

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ТВЁРДЫХ КОМПОНЕНТОВ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ АВТОМАТИЧЕСКИМ СЕДИМЕНТОМЕТРОМ ВС-3

Н.Г. КВЕСКО

В статье рассматривается новый метод анализа гранулометрического состава порошков. Весовой седиментометр ВС-3 является прибором, в котором реализован принцип прямого измерения массового количества частиц каждого размера. Это стало возможным за счёт использования метода седиментации частиц из стартового слоя. Расчёт процентного содержания фракций каждого размера ведётся компьютером относительно общей массы данной пробы. Поэтому не требуется точное взвешивание пробы перед анализом.

Анализ гранулометрического состава твёрдых компонентов буровых растворов чрезвычайно важен, так как размер частиц сказывается на качестве основного процесса и отвечает за оптимизацию работы буровой установки. Особенно важно контролировать размеры частиц твёрдой фазы, если буровой раствор готовится непосредственно на скважине. Для определения дисперсности обычно используется сочетание ситового и седиментационного методов. В седиментационных методах анализа процесс осаждения частиц в вязкой жидкой среде традиционно осуществляется из объёма, хотя этот способ обладает некоторыми недостатками и существенными временными затратами на проведение одного эксперимента. Гораздо меньше ошибок, оказывающих существенное влияние на результаты определения дисперсности, содержит метод седиментации из стартового слоя [1].

На основе всесторонних исследований метода седиментации частиц из стартового слоя разработан принципиально новый прибор [2] – весовой седиментометр ВС-3 (Рис. 1), неотъемлемой частью которого является персональный компьютер.

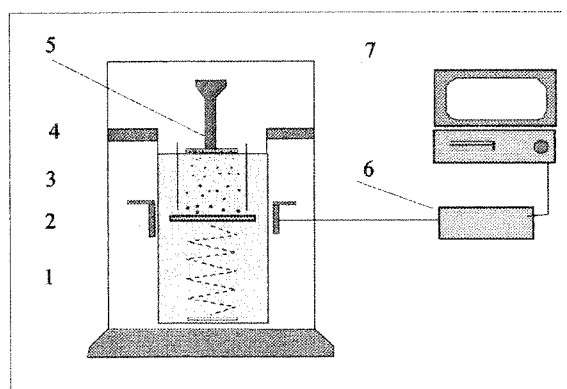


Рис. 1. Принципиальная схема седиментометра ВС-3: 1 – осадительный цилиндр; 2 – чувствительная система; 3 – датчик микроперемещений; 4 – чашка сбора осадка; 5 – устройство ввода; 6 – блок связи; 7 – компьютер

Седиментометр ВС-3 состоит из цилиндрического осадительного сосуда (кюветы), чувствительного элемента и датчика микроперемещений. Чувствительный элемент включает приемную чашечку с поплавком и пружинку с грузом (якорем). Чашечка сбора осадка чувствительного элемента является одновременно сердечником трансформаторного датчика микроперемещений. Установка катушки датчика микроперемещений в нулевое положение осуществляется штангами с винтами. Высота осаждения определяется по разности отсчета шкал, расположенных на внутренней поверхности осадительного сосуда и наружной поверхности корпуса седиментометра.

Для преобразования и передачи сигнала с датчика микроперемещений в компьютер через последовательный порт служит специально разработанный блок связи.

Система ввода пробы снабжена устройством регулировки хода опускания фильтра или впрыскивающего устройства (при введении пробы в виде суспензии) до его касания поверхности дисперсионной жидкости. Дополнительно седиментометр оснащается внутренним цилиндром со съёмными кольцами, который устанавливается в кювету над приемной чашечкой, препятствуя рассеянию частиц при их осаждении. Диаметр этого цилиндра на 15 % меньше диаметра чашечки сбора осадка. Для предотвращения "стекания" пробы с приемной седиментационной чашечки высота бортиков последней должна быть не менее 5 мм.

Весовой седиментометр ВС-3 является прибором, в котором реализован принцип прямого измерения количества частиц каждого размера. Расчет размера частиц, опустившихся на чашку чувствительного элемента с заданной высоты, ведется не только по закону Стокса (как это делается в других известных приборах), но и по другим, более точным, законам в соответствии со скоростью осаждения и размерами частиц. Чувствительная система прибора, измеряющая количество осевших частиц во времени, работает строго в диапазоне закона Гука, когда отклонение (микроперемещение) чашечки приема осадка прямо пропорционально весу осевших частиц. Причем диапазон перемещений, в котором выполняется закон Гука, настолько широк, что это дает возможность провести несколько анализов (10–20)

без разгрузки чашечки и без смены дисперсионной жидкости. Расчет процентного содержания фракции каждого размера ведется компьютером относительно общей массы данной пробы. Поэтому не требуется точное взвешивание пробы перед анализом.

