц в полостях реактора, разделенных пористой проницаемой стенкой СВС-блока. Здесь же для оценки качества фильтрования приведено сравнение полученных результатов.

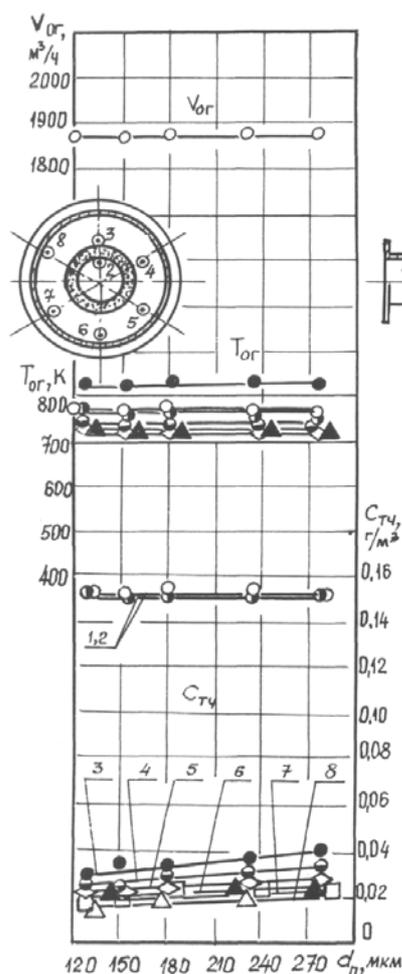


Рисунок 2 – Влияние среднего диаметра пор СВС-материала на качество очистки газов от твердых частиц

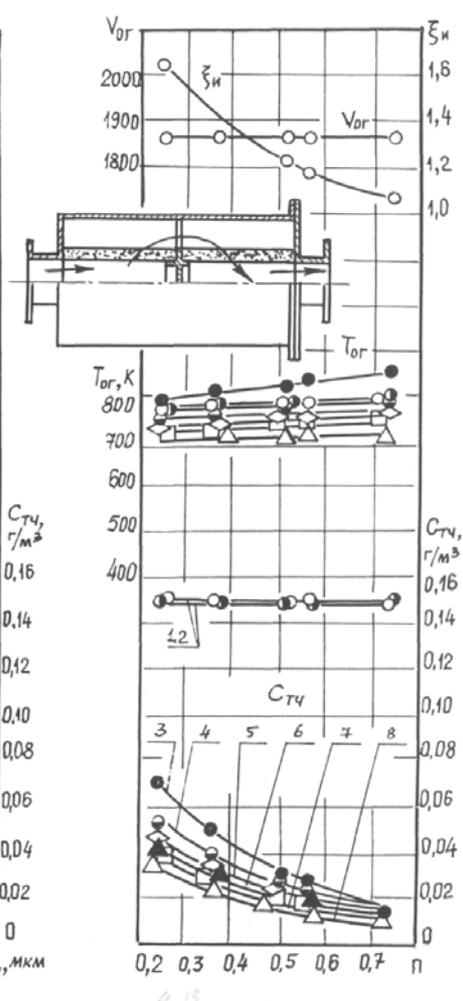


Рисунок 3 – Влияние пористости пор СВС-материала на качество очистки газов от твердых частиц

При отборе газов из реактора после фильтров обнаружено, что при пористости $P=0,37$ в конденсированной фазе содержится до 1 % частиц размером 2 мкм, до 3 % – до 4 мкм, до 2 % – 8 мкм.

При увеличении пористости фильтров до $P=0,5$ в аэрозоли содержится до 2 % частиц до 2 мкм, до 6 % частиц размером до 6 мкм и 6 % частиц размером 8 мкм.

В результате проведения экспериментальных исследований влияния физических характеристик пористых СВС-фильтров на параметры улавливаемых твердых частиц при очистке конденсированных фаз продуктов сгорания углеводородных топлив в СВС-фильтрах получены результаты, из которых наиболее существенными являются следующие:

1. Установлено, что средний приведенный диаметр пор СВС-материалов не характеризует в полной мере фильтрующие свойства, а внутренняя структура поверхности пор позволяет захватывать частицы со средними приведенными диаметрами меньшими на 1 – 1,5 порядка по размеру.

2. Увеличение относительной площади фильтра, при постоянных показателях пористости и извилистости материала, в 1,5 раза приводит к повышению качества очистки всего на 3 – 5 %.

3. Увеличение среднего приведенного диаметра пор в СВС-материале со 120 до 240 мкм приводит к снижению качества очистки аэрозоли от твердых частиц в 4 раза.