

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ ПЫЛЕВЫХ МАСС ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ СИЛ В ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СРЕДЕ

*И.М. Неклюдов, Л.И. Фёдорова, П.Я. Полтинин, О.П. Леденёв*  
*ИФТТМТ Национального научного центра «Харьковский физико-технический институт» г. Харьков, Украина*

Исследован перенос угольной пыли в гранулированной фильтрующей среде, аналогичной используемой в фильтрах АЭС, когда сила увлечения воздухом и сила тяжести, действующие на пыль, направлены под прямым углом друг к другу. Обнаружено, что в отличие от случая параллельной ориентации сил, который характерен для эксплуатируемых фильтров АЭС, в данном эксперименте не наблюдается явления ненормированного роста сопротивления фильтра воздушному потоку даже при существенно больших интегральных объемах пропущенного воздуха и введенных пылевых массах. Проведены количественные измерения основных характеристик процесса переноса пылевых масс на макете фильтра.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в адсорбционных угольных фильтрах, работающих на атомных электростанциях (АЭС), после длительной эксплуатации возникает существенный ненормативный рост сопротивления воздушному потоку, который приводит затем к выходу адсорберов из строя. Как было выяснено ранее [1], это связано с тем, что в процессе работы на верхней поверхности вертикально расположенного фильтра АЭС, через которую поступает очищаемый воздух, генерируется пылевая фракция, возникающая из-за разрушения угольных гранул фильтра. Особенности последующего переноса пыли воздушным потоком в фильтр и структурообразование вблизи поверхности фильтра из пылевой массы запирающего слоя, приводящего к отмеченным выше последствиям, были более подробно исследованы в [2]. В этих работах на макете адсорбера АУ-1500 исследовалось распределения угольной пылевой фракции по глубине адсорбционного слоя в том случае, когда пыль поступала в вертикально расположенный фильтр небольшими порциями из приповерхностного слоя. Было показано, что распределение пыли по глубине слоя имеет градиентный характер, причем преимущественно пыль накапливается в узком приповерхностном слое, при этом имеются пылевые максимумы и в глубине фильтра. Параллельный анализ результатов макетных испытаний и изучения фракционного состава адсорбционного слоя в вышедших из строя реальных фильтрах позволил выявить причину резкого возрастания аэродинамического сопротивления фильтров после длительной эксплуатации на АЭС и дать рекомендации по их усовершенствованию, обеспечивающие существенное продление работоспособности вертикальных адсорберов.

Исходя из анализа, проведенного в [2], представляло интерес исследовать работу фильтра, изменив расположение его относительно сил, действующих на пылевые массы, т.е. расположив адсорбер гори-

зонтально. В этом случае из-за изменения физических условий, в которых работает фильтр, можно было ожидать уменьшения влияния переносимой пыли на его аэродинамическое сопротивление.

Следует отметить, что при истирании адсорбента СКТ-3, используемого в фильтрах, образуются частицы пыли с дискретным набором размеров [2, 3]. При вертикальной ориентации фильтра на частицы, переносимые потоком воздуха, в основном действуют силы, направленные в одну сторону (сверху вниз). Это сила вязкого увлечения, определяемая силой Стокса  $F_s$ , и сила тяжести  $F_g$ . Пылевая угольная фракция именно под их действием перемещается воздушным потоком в глубь фильтра. Средняя скорость переноса частиц определяется их размерами. Наибольшие скорости переноса имеют самые малые частицы пыли, для которых основной движущей силой является сила вязкого увлечения воздухом. Наименьшими скоростями переноса обладают наиболее крупные частицы, для которых важное значение имеет сила тяжести. Они слабо увлекаются воздухом и первыми осаждаются между гранулами уже в верхней части адсорбционного слоя, способствуя образованию в процессе длительной работы адсорбера вблизи его поверхности равномерно распределенной плотной пылевой структуры, состоящей из частиц пыли всех размеров [4]. Достижение критического значения массовой доли пыли в этом запирающем слое и приводит к экспоненциальному возрастанию аэродинамического сопротивления.

Представлялось интересным изучить, каким образом угольная пылевая фракция, образующаяся вблизи поверхности адсорбента, будет распределяться по длине фильтра, лежащего горизонтально, когда силы, действующие на частицы пыли, направлены под прямым углом друг к другу. В этом случае сила вязкого увлечения осуществляет перенос пыли вдоль адсорбера, тогда как сила тяжести приводит к перемещению пылевых масс в его нижнюю часть. В этой постановке эксперимента необходимо было выяснить, каким образом угольная пыль распределяет-

ся по поперечному сечению фильтра, какая часть вводимой в фильтр пыли выходит из него с потоком воздуха и каким образом аэродинамическое сопротивление фильтра зависит от особенностей распределения пыли по слою адсорбента. Были проведены макетные испытания, в которых имитировалось истирание адсорбента вблизи поверхности фильтра с дальнейшим переносом угольной пыли потоком воздуха внутрь адсорбера.

