

УДК 622.7: 622.3(075.8)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ  
В ВОДНО-УГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ**

Смолянина Я.В., студент гр. ОПс-131, VI курс,  
Черданцева И.Д., студент гр. ОПс-141, V курс,  
Т.Е. Вахонина, ст. преп. кафедры ОПИ  
Научный руководитель: М.С. Клейн, д.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

При обогащении углей мокрым способом образуются шламовые воды, содержащие угольные и минеральные частицы крупностью менее 0,5 мм. При этом количество частиц твердой фазы может достигать до 20-25 % от всего угля, поступающего на обогащение. Поэтому для предотвращения потерь угля, шламовые воды необходимо обрабатывать с целью, во-первых, для получения из шлама угольного концентрата – товарного продукта, и во-вторых, для разделения жидкой и твердой фаз шламовой воды для возвращения относительно «чистой» оборотной воды в технологический процесс.

Процесс обработки шламовой воды включает операции классификации по крупности в гидроциклонах, флотацию – наиболее эффективный и практически единственный метод обогащения угольных шламов, а также обезвоживания продуктов разделения осадением и фильтрованием твердой фазы пульпы.

Для всех указанных операций важнейшим параметром контроля и регулировки процессов является содержание твердого в жидких продуктах. Определение данного параметра может проводиться с помощью автоматических приборов – плотномеров, но чаще, для контроля используются ручные методы. Наиболее точный ручной метод определения содержания твердого в пульпе заключается в определении массы пробы пульпы, отобранной для анализа, и массы высушенного твердого осадка из пробы. Недостаток этого метода – продолжительное время сушки пробы пульпы.

Для оперативного определения содержания твердого в пульпе на фабриках пользуются следующей методикой: взвешивают с точностью до 1 г литровую кружку с пульпой, затем по специально составленной таблице находят содержание твердого в зависимости от массы 1 л пульпы. При составлении таблицы расчеты проводят по формуле, которая имеет вид:

При ручном способе содержание твердого в пульпе рассчитывается по формуле:

$$P_T = \frac{(\rho_p - 1) * \rho_m}{(\rho_m - 1)} * 1000 = \frac{(q_p - 1000) * \rho_m}{(\rho_m - 1)}, \quad (1)$$

где  $P_T$  – содержание твердого в пульпе, г/л;  $\rho_m$  – плотность твердого, г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_p$  – плотность пульпы, г/см<sup>3</sup>;  $q_p$  – масса 1 л пульпы, г/л [1. 2].

При ручном способе определения содержания твердого в пульпе могут возникать ошибки в результате:

- неправильного отбора пробы пульпы;
- не точного определения массы 1 л пульпы;
- при расчете по формуле 1.

Для повышения точности ручного способа анализа рассмотрим причины возникновения ошибок и пути их минимизации.

#### Ошибка, возникающая при неправильном отборе проб

Для определения содержания твердого в пульпе пробу обычно отбирают из трубопровода через приваренный к нижней части трубы патрубок с задвижкой. При таком отборе пробы не учитывается возможная сегрегация частиц, из-за которой в нижней части трубы концентрируется большее количество крупных частиц даже при турбулентном характере движения пульпы. В результате отобранная проба оказывается непредставительной по гранулометрическому составу и с избыточным содержанием твердого в пульпе.

Правильный отбор пульпы из трубопровода нужно проводить с помощью вертикальной щели, в которую попадают частицы по всей высоте потока пульпы (способ продольного сечения потока). Для лучшего перемешивания пульпы перед отбором пробы можно устанавливать турбулизирующие пластины на участке перед щелевым пробоотборником.

