

В.Н. КОРНЕЕВА

(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

ПРАКТИКА ОБОГАЩЕНИЯ АНТРАЦИТОВЫХ ШТЫБОВ

На многих обогатительных фабрик Украины не решена проблема ликвидации выпуска высокозольных угольных отсеков и энергетических шламов, которые не удовлетворяют требованиям потребителей по своему качеству (в первую очередь по зольности), зачастую не находят сбыта и, кроме того, служат источниками засорения водного и воздушного бассейнов, как при хранении, так и при использовании.

На обогатительных фабриках, построенных в 50-х годах, крупнозернистый шлам направлялся в циркуляцию – на отсадочные машины для обогащения мелкого класса. С ухудшением гранулометрической характеристики и обогатимости углей в питании отсадочных машин, стало особенно заметным отрицательное влияние крупнозернистого шлама на показатели отсадки.

В этой связи на некоторых фабриках были предприняты попытки применения специальных операций для обогащения крупнозернистого шлама. На фабриках "Красная Звезда" и "Комендантская" для этих целей применялась пенная сепарация. На ЦОФ "Комендантская" (по проекту) были установлены концентрационные столы. Из-за низкой эффективности этих процессов, а также конструктивных недостатков аппаратов, они не нашли промышленного применения на углеобогажительных фабриках Украины.

В проектах новых и реконструируемых фабрик крупнозернистый шлам не возвращается на переобогащение на отсадочные машины, а улавливается и обезвоживается без обогащения (гидроциклоны, грохота, фильтрующие и осадительные центрифуги) и присаживается к мелкому концентрату.

Отечественный и зарубежный опыт обработки шламовых продуктов показывает, что в настоящее время для обогащения антрацитового штыба и крупнозернистого шлама применяют следующие технологические операции.

Обогащение в шламовых отсадочных машинах

Зарубежный опыт применения специальных отсадочных машин для обогащения крупнозернистого шлама показывает, что эффективность этой операции достаточно высока. Шламовые отсадочные машины фирмы "Кортис" и "Гумбольдт-Ведаг" ФРГ имеют производительность по исходному питанию 9,1 и 10-12 т/ч, удельная производительность 5,2-6,0 т/(м² ч), соответственно, крупность обогащаемого материала 0,125-3 мм, а погрешность разделения (I) составляет 0,21-0,23 [1].

В Украине институтом "Укрнииуглеобогащение" совместно с институтом "Гипрошауглеобогащение" разработана двухкамерная шламовая отсадочная машина ОМШ с площадью отсадки 4 м² для обогащения крупнозернистого

Загальні питання технології збагачення

шлама крупністю 0,1-3 мм. Шламодовідсадочна машина складається з двохступеневого корпусу, решіт, розгрузочних пристроїв з скляними кульками, водовоздушних камер, розташованих під решітками і системи управління, включаючої клапанні пульсатори і блок примусових коливань (БВК). Тяжелі продукти збагачення з приймних воронки корпусу видаляються через запорний пристрій, який відкривається і закривається приводом і виконувальним механізмом. Електронний датчик, встановлений в приймній воронці, контролює і підтримує рівень потонулого продукту над випускним отвором. Машина ОМШ відрізняється від зарубіжних аналогів розташуванням повітряних камер під решіткою. Така конструкція проточної частини машини забезпечує рівномірність пульсацій води і постели.

Технічна характеристика шламової відсадочної машини ОМШ

Продуктивність по вихідному вугілю, т/ч	30-40
Крупність збагачуваного шламу, мм	0,1-3
Площа відсадочного сита, м ²	4,0
Кількість ступенів, шт.	2
Ширина відсадочного відділення, мм	2000
Частота пульсацій, мин ⁻¹	90-120
Тиск в повітряному ресивері електропневмопривода, МПа	0,03-0,04
Відносний витрата подрешітної води, не більше, м ³ /т	2,0
Відносний витрата стисненого повітря, не більше, м ³ /м ² .ч	200
Вміст твердого в подрешітній воді, кг/м ³	20
Висота закладки скляних кульок в розгрузочних карманах, мм	100-110
Габарити, мм	
довжина	3250
ширина	2350
висота	4500
Маса, кг	7400

Важливі результати експлуатації ОМШ на ЦОФ "Донецька" (Росія) показали, що при збагаченні шламу крупністю 0,1-3 мм можливо виділення породи зольністю 70...80% і промпродукта зольністю 45...50% при одночасному зниженні зольності збагачуваного шламу з 22...27 до 10...12%. Помилковість розділення склала $I = 0,2$.

