

УДК 622.807.2.:411.511

Е.С. Иванов, В.В. Кудряшов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕПРЕМОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ

Оценена погрешность измерения массовой концентрации пыли по величине аэrodинамического сопротивления пылевого осадка на фильтре в зависимости от крупности частиц.

Ключевые слова: депремометрический метод, пылеотложение, пылевой осадок.

Семинар № 24

Депремометрический метод измерения величины пылевого осадка основан на определении перепада давления воздуха, проходящего через осадок. Метод известен с прошлого столетия [1]. Он использовался для определения концентрации витающей пыли.

Перепад давления на пылевом осадке положен в основу работы экспресс-пылемера [2], предназначенного для оценки запыленности воздуха в угольных шахтах. Ранее падение давления на пылевом осадке применялось в радиоизотопном пылемере ИКАР для прекращения отбора частиц пыли при достижении пылевого осадка заданной величины с целью последующего точного определения его массы по величине поглощения осадком мягкого бетаизлучения [3].

Теоретический анализ возможности использования депремометрического метода определения пылеотложения в выработках по разности концентраций на данном участке показал наличие недопустимых погрешностей, связанных с изменением дисперсного состава пыли на этом участке [4].

Настоящее исследование посвящено экспериментальной оценке депремометрического метода для возможного решения некоторых задач в пылевом контроле.

Из теории фильтрации газа (жидкости) через пористую среду, состоящую из сферических частиц диаметром d , известно, что перепад давления ΔP на участке l выражается в виде

$$\Delta P = \frac{A\mu}{d^2\gamma} vl, \quad (1)$$

где μ и γ – соответственно вязкость и плотность газа, v – скорость фильтрации, A – коэффициент пропорциональности.

При постоянном расходе воздуха, проходящего через пылевой осадок на фильтре ($v = \text{const}$), перепад давления ΔP обратно пропорционален поверхности частиц (d^2). Отсюда, при определении массы пылевого осадка по величине ΔP изменчивость дисперсного состава пыли является источником погрешности определения ее массы.

Таблица
**Связь диаметра D сосуда со скоростью падения V частиц размером d
 при объемной скорости прокачки воздуха, равной $20 \text{ дм}^3/\text{мин}$**

| $d, \text{мкм}$ | 94 | 73 | 45 | 21 | 10 |
|--------------------------------|------|------|------|------|----------------------------------|
| $D_{\text{ш}, \text{ см}}$ | 3,3 | 4,5 | 7,4 | 15,7 | |
| $V, \text{ см} \cdot \text{с}$ | 38,5 | 20,5 | 7,79 | 1,69 | Разделитель (прямоточный циклон) |