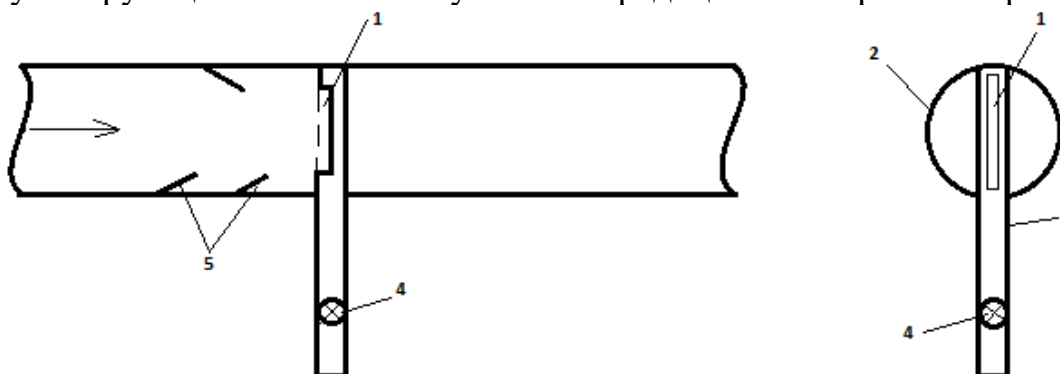


Рис.1. Щелевой пробоотборник.

#### Ошибка определения массы 1 л пульпы

Для определения массы 1 л пульпы обычно используют кружки с горизонтальной прорезью на уровне, соответствующему 1л объема кружки. По различным причинам объем пульпы в кружке может отличаться от 1л, например, в большую сторону за счет образования выпуклого мениска, или в меньшую сторону в результате пролива пульпы. Отклонение массы пульпы в кружке от истинного значения зависит от диаметра кружки на уровне слива, т.к. отклонение объема пробы пульпы равняется произведению площади кружки на уровне слива на величину отклонения высоты уровня пульпы. Очевидно, что чем меньше диаметр кружки на уровне слива, тем меньше площадь и при отклонении уровня пульпы в кружке изменение массы пульпы

и ошибка будут меньше. Содержание твердого в пульпе при отклонении уровня рассчитывалось по формуле:

$$P_T = \frac{(q_p - 1000 \pm \Delta V) * \rho_m}{(\rho_m - 1)}, \quad (2)$$

где  $\Delta V = S * \Delta h$  - отклонение объема пульпы;  $S$  – площадь кружки на уровне слива,  $\text{см}^2$ ;  $\Delta h$  – отклонение уровня слива,  $\text{см}$ .

На рис. 2 показана зависимость рассчитанного по формуле 2 значения содержания твердого в пульпе от диаметра кружки на уровне слива при снижении уровня на 1 и 0,5 мм при плотности твердого  $\rho_m = 1,5 \text{ г/см}^3$  и массе 1 л пульпы  $q_p = 1010 \text{ г/л}$  ( $P_T^{\text{ист}} = 43,3 \text{ г/л}$ ). Из графика видно, что чем меньше диаметр кружки на уровне слива, тем меньше изменяется содержание твердого при снижении уровня пульпы на 1 или 0,5 мм.