Промислові випробування шламової відсадочної машини ОМШ були проведені на антрацитових шламах ЦОФ "Комендантська" в 1991 році [2].

Технологічна схема збагачення крупнозернистого шламу в відсадочній машині на ЦОФ "Комендантська" представлена на рис. 1.

Як показують результати випробувань з випуском концентрату і двох важких високозольних продуктів, середнє зниження зольності концентрату по відношенню до вихідного складало 5,7% для класу +0,1 мм при умові випуску об'єднаного важкого продукту зольністю близько 70%. В цьому випадку вихід концентрату склав 88...92% в залежності від зольності вихідного продукту.

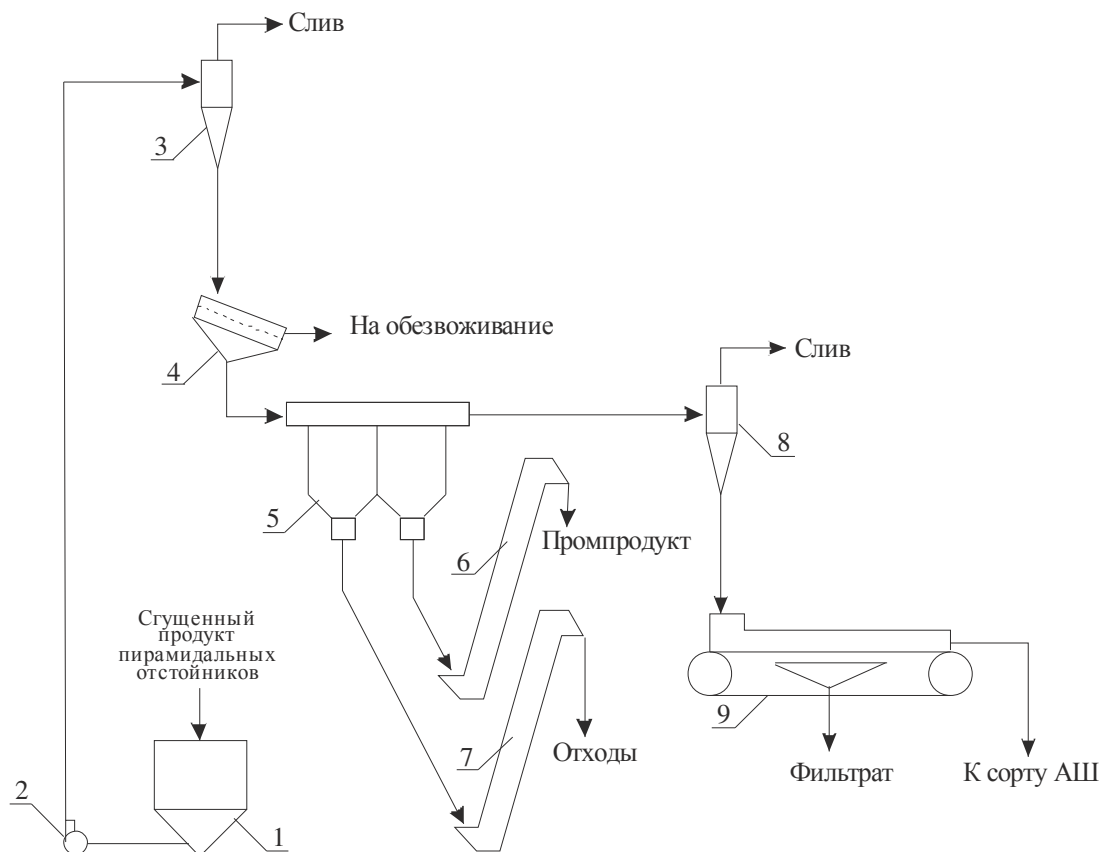


Рис. 1. Технологическая схема обогащения крупнозернистого шлама в отсадочной машине ОМШ на ЦОФ "Комендантская":