## 2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Макет фильтра (рис. 1,а) представлял собой горизонтально расположенный стеклянный цилиндр, диаметр которого в десять раз меньше диаметра реального адсорбера.

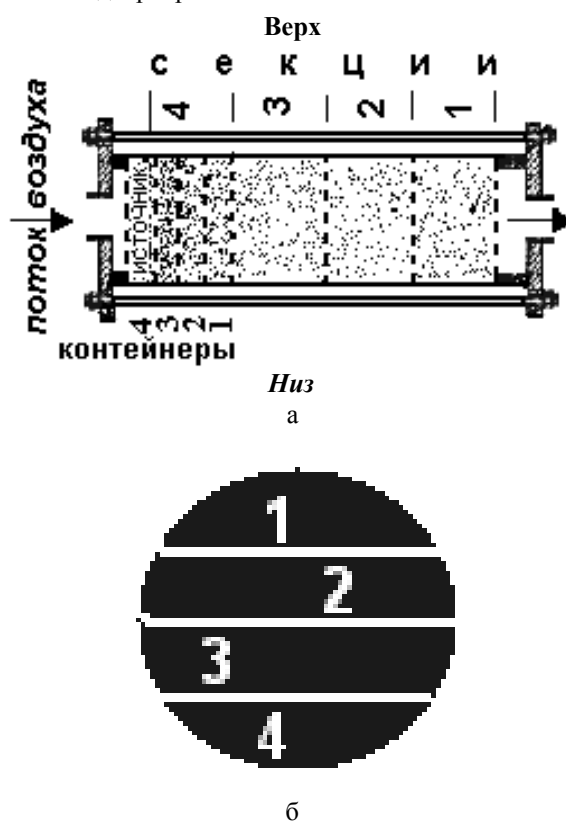


Рис. 1. Схема фильтра:  
а – макет адсорбера; б – поперечное сечение контейнера; 1-4 – сегменты, сверху вниз

Слой адсорбента в нём был зажат между двумя сетками. Поток воздуха направлен слева направо. Поток воздух был в 100 раз меньше потока в рабочем фильтре, но средняя скорость потока (0,14... 0,58 м/с) соответствовала средней скорости его в реальных фильтрах при штатном расходе воздуха. Длина слоя адсорбента аналогична высоте слоя адсорбента в реальном фильтре. Использовался гранулированный уголь СКТ-3, применяемый обычно в рабочих фильтрах на АЭС. При выбранных параметрах аэродинамическое сопротивление макета соответствовало сопротивлению реального фильтра.

Слой гранулированного угля по длине был разделен сетками на четыре секции (1, 2, 3, 4, счёт справа налево). Четвёртая, крайняя левая, секция собрана из трёх металлических контейнеров (№ 1, 2, 3, счёт справа налево), в каждом из которых слой угля зажат между двумя сетками (высота слоя 2 см). Для того чтобы после окончания эксперимента можно было оценить характер распределения угольной пыли по поперечному сечению контейнера, слой угля в каждом контейнере был разделен тремя сетками на четыре сегмента (1, 2, 3, 4, счёт сверху вниз; рис. 1,б). Слева к четвёртой секции прижат контейнер № 4, представляющий собой источник угольной пыли, которая при продувке воздуха затягивалась внутрь фильтра.

В экспериментах использовался однородный угольный адсорбент, состоящий из специально отобранных крупных гранул. Этим углем заполнялись все четыре секции. Угольная пыль с размерами частиц менее 10 мкм получалась истиранием гранул адсорбента вне макета. В контейнер № 4 — источник пыли — с целью соблюдения одинаковых стартовых условий перед началом каждого эксперимента засыпалась новая, тщательно перемешанная, смесь гранул адсорбента и угольной пыли. Это исключало накопление пыли в контейнере № 4. Масса пыли не превышала 1,5 % от массы угля в контейнере. Таким образом, пыль вводилась в фильтр небольшими дискретными порциями.

Перед очередным экспериментом и после него измерялась масса каждого из четырёх контейнеров. Для первого, второго и третьего контейнеров по разности показаний определялась масса пыли, осевшей в каждом из них после эксперимента. По разности масс четвёртого контейнера – источника – до и после эксперимента определялась масса очередной порции пыли, поступившей в фильтр. Масса пыли, ушедшей в 1-3 секции, определялась путем вычитания суммарной массы пыли, осевшей в трёх контейнерах, из массы пыли, введенной в фильтр во время эксперимента.

