

---

# НОВЫЙ СПИРАЛЬНЫЙ ФИЛЬТРУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ

*В.Б. Крапухин, С.А. Кулюхин, В.А. Лавриков, В.В. Кулемин*

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина РАН

В статье приведены результаты испытаний фильтрующих элементов Крапухина (ФЭК) по очистке газов от содержащихся в них твердых частиц. Показано преимущество ФЭК перед металлокерамическими фильтрами (МКФ) и другими фильтрующими материалами, заключающиеся в способности ФЭК к полному восстановлению своих фильтрационных характеристик после проведения регенерации обратным током газа. Приведены газодинамические характеристики ФЭК при очистке газовых потоков, содержащих аэрозоли FeO. Найдено, что минимальная степень очистки газовых потоков от аэрозолей FeO составляет 99,6% при пылеемкости ФЭК 2,2 кг/м<sup>2</sup>.

*Ключевые слова:* фильтрация, фильтрующий элемент Крапухина (ФЭК), аэрозоль, очистка, газ, воздух, оксид железа

Tests results of Krapukhin's filtering elements (FEK) on gases clearing from solid particles are presented in this article. Advantage of FEK as compared with ceramic-metal filters (CMF) and other filtering materials consist in FEK ability to full recovery of the filtration characteristics after carrying out of regeneration by a return current of gas. Gas-dynamic characteristics of FEK at clearing of the gas flows containing FeO aerosols are resulted. It is found, that the minimal degree of clearing of gas flows from FeO aerosols is 99,6% at 2,2 kg/m<sup>2</sup> FEK dust capacity.

*Key-words:* filtration, Krapukhin's filtering element, aerosol, clearing, gas, air, iron oxide.

## 1. Спиральный фильтрующий элемент

При очистке газовых потоков или жидкостей наиболее сложным и трудным является процесс регенерации фильтрующих элементов. Действительно, получив достаточную степень осветления или очистки жидкости или газа с помощью того или иного фильтрующего материала, еще рано говорить об успешном решении проблемы. Достаточная степень осветления есть, конечно, необходимое, но вовсе не достаточное условие для того, чтобы можно было считать вопрос фильтрации решенным. Крайне важным является способность выбранного фильтрующего материала не только обеспечи-

вать достаточную степень осветления или очистки, но и сохранять свои фильтрационные свойства на протяжении длительного периода эксплуатации фильтрационного оборудования. К сожалению, обычно используемые для фильтрации материалы, такие, как ткани, картоны, керамика и др., склонны к необратимому закупориванию пор частицами твердой фазы, содержащимися в фильтруемой жидкости или газе. Поэтому во многих случаях их применение является вынужденной мерой, к которой приходится прибегать, чтобы хоть как-то выйти из положения. Результатом такого, порой не лучшего решения являются частые остановки процесса фильтрации. Во время таких остановок обслу-

живающему персоналу приходится вскрывать фильтрационное оборудование и менять вышедшие из строя фильтрующие материалы (или фильтрующие элементы на их основе) на новые.

В работе приведены результаты испытаний принципиально нового фильтрующего элемента, который назван по имени автора "фильтрующий элемент Крапухина" (ФЭК). Испытания проводились в газовых средах, при этом главными преимуществами исследуемого фильтрующего элемента явились его высокие регенерационные качества.

На рис. 1 показан фильтрующий элемент Крапухина (ФЭК).

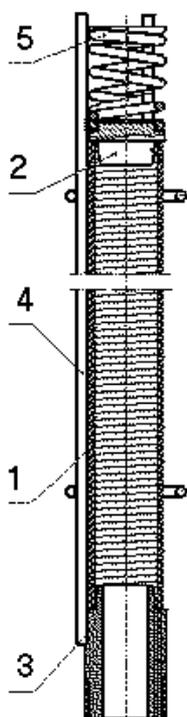
ФЭК состоит из фильтрующей перегородки (1), крышки (2), штуцера (3), каркаса (4) и пружинки (5). Фильтрующая перегородка (1) выполняется из проволоки диаметром 0,6-0,8 мм. Фильтрующая перегородка может быть изготовлена с проходными фильтрующими зазорами от 7 до 100 микрон.

