

**А.С. ГОЛИКОВ**

(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА ПРИ РАЗЛИЧНОМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПИТАНИЯ**

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* Использование гидроциклонов в водно-шламовых комплексах углеобогатительных фабрик является в настоящее время общепринятым техническим решением обработки шламовых продуктов. Это объясняется удачным сочетанием простоты конструкции аппарата с высокой производительностью. При работе гидроциклонов на различных углеобогатительных фабриках в разных точках водно-шламовой системы ситовый состав исходной пульпы изменяется в широких пределах. Эффективность работы сгустительно-осветлительных устройств определяет содержание твердой фазы в оборотной воде, что, в свою очередь, влияет на реологические свойства разделительной среды в основных аппаратах технологической схемы. Особый интерес представляет содержание в питании тонкодисперсных илистых частиц, изменяющих вязкость разделительной среды и снижающих точность разделения в операции классификации [1]. Необходимо установить, какие основные технологические показатели в большей степени определяют разделительные свойства лабораторных и промышленных гидроциклонов. Поэтому исследования, проведенные в этом направлении, носят актуальный характер.

*Анализ исследований и публикаций.* Исследованию работы гидроциклонов посвящено множество научных работ и публикаций [1-4]. В научных работах по данной проблеме рассматривалось влияние гранулометрического состава на разделительные свойства гидроциклонов, однако специфика проведения лабораторных исследований несколько иная, чем предложена в данных работах. При этом сочетание технологических параметров, определяющих показатели разделения гидроциклона, отличаются от рассмотренных в ранее.

*Постановка задачи.* Целью данной работы является исследование изменения сепарационных характеристик лабораторного гидроциклона при различном содержании класса  $-0,063$  мм в исходной пульпе.

*Изложение материала и результаты.* Содержание твердого в питании и его гранулометрический состав определяют производительность гидроциклона по твердому продукту. Объемную производительность гидроциклона можно принять практически постоянной, не зависящей от содержания и гранулометрического состава твердого в исходном продукте. Производительность по твердому может изменяться в широких пределах и ограничиваться пропускной спо-

## Гравітаційна сепарація

способом нижнього насадка. В лабораторних умовах були проведені дослідження впливу вмісту класу -0,063 мм на розділювальні властивості гідроциклонної установки. В основу гідродинамічного і технологічного подоби процесів, протікаючих в моделі і натурі гідроциклона, покладено спостереження геометричного, кінематичного і гідродинамічного подоби, а також подоби фізичних величин, початкових і граничних умов. Геометричне подобие спостережується при рівності відношень всіх споріднених лінійних розмірів натурі і моделі гідроциклона:

$$D / D' = L / L' = d_g / d'_g = d_c / d'_c = d_n / d'_n = \text{const} = K_e, \quad (1)$$

де  $D, D', L, L', d_g, d'_g, d_c, d'_c, d_n, d'_n$  – діаметр, довжина, розміри входної, сливної і піскової насадок відповідно натурі і моделі гідроциклона;  $K_e$  – константа геометричного подоби [2].

Для потоків, що рухаються подібно, в споріднених точках моделі і натурі повинні спостережатися умови рівності факторів розділення, числа Рейнольдса, і параметра  $E_u$ :

$$Fr' = Fr, Re' = Re, E'_u = E_u. \quad (2)$$

Технічні характеристики лабораторного гідроциклона приведені в табл. 1. Оброблювана пульпа подається в зумпф, призначений для створення умов ефективного перемішування, звідси насосом перекачується в гідроциклон.

Таблиця 1

Параметр	Ед. вимірювання	Значення
Виробничість по твердому	кг/ч	27
Діаметр гідроциклона	мм	50
Кут конусності	град.	20
Діаметр сливної насадки	мм	20
Діаметр піскової насадки	мм	7
Напор по воді при $n = 3000$ об/мін	кг/см <sup>2</sup>	0,65
Вмістимість прийомної ємкості	м <sup>3</sup>	0,006
Вміст твердого в пульпі, не більше	%	33

При проведенні лабораторних експериментів конструктивні характеристики не змінювалися: діаметри входної, сливної і піскової насадок, напор подачі пульпи для всіх випадків були постійними. Основним змінюваним технологічним параметром було вміст в вихідній пульпі класу крупністю -0,063 мм. Для проведення лабораторних досліджень готувалися штучні проби з заданим вмістом вибраних класів крупності. Ситова характеристика вихідної пульпи представлена на рис. 1.