Использованы следующие обозначения:  $M_0$  – масса гранул во всем фильтре;  $M_1, M_2, M_3$  – массы гранул в контейнерах № 1, 2, 3 соответственно;  $m_0$  – общая масса пыли, введенной в фильтр после очередного эксперимента;  $m_1, m_2, m_3$  – суммарная масса пыли, осевшей в контейнерах № 1, 2, 3 после эксперимента;  $m_4$  – суммарная масса пыли, ушедшей в 1-3 секции после эксперимента, ( $m_4 = m_0 - m_1 - m_2 - m_3$ );  $M_j^i$  – масса адсорбента в  $j$ -м сегменте ( $j$  – от 1 до 4) контейнера №  $i$  ( $i$  – от 1 до 3);  $m_j^i$  – масса пыли, накопившаяся к концу эксперимента в  $j$ -ом сегменте контейнера №  $i$ ;  $m_{0i}$  – масса пыли, осевшая к концу эксперимента в контейнере №  $i$ .

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

### 3.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЫЛИ В СЛОЕ ГРАНУЛ

Результаты изучения зависимости относительной массы угольной пыли, накопившейся в 1-3 контейнерах –  $m_1/m_0, m_2/m_0, m_3/m_0$  (графики 1-3) и относительной массы пыли, ушедшей в 1-3 секциях –  $m_4/m_0$  (график 4) от массовой доли пылевой угольной

фракции, вошедшей в фильтр –  $m_0/(M_0 + m_0)$ , приведены на рис. 2.

Результаты исследования зависимости массовой доли пыли в 1-3-ем контейнерах –  $m_1/(M_1+m_1)$ ,  $m_2/(M_2+m_2)$ ,  $m_3/(M_3+m_3)$  от  $m_0/(M_0+m_0)$  – массовой доли пылевой угольной фракции, введенной в фильтр, изображены на рис. 3 (графики 1-3).

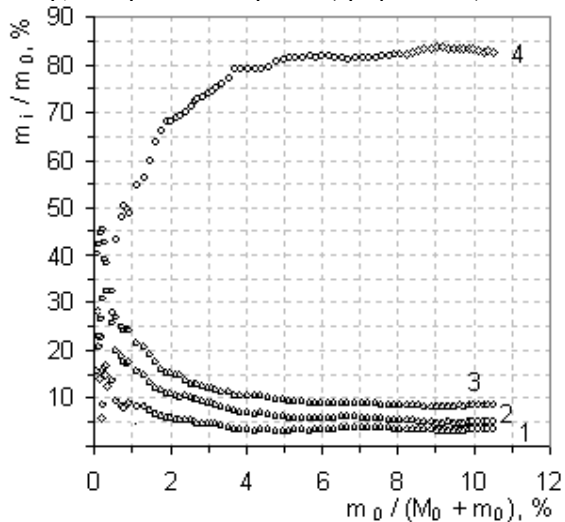


Рис. 2. Зависимость относительной массы угольной пыли, осевшей в 1-м (1), 2-м (2), 3-м (3) контейнерах и относительной массы пыли, ушедшей в 1-3 секциях (4), от массовой доли пылевой угольной фракции, поступившей в фильтр;  $i$  – от 1 до 4

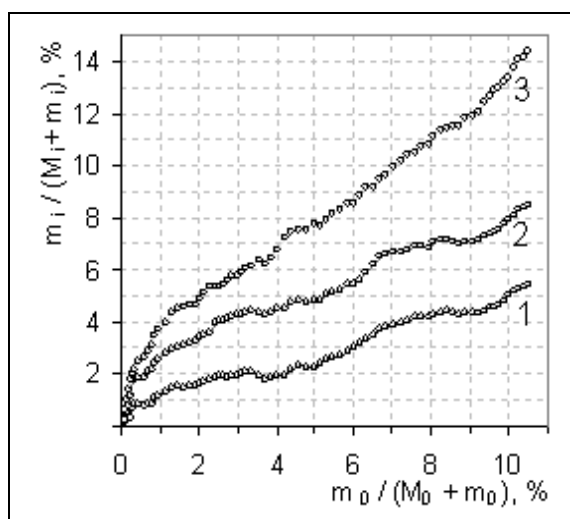


Рис. 3. Зависимость массовой доли угольной пыли в 1-м (1), 2-м (2) и 3-м (3) контейнерах от массовой доли пылевой угольной фракции, поступившей в фильтр;  $i$  – от 1 до 3

Параллельный анализ данных, приведенных на рис. 2 и 3, позволяет сделать следующие выводы:

1. В фильтре, расположенном горизонтально, при введении в него угольной пыли малыми дискретными порциями в первоначальный период [до 0,5 % по  $m_0/(M_0+m_0)$ ] наблюдается некоторое хаотическое, не имеющее чётко выраженной тенденции,

перераспределение угольной пыли по высоте адсорбционного слоя.

Начиная от 0,5 до 5 %  $m_0/(M_0+m_0)$  фиксируется четко выраженная тенденция к снижению количества пыли, осаждающейся в 1-3 контейнерах (см. графики 1-3 на рис. 2).