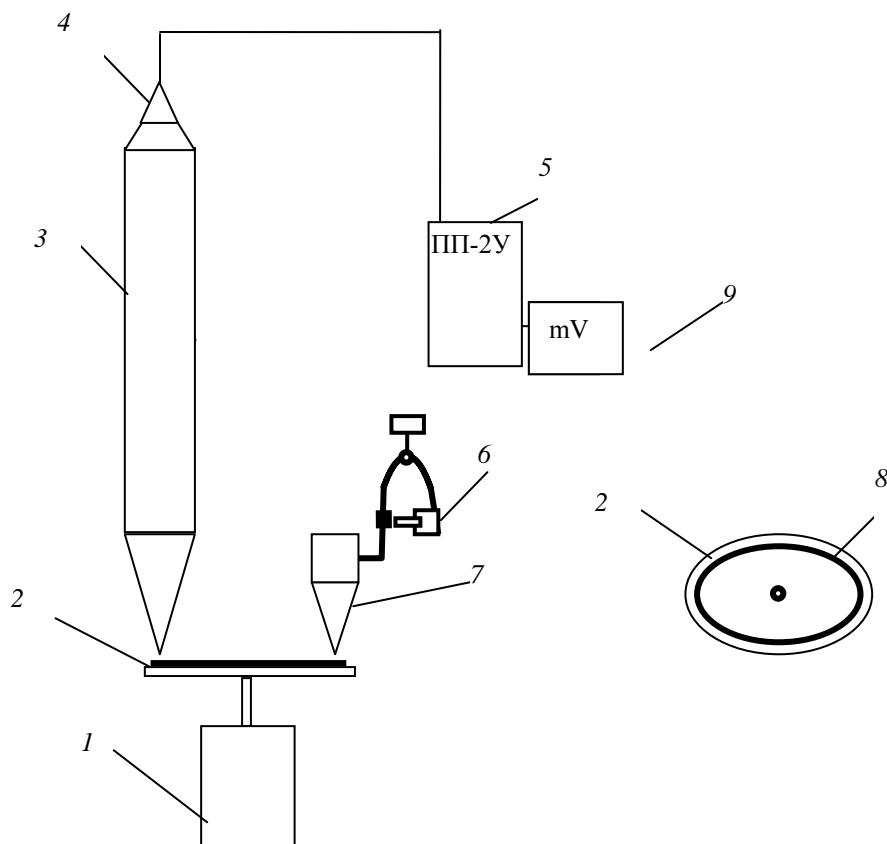


Рис. 1. Установка для экспериментальной оценки депреметрического метода измерения массы пылевого осадка на фильтре: 1 – двигатель с редуктором, 2 – диск с пылевой дорожкой, 3 – цилиндрическая труба, 4 – аллонж с фильтром, 5 – аспиратор ПП-2У, 6 – электромагнит пылеподатчика, 7 – бункер пылеподатчика с пылью, 8 – пылевая дорожка, 9 – милливольтметр

В угольных шахтах (как, впрочем, и в рудниках и карьерах) дисперсный состав витающей пыли весьма изменчив. Максимальный размер частиц может быть равен 90–70 мкм у источника пылеобразования. Частицы

размером менее 40–20 мкм стабильно пребывают в турбулентном вентиляционном потоке при скорости 1–4 м/с. Частицы размером менее 10 мкм постоянно находятся во входящей (свежей) струе и в конце исходящей.

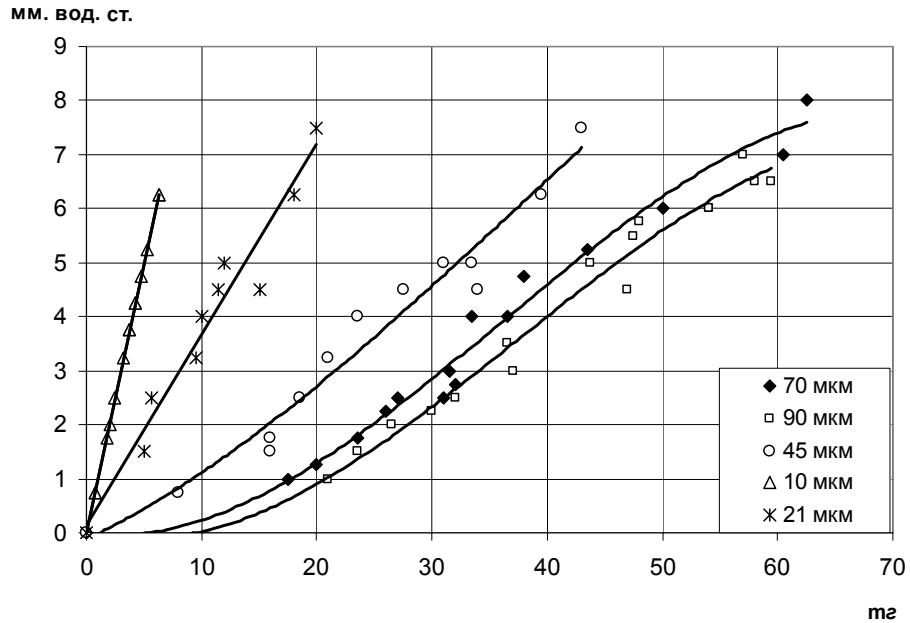


Рис. 2. Зависимость перепада давления на пылевом осадке при скорости прокачки воздуха через фильтр АФА-20, равной $20 \text{ дм}^3/\text{мин}$, от его массы, содержащей частицы крупностью менее 10, 21, 45, 70 и 90 мкм

Поэтому в опытах устанавливалась связь массы пылевого осадка на фильтре с перепадом давления на нем при размерах частиц менее упомянутых.