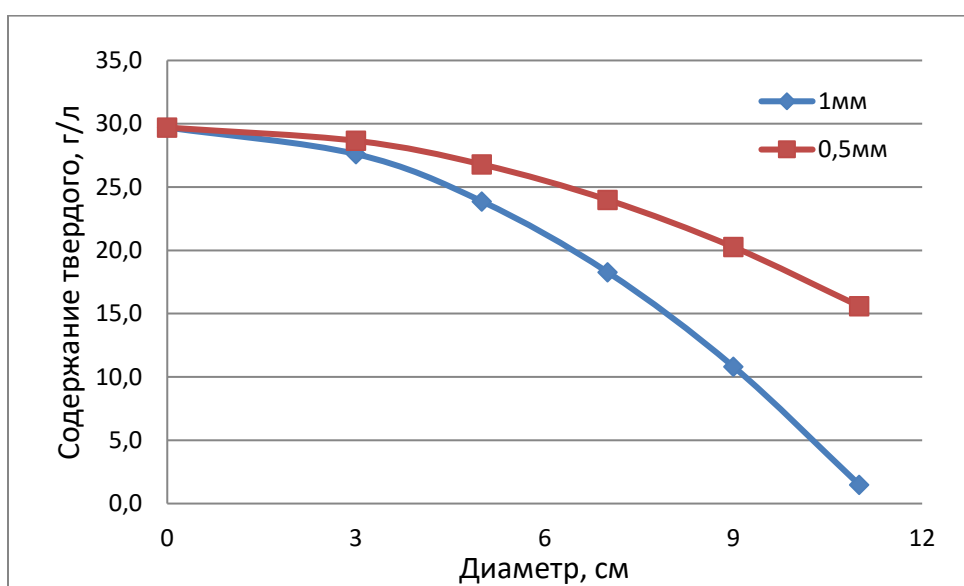


Рис. 2. Зависимость содержания твердого от диаметра кружки в результате ошибки из-за снижения уровня пульпы в кружке на 1 и 0,5 мм.

Для тех же условий на рис. 3 показана зависимость относительной ошибки  $\Delta P_T$  определения содержания твердого в пульпе от диаметра кружки на уровне слива при снижении уровня на 1 и 0,5 мм. Ошибка  $\Delta P_T$  рассчитывалась по формуле:

$$\Delta P_T = \frac{P_T^{\text{ист}} - P_T}{P_T} * 100\% \quad (3)$$

Сравним полученные значения  $P_T$  для двух кружек: первая кружка – цилиндрическая с диаметром на уровне слива 9 см и вторая кружка, показанная на рис. 4, с диаметром на уровне слива 3 см. Для пульпы с содержанием твердого  $P_T^{\text{ист}} = 45 \text{ г/л}$ , при снижении уровня пульпы на 1 мм для первой кружки расчетное значение содержания твердого по формуле 1 составляет 15,6 г/л, а для второй кружки – 40 г/л.

При этом относительная ошибка, для кружки с диаметром 9 см равна 63,6 %, а для диаметра 3 см – 7,1 %.

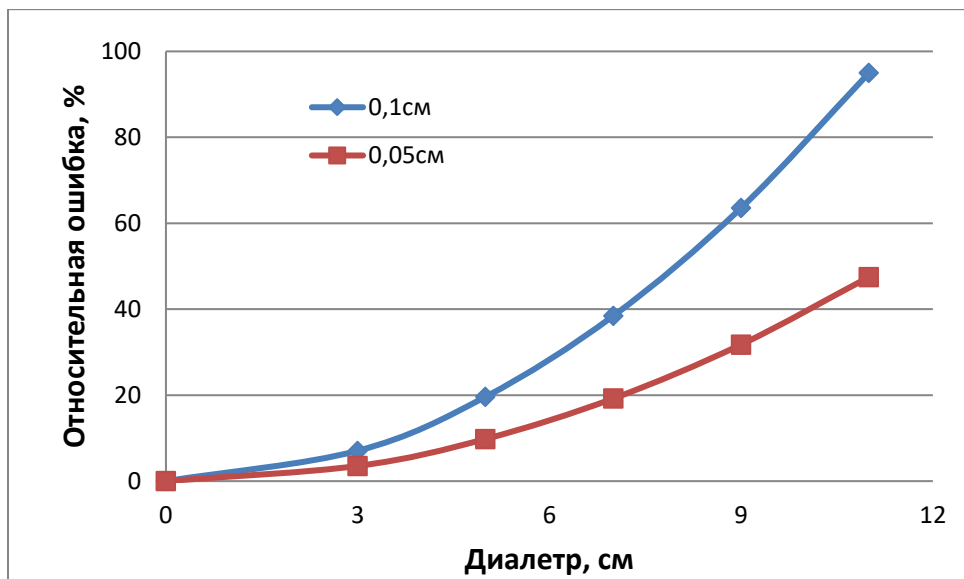


Рис.3. Зависимость относительной ошибки определения содержания твердого от диаметра кружки из-за снижения уровня пульпы в кружке на 1 и 0,5 мм.

Кроме того, кружка, показанная на рис. 3, позволяет более точно поддерживать заданный уровень заполнения кружки, т.к. трубка для слива избытка пульпы из кружки малого диаметра и случайные ошибки будут минимальными.