2. Причём, на участке от 0,5 до 3 % эта тенденция резко выражена (уменьшение на 9, 16 и 21 % для 1, 2 и 3-го контейнеров соответственно).

При этом массовая доля пыли, осевшей в 1, 2 и 3-м контейнерах, увеличивается на 1, 2, 4 и 3,4 % (см. рис. 3, графики 1-3). Массовая доля пыли в 3-м, ближайшем к источнику пыли, контейнере превышает массовую долю пыли во 2-м контейнере в 1,4 раза, а в 1-м — в 3 раза. (Массовая доля пыли во 2-м контейнере в 2 раза больше, нежели в 1-м).

3. На участке от 3 % до 5 % спад количества оседающей в контейнерах пыли замедляется (уменьшение на 1,5; 3,0; 2,6 % для 1, 2, 3-го контейнеров).

4. Начиная с 5 % по  $m_0/(M_0+m_0)$  и до 10,5 % в 1-3-м контейнерах при каждом эксперименте задерживается приблизительно постоянное количество пыли. При этом зависимость массовой доли пыли в 1-3-м контейнерах от  $m_0/(M_0+m_0)$  приобретает практически линейный характер. Массовая доля пыли в 1-м контейнере к концу исследований увеличивается в 2,3 раза, во 2-м – в 1,8 раза, в 3-м – в 1,9 раза (см. рис. 3, графики 1-3).

5. В 4-й секции, состоящей из трёх контейнеров, после окончания исследований задержалось 17,3 % пыли от общей массы, поступившей в фильтр, что по контейнерам (№1, 2, 3) составляет соответственно 3,5; 5,1; 8,7 %. Усреднённая массовая доля пыли при этом в каждом из трёх контейнеров составила: 1...5,5; 2...8,5; 3...14,3 %.

6. Как видно из графика 4 на рис. 2, на участке от 0,5 до 5 %  $m_0/(M_0+m_0)$  прослеживается четко выраженная тенденция к увеличению массы пыли, поступающей в 1-3 секциях. Причём, на участке от 0,5 до 3 % резко увеличивается суммарное количество пыли, уходящей в 1-3 секциях (на 46 %). На участке от 3 до 5 % этот подъём становится более плавным (увеличение всего на 9,3 %). Начиная с 5 % и до конца исследований, в секции уходит приблизительно постоянное количество (82,7 %) угольной пылевой фракции.

7. Масса угольной пыли, накопившаяся в каждой из трёх секций, вычислялась путём вычитания из конечной массы каждой из секции начальной массы адсорбента в них до проведения исследований. По секциям пыль (справа налево) распределилась следующим образом: 1...5,2; 2...7,3; 3...4,8; 4...17,3 %. Усреднённая массовая доля угольной пылевой фракции в секциях (справа налево) имела следующие значения: 1...2,2; 2...3,1; 3...2,2 %.

8. Сопоставление суммарной массы пыли, которая согласно нашим расчётам ушла в 1-3-ю секции (82,7 %), с массой пыли, задержавшейся в этих секциях (17,3 %), позволило вычислить относительную

массу пылевой фракции, вышедшей из фильтра с потоком воздуха, — 65,4 %.

### 3.2. ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЫЛЕВОЙ УГОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ ПО ДЛИНЕ СЛОЯ АДОРБЕНТА НА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОГО ФИЛЬТРА

Можно оценить степень влияния на аэродинамическое сопротивление фильтра, расположенного горизонтально, исследованного нами распределения пылевой фракции по глубине слоя угля, изучив зависимость  $\Delta P$  – аэродинамического сопротивления от  $J$  – объёмного потока воздуха для последовательных (от 0 до 10,5 %) значений  $m_0/(M_0+m_0)$  – массовой доли пылевой фракции, введенной в фильтр (рис. 4, графики 1-15)). На этом рисунке приведены также выборочно графические кривые зависимости  $\Delta P$  от  $J$  для фильтра, стоящего вертикально, (см. рис. 4, графики 1-6). В случае отсутствия угольной пыли в адсорбенте ( $m_0/(M_0+m_0)=0$  %) кривые зависимости аэродинамического сопротивления от объёмного потока воздуха совпадают (см. рис. 4, графики 1 и 1). Но по мере увеличения массовой доли угольной пыли, поступающей в фильтр, рост сопротивления у горизонтально лежащего фильтра оказывается существенно меньшим, чем в случае вертикального адсорбера (см. рис. 4, графики 15 и 2).