Эксперимент проводился с использованием разработанной установки, представленной на рис. 1. Пыль, полученная в результате разрушения угля в приборе ПОК предназначенном для определения коэффициента крепости, и просеянная через сито с размером отверстий 100 мкм, помещалась в бункер с виброприводом. Из бункера она высыпалась на вращающийся диск ровной дорожкой. С диска пыль отсасывалась в цилиндрический сосуд при помощи аспиратора ПП-2У [5] с постоянной производительностью $20 \pm 0,5 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Верхняя часть цилиндра соединена с аллонжем, в который помещался фильтр АФА В-20. Скорость воздуха в ци-

линдрическом сосуде была равна скорости падения частиц, имеющих максимально заданный размер: 90 мкм, 70 мкм, 45 мкм и 20 мкм. Диаметр цилиндра и соответствующие максимальные размеры частиц и скорость их витания приведены в таблице. Частицы размером менее 10 мкм осаждались на фильтре после прохождения запыленного воздуха через циклон. Масса пылевого осадка определялась весовым способом путем взвешивания фильтра до и после отбора пробы. Перепад давления на пылевом осадке определялся при помощи датчика разряжения, встроенного в прибор ГП-2У и соединенного с милливольтметром, протарированным на перепад давления.

На рис. 2 представлены результаты эксперимента, из которых видно следующее.

1. Одному и тому же перепаду давления на пылевом осадке может соответствовать разная масса пыли в зависимости от ее крупности. Так, падению давления 5 мм вод. ст. может соответствовать масса пыли: 14 мг, если размер частиц менее 21 мкм; 32 мг, если размер частиц менее 45 мкм и 42–47 мг, если размер частиц менее 70–90 мкм. Таким образом, погрешность диприметрического метода определения массы пылевого осадка, а следовательно, и массовой концентрации пыли в зависимости от места и условий отбора пробы может находиться в пределах от 0 до 60 и более %. Поэтому для каждого места пробоотбора необходимо введение корректирующего множителя, что предусмотрено в аспираторе ПП-2У [5].

Корректирующий множитель определяется на рабочем месте по результатам сравнения показаний прибора с концентрацией, определенной весовым методом с использованием одного и того же пылевого препарата (фильтра). Корректирующий множитель вводится в аспиратор нажатием соответствующей кнопки.

2. Метод может использоваться при перепаде давления на пылевом осадке не менее 1–2 мм вод. ст., когда расход воздуха через фильтр АФА ВП-20 составляет $20 \text{ дм}^3/\text{мин}$ и чувствительность датчика равна 4 мВ/мм. вод. ст.

3. В силу зависимости перепада давления на пылевом осадке от крупности пыли метод не пригоден для определения пылеотложения по разности концентраций частиц на заданном участке выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко А.П. Методы и прибор для измерения концентрации пыли. – М.: Химия, 1978. – 208 с.
2. Ярош А.С. Разработка способа и средства оперативного контроля заполненности воздуха в горных выработках угольных шахт. Автореф. канд. дисс. М. ФГУП ННЦ-ГП ИГД им. А.А. Скочинского, 2008.
3. Кудряшов В.В., Гродель Г.С., Еремченко Е.В. Радиоизотопный пылемер ИКАР. Уголь Украины, № 1, 1983.
4. Кудряшов В.В. О непрерывном контроле пылеотложения в горных выработках угольных шахт. ГИАБ. Отдельный выпуск – 2007 – №ОВ 12 – М. С. 245–255.
5. Иванов Е.С., Кудряшов В.В. Аспиратор-пылепробонаборник с индикацией объема прокаченного воздуха и концентрации пыли ПП-2У. Сб. трудов XIII Международной конференции «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». – М.: МГТУ, 2008. – С. 335–338. ГИАБ

Коротко об авторах

Иванов Е.С. – научный сотрудник, kudr_ipkon@mail.ru.

Кудряшов В.В. – доктор технических наук, профессор, kudr_ipkon@mail.ru

Учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр РАН (УРАН ИПКОН РАН), info@ipkonran.ru