## Гравітаційна сепарація

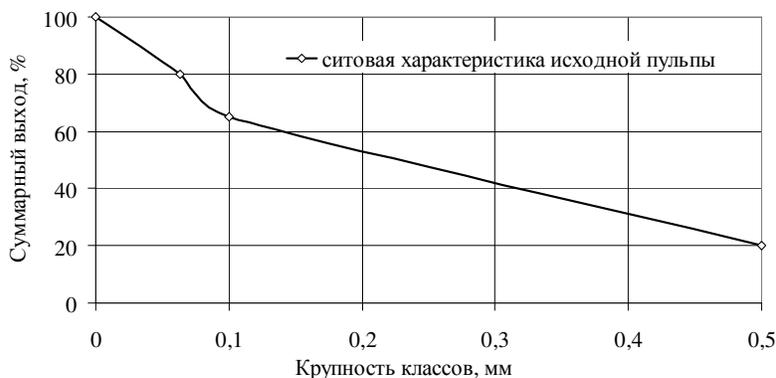


Рис. 1. Гранулометричний склад питания гидроциклона

Исследование работы гидроциклона проводилось при содержании класса менее 0,063 мм равного 20, 30, 40, 50, 60%. При этом при увеличении содержания рассмотренного класса на 10%, содержания остальных классов крупности в пробе уменьшались пропорционально их выходам. Таким образом, содержание твердого в питании для каждого из экспериментов было постоянным и составляло 100 г/л.

Исходное количество пульпы для каждого эксперимента равнялось 0,002 м<sup>3</sup>. Изменялся только гранулометрический состав исходного питания, который представлен на рис. 2. Анализ ситовых характеристик показал, что средний размер зерна в пробе уменьшался: при содержании класса -0,063 мм в питании 30% он составил 0,15 мм, при 40% – 0,076 мм, при 50% – 0,057 мм и при 60% 0,048 мм.

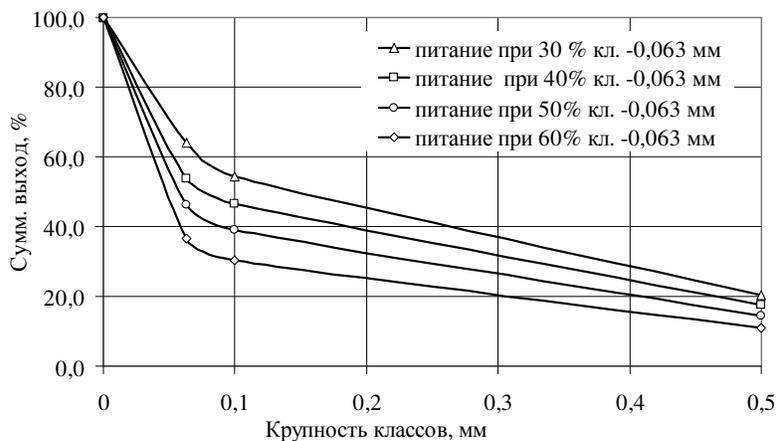


Рис. 2. Гранулометричний склад питания лабораторного гидроциклона при различном содержании класса -0,063 мм

Продукты разделения лабораторного гидроциклона подвергались мокрому ситовому анализу на ситах крупностью 0,5, 0,1 и 0,063 мм. Гранулометрический состав продуктов при различном содержании класса -0,063 мм в питании представлен на рис. 3 и 4.

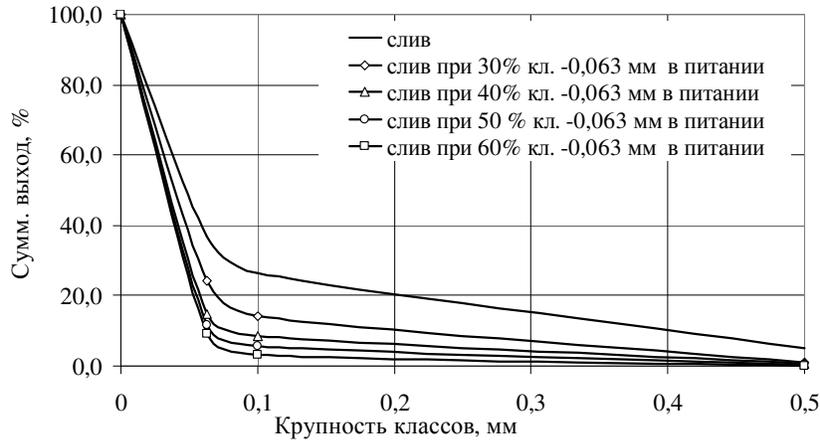


Рис. 3. Ситовые характеристики слива лабораторного гидроциклона при различном содержании в питании класса -0,063 мм

Анализ данных рис. 3 и 4 позволяет отметить, что с каждым последующим опытом крупность слива и сгущенного продукта гидроциклона уменьшается. Для слива средний диаметр зерна в пробе изменяется от 0,047 мм при 20% класса -0,063 мм до 0,026 мм при 60% класса -0,063 мм. Средний диаметр частиц для сгущенного продукта изменяется от 0,37 мм при 20% класса -0,063 мм до 0,052 мм при 60% класса -0,063 мм. Причем, для сгущенного продукта изменение крупности среднего зерна значительно контрастнее (рис. 4).