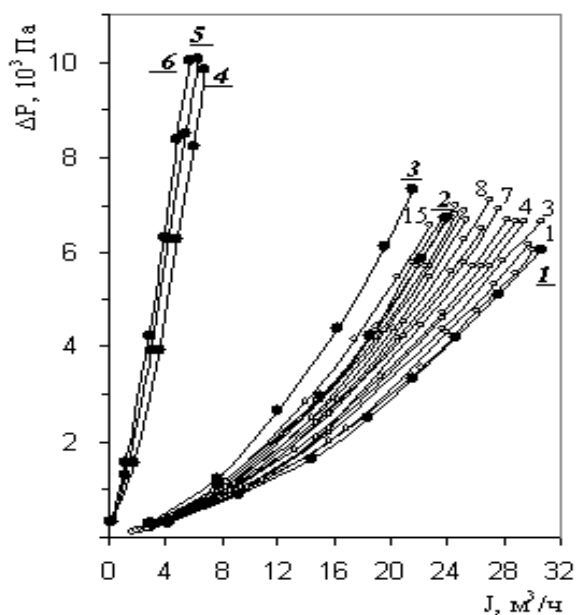


Рис. 4. Зависимость аэродинамического сопротивления адсорбера от объёмного потока воздуха для массовой доли пылевой фракции, поступившей в фильтр, (%):

- – фильтр расположен горизонтально:  
1 (0), 2 (0,09), 3 (0,36), 4 (0,6), 5 (1,31), 6 (1,92),  
7 (2,99), 8 (3,85), 9 (4,97), 10 (6,16), 11 (6,85),  
12(7,92), 13 (9,05), 14 (9,64), 15 (10,5);
- – фильтр расположен вертикально:

1 (0), 2 (5,9), 3 (6,7), 4 (8,8), 5 (9,1), 6 (9,2)

В работе [1] было показано, что  $\Delta P$ , как функция  $J$ , хорошо описывается эмпирической степенной зависимостью  $\Delta P = k J^{1.5}$ . Используя эту зависимость, мы для конкретного сопротивления ( $\Delta P_\phi = 6000$  Па) на рис. 4 вычислили  $\Delta P^*$  – значения сопротивления, приведенные к постоянному потоку ( $J^* = 15$   $м^3/ч$ ). На графике 1 (см. рис. 5) приведена зависимость  $\Delta P^*$  от  $m_0/(M_0+m_0)$  – массовой доли пылевой фракции, введенной в фильтр. На графике 2 (см. рис. 5) изображена аналогичная зависимость  $\Delta P^*$  от  $m_0/(M_0+m_0)$  для случая, когда фильтр расположен вертикально ( $\Delta P_\phi = 6000$  Па,  $J^* = 15$   $м^3/ч$ ). Данные нами взяты из работы [1].

Представлялось интересным для случаев горизонтального и вертикального расположения адсорберов провести сравнение характера распределения угольной пыли по глубине слоя адсорбента и оценить влияния его на увеличение аэродинамического сопротивления.

Как следует из сравнительного анализа данных, показанных на графиках 1 и 2 (см. рис. 5), на участке от 0 до 6 % по  $m_0/(M_0+m_0)$  графическое представление  $\Delta P^*$  от  $m_0/(M_0+m_0)$  для горизонтально и вертикально расположенных фильтров идентично. Это участок, на котором как для случая вертикально, так и горизонтально расположенного фильтра на аэродинамическое сопротивление оказывает влияние массовая доля пыли во всех трёх контейнерах.

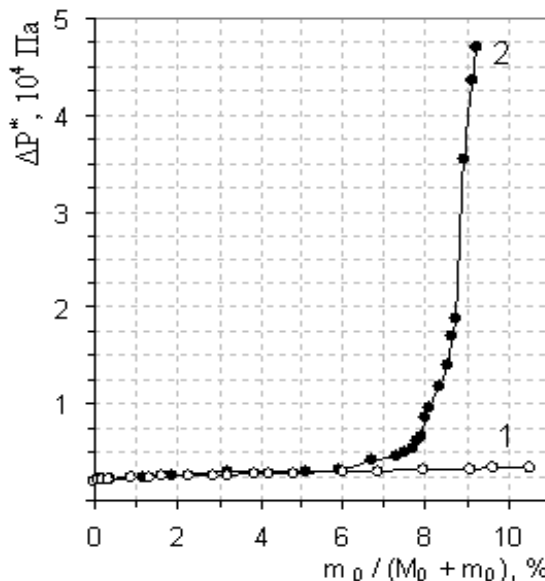


Рис. 5. Зависимость аэродинамического сопротивления ( $\Delta P_\phi = 6000$  Па), приведенного к потоку  $J^* = 15$   $м^3/ч$ , от массовой доли пылевой фракции, поступившей в фильтр: 1 – фильтр расположен горизонтально; 2 – фильтр расположен вертикально

Введение в вертикальный фильтр дополнительно двух процентов угольной пыли (до 8 % по  $m_0/(M_0+m_0)$ ) приводит к тому, что сопротивление увеличивается в 5 раз, дальнейшее поступление в фильтр всего 1,2 % пыли приводит к экспоненциальному возрастанию со-

противления в 23 раза. Этот рост, как отмечено в статье [1], свидетельствует о превалирующем влиянии резко возросшей (до 24 %) массовой доли пыли в 3-м контейнере на сопротивление.