Устройство работает следующим образом. Фильтруемые жидкость или газ подаются снаружи элемента. При этом фильтрующая перегородка (1), находящаяся в поджатом состоянии под воздействием упругого элемента (5), дополнительно сжимается давлением фильтруемого

потока жидкости или газа. Твердые примеси остаются на наружной поверхности перегородки, а очищенный поток проходит внутрь элемента и далее через отверстие в штуцере покидает его. По окончании фильтрования проводят процесс регенерации ФЭК. С этой целью подачу жидкости или газа снаружи прекращают, а затем внутри элемента через штуцер (3) подают небольшое количество чистого газа или жидкости. Под воздействием обратного потока жидкости или газа перегородка (1) растягивается, что приводит к увеличению фильтрующих зазоров в 2-3 раза и к разрушению слоя частиц твердой фазы на наружной поверхности фильтра. Кроме того, растяжение фильтрующей перегородки сопровождается сжатием упругого элемента (5). Противоборство сил упругости элемента (5) силам гидродинамического напора жидкости или газа вызывает колебания витков фильтрующей перегородки (1), что также значительно облегчает ее регенерацию. Твердая фаза, накопившаяся на фильтрующих перегородках, при регенерации фильтрующих аппаратов может сбрасываться в контейнер, состыкованный с дном фильтра.

Благодаря особому свойству фильтрующего элемента, заключающемуся в том, что фильтрующее проходное сечение элемента во время регенерации увеличивается, а во время фильтрования возвращается к своему исходному состоянию, а также благодаря вибрации фильтрующей перегородки во время ее регенерации, в ФЭК достигается возможность полного восстановления фильтрующих свойств элементов после каждого цикла фильтрация-регенерация. Такого эффекта не удается добиться при использовании фильтрующих элементов другого типа, выполненных из металлокерамики, тканей, картонов и других пористых материалов. Неизменность проходных сечений вышеперечисленных материалов приводит к не обратимому закупориванию их пор частицами твердой фазы, содержащимися в фильтруемой жидкой или газовой фазе.

Исключительные регенерационные способности ФЭК позволяют эксплуатационному персоналу избавиться от постоянной необходимости заменять фильтрующие элементы. Немаловажным являются экологические преимущества: исключаются трудоемкие и порой опасные операции по замене и утилизации отслуживших



**Рис. 1.** Фильтрующий элемент Крапухина (ФЭК) (1 — фильтрующая перегородка, 2 — крышка, 3 — штуцер, 4 — каркас, 5 — пружинка).

свой срок фильтрующих элементов. Конструкция ФЭК позволяет с минимальными затратами заменить в действующем оборудовании старые типы фильтрующих элементов на новые.

## 2. Изучение локализации аэрозолей FeO из газовой фазы с помощью фильтрующих элементов

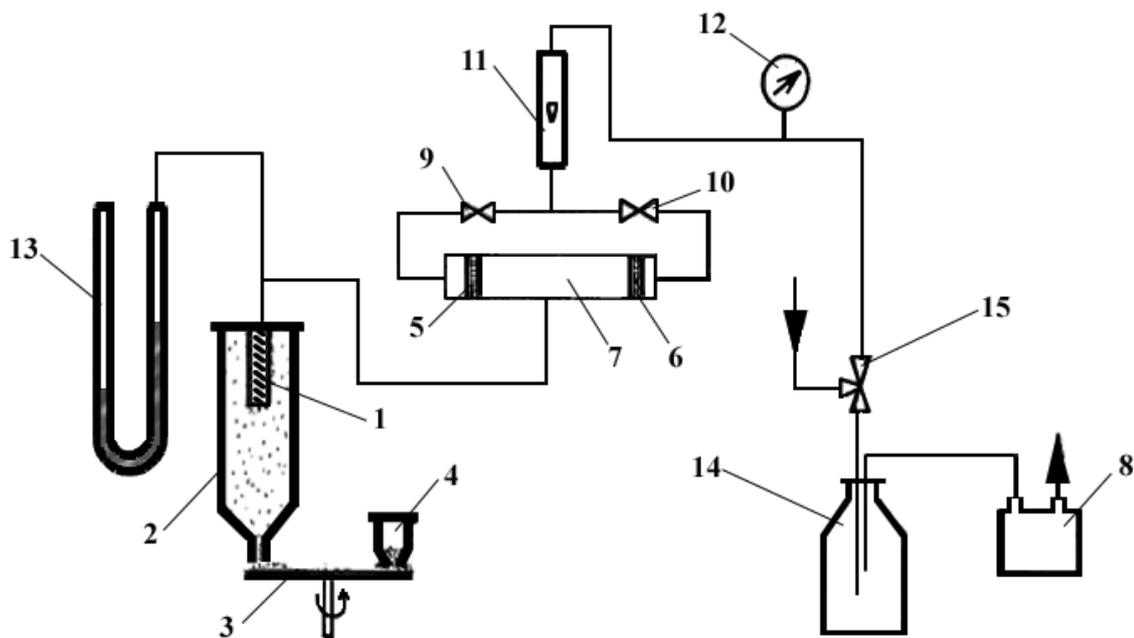
В работе в качестве вещества, способного имитировать поведение гидрофобных аэрозолей окислов металлов, использовали аэрозоли FeO, которые по дисперсному составу и насыпной плотности близки к аэрозолям, образующимся во время аварии на АЭС в результате взаимодействия расплавленного топлива с бетоном. Насыпная плотность FeO составляет  $2,03 \text{ г/см}^3$ . Исследованием гранулометрического состава FeO показало, что основную массу FeO составляют частицы с размерами от 1 до 5 мкм.