Анализ гранулометрического состава порошкообразных веществ методом весовой седиментации с использованием стартового слоя осуществляется следующим образом. Седиментационный осадительный цилиндр заполняется жидкостью, внутри него располагается чувствительное весоизмерительное устройство. В верхней части сосуда одним из описанных выше способов создается стартовый слой частиц. Оседание частиц отдельных фракций на приемную чашечку вызывает ее смещение, которое фиксируется трансформаторным датчиком микроперемещений, причем в начальный момент (до анализа) датчик устанавливается в нулевое положение. В процессе осаждения на приемную чашечку частицы непрерывно взвешиваются высокочувствительной системой. Данные измерений запоминаются компьютером во времени. Компьютер через блок связи анализирует сигнал, пропорциональный количеству осевших частиц в зависимости от времени; в соответствии с физически обоснованными законами сопротивления и методами аппроксимации рассчитывает гранулометрический состав пробы.

Программное обеспечение седиментометра ВС-3 наряду с основной задачей определения гранулометрического состава порошков выполняет еще несколько функций, облегчающих работу оператора с прибором: содержит справочные данные по выбору седиментационной жидкости, ее плотности и вязкости; контролирует установку нуля прибора; определяет по заданной высоте осаждения и минимальному размеру частиц время анализа и максимальный измеряемый размер; регистрирует протокольные данные анализа; выполняет программную обработку сигнала с АЦП блока связи во времени в процессе проведения анализа; проводит расчет кривой осаждения (седиментационной кривой накопления осадка) с учетом соответствующего закона сопротивления; рассчитывает распределение частиц по размерам в соответствии с физически обоснованной аппроксимацией; выводит на экран дисплея графики массового распределения частиц по размерам; – представляет данные анализа в виде стандартной таблицы и выводит их на печатающее устройство; определяет при необходимости удельную поверхность пробы и численное распределение частиц по размерам.

Многочисленные параллельные опыты показали, что среднеквадратичное отклонение в определении размера частиц не превышает 5 %. Во время проведения анализа на экране монитора демонстрируется кривая отклонения чашки от нулевого уровня. При этом имеется возможность прекратить анализ, если на экране видно, что проба слишком велика ("зашкаливание" показаний), или слишком мала (малы или отсутствуют отклонения чашки). Компьютер до начала анализа сообщает оператору о минимальном и максимальном измеряемых размерах, а также о времени анализа и дает совет по изменению этих параметров. В программном обеспечении установлен стандартный ряд измеряемых размеров частиц (2,3,5,7,10,14,20,28,40,63,80,125,160...мкм). Однако он может быть легко изменен по желанию заказчика. Инструкции для работы на приборе оператор получает с монитора. Для работы с прибором может использоваться любой IBM-совместимый компьютер мощностью 1 Мбайт RAM и имеющий 1,5 Мбайта свободного места на жестком диске. В тот период, когда измерения не проводятся, компьютер можно использовать для выполнения других задач. Результаты анализа представляются на экране дисплея в виде таблицы и графиков и по желанию оператора могут быть запотоколированы в памяти компьютера или распечатаны на принтере.

Метод стартового слоя, заложенный в основу нового прибора, обладает рядом преимуществ по сравнению с известными седиментометрами, в том числе и зарубежными. Прежде всего эти преимущества касаются расширения диапазона анализируемых частиц в сторону крупных фракций, сокращения времени анализа и увеличения числа анализируемых проб без замены дисперсионной среды. Стыковка прибора со стандартными ПК позволила разработать программное обеспечение, базирующееся на математической модели, учитывающей все особенности процесса осаждения частиц в жидкости (нестационарность, неправильная форма частиц, изменяющийся коэффициент сопротивления). Использование стандартного ПК значительно уменьшает стоимость прибора и расширяет возможность его адаптации к конкретным требованиям заказчика.

Применение ВС-3 для анализа дисперсности твердых компонентов буровых растворов позволит на одном приборе получать информацию, обычно получаемую сочетанием ситового и пипеточного методов. При этом значительно сокращается время анализа, и, кроме того, вычисляются дополнительные характеристики распределения частиц по размерам, представляющие интерес для практиков и наиболее полно характеризующие рассматриваемую дисперсную систему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квеско Н.Г. Совершенствование метода седиментации из слоя применительно к определению гранулометрического состава полидисперсных материалов: Дис... канд. техн. наук. – Томск, 1989. – 151 с.
2. Пат. 2000563 РФ, МКИЗ G 01 N 15/04. Седиментометр. / Н. Г. Квеско, А. А. Колесников (Россия) – № 04817846/25; Заявлено 23.04.90. Опубликовано 07.09.93, Бюллетень № 33–36, Приоритет 23.04.90 (Россия). – 4 с.: ил.

Work considers the new method of particle-size analysis of powders. The weight sedimentometer WS-3 is the device which realizes the principle of direct measurement of particles quantity of each size. It has become possible at the expense of use of method sedimentation of particles from starting layer. The calculation of fraction percentage is made by computer concerning the common weight of given sample. Therefore the exact weighing of sample before the analysis is not required.