При горизонтальном расположении фильтра, на участке от 6 до 10,5 %, как видно из графика 1 (см. рис. 5), наблюдается плавное, без резких скачков, небольшое возрастание аэродинамического сопротивления (в 1,2 раза). При увеличении массовой доли пылевой фракции, введенной в фильтр, от 0 до 10,5 % сопротивление увеличивается всего в 1,7 раза.

В горизонтально лежащем фильтре не зафиксировано резкого по сравнению с 1 и 2-м контейнерами возрастания массовой доли пыли в 3-м контейнере (см. рис. 3). Как следует из совместного анализа графика 1 (см. рис. 5) и графиков 1-3 (см. рис. 3), от начала испытаний и до конца эксперимента ( $m_0/(M_0+m_0)$  от 0 до 10,5 %) на рост сопротивления оказывает совместное влияние увеличения массы пыли, накопившейся во всех трёх контейнерах. Массовая доля пыли ни в одном из контейнеров не оказывает превалирующего влияния на рост сопротивления.

После окончания эксперимента для каждого из 3-х контейнеров была определена масса пыли, накопившаяся в 1-4-м сегментах, по отношению к массе пыли, осевшей в каждом из контейнеров, что позволило установить характер распределения угольной пыли по поперечному сечению контейнеров. Распределение относительной массы пыли по 1-4 сегментам контейнеров (№1-3) следующее: №1 (1- 11,6; 2- 22,0; 3- 26,3; 4- 40,1%), №2 (1- 6,2; 2- 20,7; 3- 38,2; 4- 34,9%), №3 (1- 10,9; 2- 24,2; 3- 39,6; 4- 25,3%); графическое представление усреднённых результатов исследования показано на рис. 6.

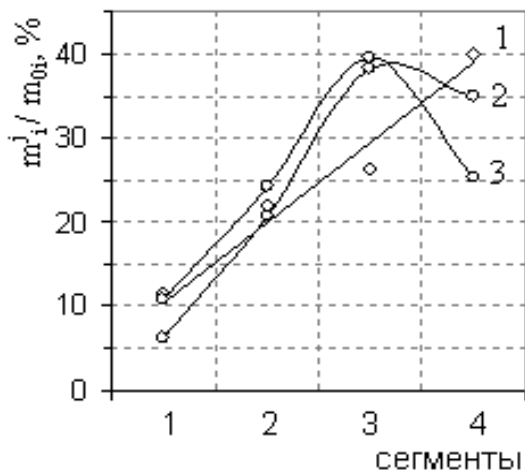


Рис. 6. Распределение относительной массы пылевой фракции по поперечному сечению контейнеров (№1-3): 1 – №1; 2 – №2; 3 – №3 ( $i$  – от 1 до 3;  $j$  – от 1 до 4)

Как следует из приведенных данных, наименьшее количество пыли сосредоточено вблизи поверхности, к низу относительная масса пыли увеличивается, достигая максимума для 1- и 2-го контейнеров в третьем сегменте, в 4-м сегменте масса пыли уменьшается. По поперечному сечению 1-го контейнера относительная

масса пыли увеличивается практически линейно, достигая максимума в нижнем, 4-м сегменте.

На рис. 7 приведено изображение боковой поверхности 2-о секции (верх фильтра); пыль отсутствует.

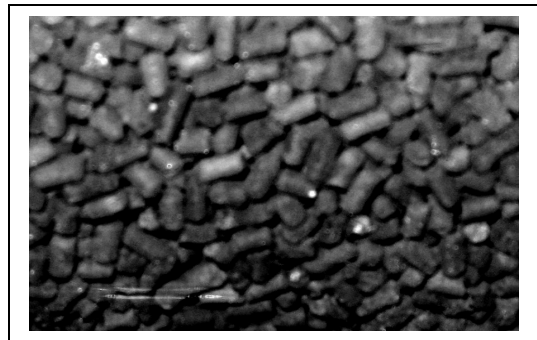
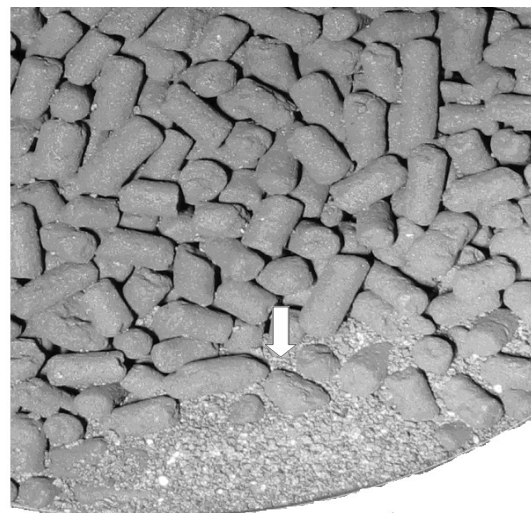


Рис. 7. Боковая поверхность (верх фильтра), 2-я секция (см. рис. 1, а)

Исходя из визуального наблюдения по поперечному сечению 1-3-й секций количество осевшей пыли увеличивается сверху вниз, достигая максимума внизу (фото 8, 9). Массовая доля пыли в сегментах контейнеров имела значения: №1 (1- 2,5; 2- 4,7; 3- 5,4; 4- 9,2%), №2 (1- 2,8; 2- 6,7; 3- 11,5; 4- 10,7%), №3 (1- 8,1; 2- 14,7; 3- 17,7; 4- 14,2%), графическое представление – на рис. 10.