Для построения сепарационных характеристик лабораторного гидроциклона были рассчитаны извлечения классов в продукты классификации, приведенные в табл. 2. Сепарационные характеристики (рис. 5) показаны только по сливу, так как характеристики по сгущенному продукту абсолютно симметричны.

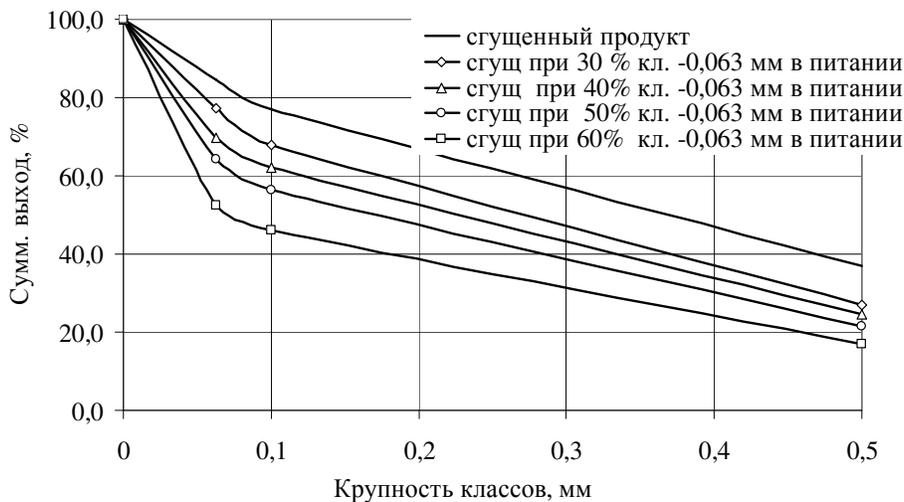


Рис. 4. Гранулометрический состав сгущенного продукта лабораторного гидроциклона при различном содержании в питании класса -0,063 мм

Средний размер классов, мм	Содержание класса -0,063 мм в питании									
	20%		30%		40%		50%		60%	
	ε, дол.ед.		ε, дол.ед.		ε, дол.ед.		ε, дол.ед.		ε, дол.ед.	
	слив	сгущ	слив	сгущ	слив	сгущ	слив	сгущ	слив	сгущ
0,75	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
0,5	0,040	0,960	0,013	0,987	0,009	0,991	0,007	0,993	0,005	0,995
0,3	0,146	0,854	0,096	0,904	0,079	0,921	0,074	0,926	0,056	0,944
0,082	0,296	0,704	0,269	0,731	0,263	0,737	0,272	0,728	0,344	0,656
0,032	0,568	0,432	0,527	0,473	0,533	0,467	0,558	0,442	0,526	0,474

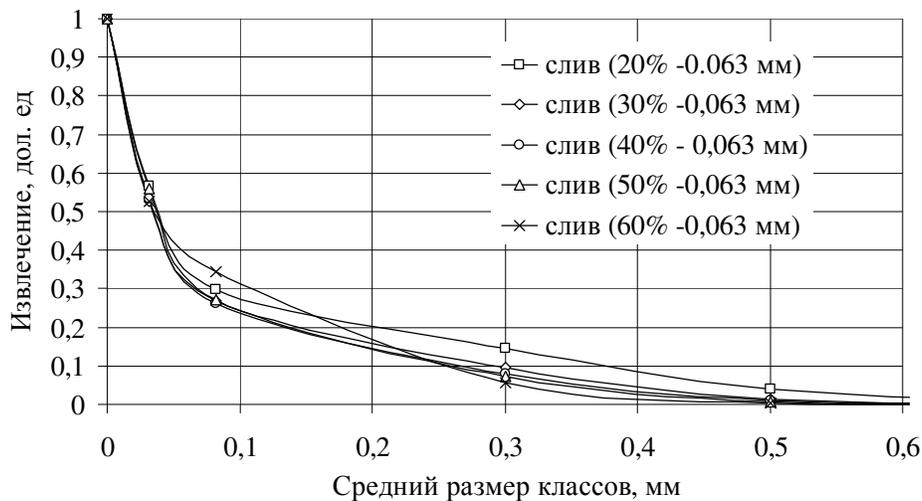


Рис. 5. Сепарационные характеристики лабораторного гидроциклона по сливу при различном содержании в питании класса -0,063 мм