Испытания ФЭК проводились на установке, схема которой приведена на рис. 2.

Фильтрующий элемент ФЭК (1) с площадью фильтрования  $22,8 \text{ см}^2$  закреплен в крышке корпуса фильтра (2), нижний торец которого открыт и установлен с зазором по отношению к вращающемуся диску (3). Над диском (3) уста-

новлен одновременно бункер (4), загружаемый порошком, предназначенным для образования аэрозолей в газовой фазе, подаваемой на ФЭК. При вращении диска (3) частицы порошка за счет сил сцепления с диском и неплотностей между диском и открытым торцом бункера, перемещаются в виде тончайшего слоя к корпусу фильтра (2). Поток воздуха, поступающий снизу вверх в корпус фильтра (2), захватывает с диска частицы порошка.

Запыленный воздух поступает на ФЭК, где проходит его очистка. Очищенный воздух далее следует на одну из фильтрующих перегородок (5 или 6) контрольного фильтра (7), а твердые частицы остаются на наружной поверхности фильтрующей перегородки ФЭК. Источником разрежения, создающим поток воздуха, поступающего на ФЭК, служит форвакуумный насос (8). Фильтрующие перегородки (5 и 6) включаются в работу при соответствующем открывании вентилей (9 или 10). Расход воздуха измерялся ротаметром (11), разрежение - вакуумметром (12). Перепад давления на фильтрующем элементе измеряли дифференциальным манометром (13). Компенсационная емкость (14) служила для сглаживания пульсаций воз-



**Рис. 2.** Схема установки для испытания фильтрующего элемента (1 – ФЭК, 2 – корпус фильтра, 3 – вращающийся диск, 4 – бункер с порошком FeO, 5 и 6 – фильтрующие перегородки, 7 – контрольный фильтр, 8 – форвакуумный насос, 9 и 10 – вентили, 11 – ротаметр, 12 – вакуумметр, 13 – дифференциальный манометр, 14 – компенсационная емкость, 15 – трехходовой кран).

душного потока, возникающих при работе насоса. Регулировка расхода воздуха и разряжения в установке производилась с помощью трехходового крана (15).

В результате проведенных исследований установлено, что минимальная степень очистки от FeO составила 99,6 % при скорости воздушного потока около 5 см/с.

Помимо выяснения очистительной способности ФЭК были проведены эксперименты по оценке пылеемкости ФЭК. С этой целью через каждые 4 часа наносился слой за слоем навески FeO. При этом ожидалось, что аэродинамическое сопротивление с увеличением толщины слоя FeO будет значительно возрастать, а скорость фильтрования, соответственно, падать.

В результате установлено, что резкое падение производительности фильтра приблизительно в 5 раз (с 27,0 до 5,1 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч) отмечается только в первый момент времени, который соответствует нанесению первого слоя порошка FeO на ФЭК. Толщина слоя FeO составляла около 0,75 мм при поданном количестве FeO около 2 г. Дальнейшее увеличение толщины слоя в результате последующего нанесения по-

рошка FeO (до 50 г) приводит к незначительному снижению производительности фильтрования (с 5,1 до 5,0 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч). Полученное в работе значение пылеемкости около 2,2 кг/м<sup>2</sup> не исчерпывает возможности ФЭК. Однако даже достигнутая величина пылеемкости будет вполне достаточна для работы фильтров длительное время без какой-либо регенерации. При этом время работы будет в заметной степени зависеть от числа фильтрующих элементов, установленных в аппаратах фильтрации.

Таким образом, в заключение можно отметить, что спиральные фильтрующие элементы имеют существенное преимущество перед металлокерамическими элементами, т.к. после регенерации их фильтрующие характеристики восстанавливаются практически полностью. Им не свойственно закупоривание пор частицами, содержащимися в газе. Использование ФЭК позволит не только исключить трудоемкие и экологически опасные операции по замене фильтрующих элементов в процессе их эксплуатации, но и позволит иметь практически неограниченный ресурс работы фильтрационного оборудования.