Низ фильтра

Рис. 8. Вид поперечного сечения части поверхности 3-й секции (см. рис. 1, а). Стрелка указывает на выход слоя пыли

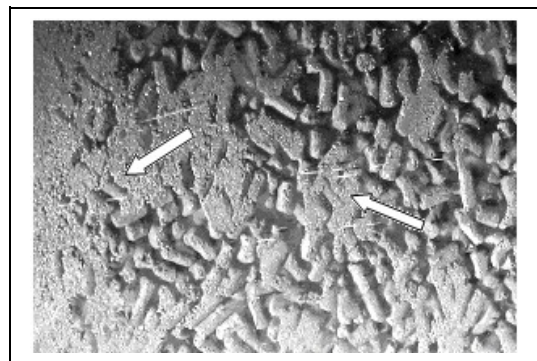


Рис. 9. Боковая поверхность (низ фильтра); 2-я секция (см. рис. 1,а). Стрелки указывают на слой и пятна пыли

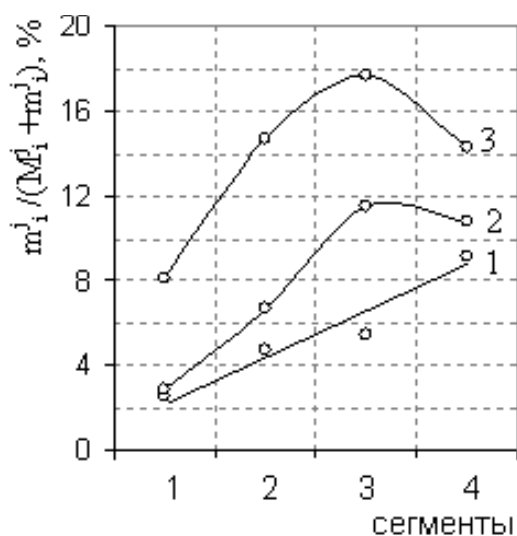


Рис. 10. Распределение массовой доли пылевой фракции по поперечному сечению контейнеров (№1-3): 1 - №1; 2-№2; 3-№3; (i - от 1 до 3; j - от 1 до 4)

Как следует из приведенных данных, во всех сегментах (кроме 2-го для контейнера №3) массовая доля пыли не достигает критического значения (18%), при котором слой угольно-пылевой массы в этом сегменте стал бы непреодолимым для потока воздуха. Таким образом, слой угля с пылью, накопившейся в нём, практически во всех сегментах контейнеров остается прозрачным для продвижения частиц угольной пыли, поступающих в фильтр на последующих стадиях эксперимента.

В вертикальном фильтре при массовой доле в 9,1% сопротивление в 14,4 раза превышает сопротивление горизонтально расположенного фильтра. Введение в горизонтально лежащий фильтр до 10,5% массовой доли пылевой фракции приводит к увеличению аэродинамического сопротивления в 1,7 раза.

#### 4. ВЫВОДЫ

Из совместного анализа результатов изучения распределения пылевой фракции в горизонтально и вертикально расположенных фильтрах можно сделать следующие выводы.

1. При поступлении пылевой угольной фракции в фильтр из приповерхностного источника характер распределения пыли по глубине гранулированного слоя для горизонтально лежащего фильтра существенно отличается от распределения в вертикальном фильтре.

В вертикальном фильтре происходит преимущественное накопление пылевой угольной фракции в тонком слое вблизи поверхности. К концу эксперимента массовая доля пыли в верхнем, 3-м, контейнере достигает 24% ( $m_0/(M_0+m_0)=9,1\%$ ), что приво-

дит к резкому (в 23 раза) возрастанию аэродинамического сопротивления.

В горизонтально расположенном фильтре зависимость массовой доли угольной пыли в 1-, 2- и 3-м контейнерах от массовой доли пылевой фракции, введенной в фильтр, начиная с 5% по  $m_0/(M_0+m_0)$  практически линейная. Не наблюдается резкого подъема величины массовой доли пыли в ближайшем к источнику, 3-м контейнере. Аэродинамическое сопротивление фильтра к концу эксперимента ( $m_0/(M_0+m_0)=10,5\%$ ) возрастает всего в 1,7 раза.