#### Ошибки, возникающие при расчете $P_T$ по формуле 1

При расчете  $P_T$  по формуле 1 необходимо знать плотность твердой фазы пульпы  $\rho_m$ , точное значение которой определить достаточно сложно. В тоже время влияние плотности твердого на величину  $P_T$  весьма заметное. На рис. 5 показана зависимость содержания твердой фазы от ее плотности и ошибка, возникающая при отклонении принятого значения  $\rho_m$  от истинного в данном случае значения  $\rho_{T_{ист}} = 1,3 \text{ г/см}^3$  при массе 1 литра пульпы  $q=1030 \text{ г/л}$ .

Рис.4. Кружка для определения  $I_L$  пульпы

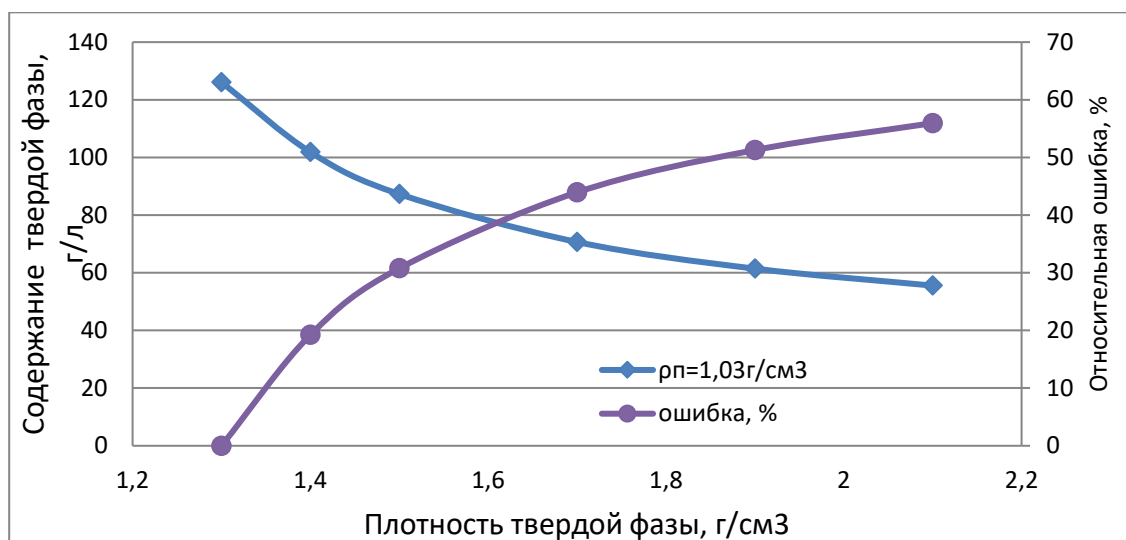


Рис. 5. Зависимость содержания твердой фазы в суспензии  $P_m$  и ошибки расчета  $\Delta P_m$  от плотности твердой фазы  $\rho_m$ .

Как видно из графика при одной и той же массе 1 литра пульпы  $q=1030$  г/л содержание твердого в ней, для плотности твердого  $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$ , составит 130 г/л, а для плотности  $\rho= 2,1 \text{ г/см}^3$  при той же массе составит 57,3 г/л. Этот факт необходимо учитывать при определении содержания твердого в пульпе по таблицам на фабриках и нельзя пользоваться одними и теми же табличными значениями  $P_t$  для разных продуктов.

На основании проведенных исследований для минимизации ошибки при оперативном определении содержания твердого в пульпе ручным способом необходимо:

- Производить отбор проб из трубопроводов с помощью щелевого пробоотборника.
- Для определения содержания твердого в пульпе рекомендуется использовать кружки с минимальным диаметром на уровне слива.
- Не рекомендуется использовать таблицы для пересчета массы 1 литра пульпы на содержание твердого в этой пульпе, если расчетная плотность твердого заметно отличается от плотности твердого в опробуемой пробе.

### Список литературы:

1. Авдохин, В. М. Обогащение углей Т. 2 Технологии : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело". - Москва : Горная книга, 2012. - 475 с.
2. Кипнис, Ш. Ш. Технический контроль на углеобогатительных фабриках. - М.: Недра, 1985. - 244 с.