Анализ полученных кривых показал, что размер граничного зерна разделения для рассмотренных случаев значительно не изменялся и оставался в пределах: от 0,04 мм при содержании в питании класса -0,063 мм 20% до 0,035 мм при 60% класса -0,063 мм. Это означает, что изменение содержания тонкого класса в питании не оказывает значительного влияния на сепарационные характеристики при постоянном содержании твердой фазы в питании. Для оценки изменения извлечения всех классов крупности в продукты разделения в зависимости от содержания в питании класса -0,063 мм были построены графические зависимости, представленные на рис. 6.

Таким образом, после обработки полученных результатов исследований установлено, что изменение гранулометрического состава питания при постоянном содержании твердого не оказывает существенного влияния на разделительные характеристики лабораторного гидроциклона. Увеличение содержания класса -0,063мм в питании гидроциклона вызвало изменение гранулометрических характеристик продуктов разделения – крупность частиц среднего размера уменьшилась: для сливного потока почти вдвое от 0,047 до 0,026 мм, для сгущенного продукта значительно выше – от 0,37 до 0,052 мм, т.е. практически в 7 раз.

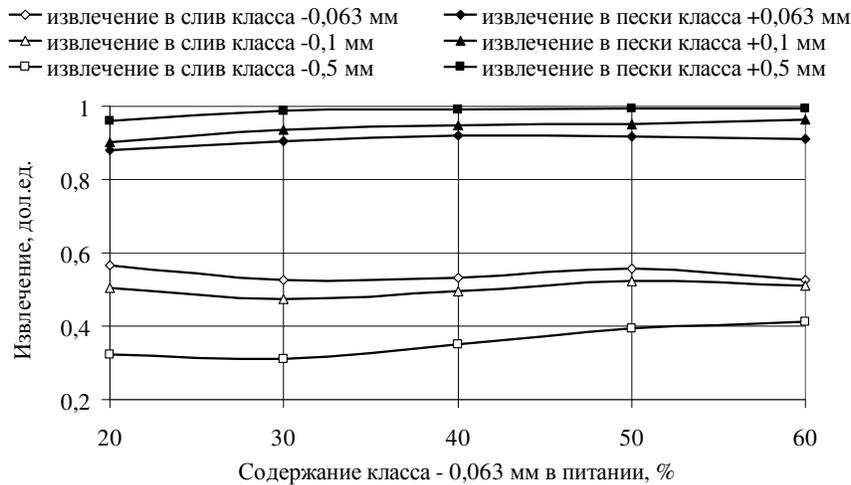


Рис. 6. Извлечение различных классов крупности в слив и пески лабораторного гидроциклона в зависимости от гранулометрического состава исходной пульпы

*Выводы и направления дальнейших исследований.* Таким образом, исследования показали, что крупность граничного зерна разделения при увеличении содержания класса -0,063 мм в питании изменяется в небольших пределах: от 0,04 до 0,035 мм. Увеличение количества тонины в питании приводит к изменению гранулометрического состава продуктов разделения – средний диаметр частиц в сливе и сгущенном снизился: для слива от 0,047 до 0,026 мм, т.е. почти вдвое, для сгущенного продукта значительно (в семь раз) от 0,37 до 0,052 мм. Изменение гранулометрического состава питания при постоянном содержании твердого не оказывает существенного влияния на разделительные характеристики лабораторного гидроциклона. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния содержания твердой фазы в питании на разделительные свойства гидроциклона, что наблюдается, когда аппарат принимает один или несколько циркулирующих потоков.

### Список литературы

1. Курченко И.П., Бевзенко Б.Ф. Исследование классификации угольных шламов в гидроциклонах. – Луганск, 2006. – 140 с.
2. Пилов П.И. Анализ сепарационных эффектов в полидисперсных суспензиях // Горн. инф.-аналитический бюллетень. – М., 1997. – №4. – С. 79-82.
3. Назимко Е.И., Гарковенко Е.Е. Совершенствование работы систем осветления оборотных вод. – Днепропетровск, 2000. – 272 с.
4. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения / Е.Л. Звягильский, Е.И. Назимко и др. – Днепропетровск, 2000. – 256 с.
5. Денисенко А.И. Моделирование гидроциклонов для классификации / В кн. Исследование и промышленное применение гидроциклонов. – Горький, 1981. – 252 с.

© Голиков А.С., 2010

*Надійшла до редколегії 17.02.2010 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П. І. Піловим*