В вертикальном фильтре на рост аэродинамического сопротивления оказывает основное влияние уровень массовой доли пыли в верхнем, 3-м, контейнере.

В горизонтально расположенном фильтре на рост сопротивления оказывает совместное влияние массовая доля пыли, накопившейся во всех трёх контейнерах.

2. В вертикальном фильтре массовая доля пыли, накопившаяся в контейнерах, равномерно распределена по поперечному сечению контейнеров. Именно поэтому работу фильтра так ухудшает угольная пыль, собирающаяся в тонком слое вблизи поверхности. Этот слой при накоплении в нем критической концентрации угольной пыли (18%) становится практически непроницаемым для потока воздуха, и фильтр выходит из строя.

В горизонтально расположенном фильтре массовая доля пыли, осевшая в 1-3-м контейнерах, распределена неравномерно по поперечному сечению контейнеров. Массовая доля пыли, осевшей в 1-3 контейнерах, минимальна вверху, в 1-м сегменте, затем увеличивается, достигая максимума для 1-го контейнера в нижнем, 4-м сегменте, для 2 и 3-го контейнеров в предпоследнем, 3-ем сегменте. Массовая доля пыли практически во всех сегментах 1-3-го контейнеров не достигает критического значения. Таким образом, в каждом из контейнеров (№1-3) слой угля с пылью, осевшей в нём, не препятствует перемещению частиц угольной пылевой фракции, поступающих в фильтр на последующих стадиях эксперимента.

3. В случае горизонтального расположения адсорбера введение угольной пылевой массы небольшими дозами, не превышающими 1,5% от общей массы адсорбента в 4-м контейнере, не оказывает столь же негативного влияния на работу адсорбера, как в случае вертикально расположенного фильтра.

В горизонтально лежащем фильтре угольные пылевые массы перемещаются в нижнюю часть адсорбера, освобождая тем самым его сечение, особенно верхнюю часть, от частиц большого размера, которые могут служить зародышами образования пылевых структур, препятствующих прохождению воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

- И.М. Неклюдов, Л.И. Федорова, П.Я. Полтинин, Л.В. Карнацевич. Влияние особенностей накопле-

- ния пылевой угольной фракции в слое адсорбента на рост аэродинамического сопротивления угольных йодных фильтров систем вентиляции АЭС // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»* (84). 2003, № 6, с. 65–70.
2. О.П. Леденев, И.М. Неклюдов, П.Я. Полтинин, Л.И. Федорова. Особенности процессов переноса и структурообразования с участием дисперсной угольной фракции в адсорбционных фильтрах систем вентиляции АЭС // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»* (86). 2005, № 3, с. 115–121.
  3. О.П. Леденёв, И.М. Неклюдов, П.Я. Полтинин, Л.И. Фёдорова. Особенности пространственного распределения пылевых масс и адсорбированных химических элементов в фильтрах АЭС // *Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»* (89). 2006, № 4, с. 164–168.
  4. Н.Б. Урьев. Физико-химическая динамика дисперсных систем // *Успехи химии*. 2004, т. 79, № 1, с. 39–62.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДІНАМИКИ ПИЛОВИХ МАС ПІД ДІЄЮ РІЗНОНАПРАВЛЕНИХ СИЛ У ФІЛЬТРУЮЧІЙ СЕРЕДІ**

*І.М. Неклюдов, Л.І. Федорова, П.Я. Полтінін, О.П. Леденьов*

Досліджено перенос вугільного пилу в гранульованій фільтруючій середі, що відповідно використовується в фільтрах АЕС, коли сила захоплювання повітрям і сила тяжіння, які діють на пил, спрямовані під прямим кутом один до одного. Знайдено, що в відміну від випадку паралельної орієнтації сил, котрий є характерним для фільтрів АЕС, у даному експерименті не спостерігається явища ненормованого зросту опору фільтру повітряному потоку навіть при суттєво більших інтегральних об'ємах пропущеного повітря і доданих пилових мас. Проведене кількісне вимірювання основних характеристик процесу переносу пилових мас на макеті фільтру.

## **RESEARCH OF SINGULARITIES OF DYNAMICS OF DUST MASSES UNDER OPERATION OF VARIOUSLY DIRECTED FORCES IN FILTERING MEDIUM**

*I.M. Nekljudov, L.I. Fedorova., P.J. Poltinin, O.P. Ledenyov*

Transposition of a coal dust in the granulated filtering medium similar used in filters of the NPP when force of a dragging by air and a gravity, acting on a dust, are directed under a right angle to each other is investigated. It is revealed, that unlike a case of parallel orientation of forces which is characteristic for maintained filters of the NPP, in the given experiment it is not observed appearances not normalize growth of resistance of the filter to an air stream even at essential greater integral volumes of passed air and the introduced dust masses. Quantitative measurements of the basic performances of process of transposition of dust masses on an experimental model of the filter are lead.