- 1 – зумпф сгущенного продукта пирамидальных отстойников;
 2 – насос ШН-250; 3, 8 – гидроциклоны ГЦМ-360; 4 – грохот ГИЛ-32;
 5 – отсадочная машина ОМШ; 6, 7 – промпродуктовый и породный элеваторы;
 9 – ленточный вакуум-фильтр

Таблица 1

Сводные данные по испытаниям шламовой отсадочной машины ОМШ

№ опыта	Зольность, %					
	питание		концентрат		промпродукт	отходы
	*	**	*	**		
1	24,9	20,3	22,2	11,1	59,8	79,6
2	28,4	26,0	28,0	21,4	65,7	80,6
3	27,3	24,6	24,9	18,9	57,5	73,0
4	25,0	19,5	22,7	14,0	58,9	68,0
5	30,9	27,3	-	19,0	-	81,3
6	30,9	27,3	-	15,0	-	76,9
7	24,4	20,7	20,3	14,4	63,0	85,5
8	-	31,8	-	15,9	42,3	84,4
9	-	22,5	-	19,5	78,7	76,1
10	-	21,8	-	15,1	35,7	81,4
11	32,0	29,5	28,4	24,0	69,2	80,4

* – зольность продукта без удаления класса 0,1 мм

** – зольность продукта класса +0,1 мм

Загальні питання технології збагачення

При выделении двух продуктов (концентрата и отходов) среднее снижение зольности концентрата по отношению к питанию по классу +0,1 мм составило 10,4%. Наиболее рациональные показатели качества (зольности) тяжелых продуктов в этом случае составило для промпродукта – 40...55% и для отходов 70...75%.

Работа отсадочной машины ОМШ на ЦОФ "Комендантская" показала, что илистый продукт (класс <0,1 мм), поступающий с питанием не обогащается и практически полностью выносится в концентрат. Поэтому требуется предварительное обесшламливание исходного материала от сверхтонких частиц перед подачей его в шламовую отсадочную машину, что значительно усложняет схему подготовки исходного материала.

Основным недостатком, сдерживающим применение шламовой отсадочной машины ОМШ, является необходимость использования в качестве рабочей среды чистой технической воды, что не всегда приемлемо для фабрик, особенно, с глубиной обогащения антрацитов и энергетических углей 6(13) мм.

Обогащение в тяжелосредних циклонах

Тяжелосредние циклоны довольно широко, особенно за рубежом, применяются для обогащения углей до 50 мм. В отношении тяжелосреднего обогащения тонкого угля, до последнего времени эффективным считалось обогащение материала при нижнем пределе крупности 0,5 мм. Однако, некоторые исследователи отдают предпочтение технологиям разделения узких классов крупности, с верхним пределом 6-9 мм, обогащая материал до 0,1 мм или предварительно выделяя из него сверхтонкий класс крупностью 0-0,074 мм.

В США нашли широкое применение тяжелосредние модульные установки для обогащения рядового угля крупностью 0-9,5 мм [3]. При разделении по относительной плотности 1300 кг/м^3 угля класса 0,15-9 мм, содержащего 60-70% материала плотностью близкой к плотности разделения (разница $\pm 100 \text{ кг/м}^3$) среднее значение вероятной погрешности (E_{pm}) составило 29 кг/м^3 , для класса 0,15-0,5 мм – 65 кг/м^3 .

Для проверки возможности использования двухпродуктового тяжелосреднего циклона ГТ-710 при обогащении крупнозернистого шлама были проведены исследования в условиях ЦОФ "Комендантская" [4].

Плотность магнетитовой суспензии составляла $1965-1980 \text{ кг/м}^3$, содержание шлама в суспензии 134 кг/м^3 , средняя нагрузка по крупнозернистому шламу – 60-63 т/ч. Результаты исследования показали, что при зольности питания класса крупности +0,1 мм – 27,5%, зольность этого класса в концентрате составляла 19,5%, а в отходах – 75,3%.

Основная причина низкой эффективности тяжелосреднего обогащения шламов на ЦОФ "Комендантская" крупностью менее 0,25 мм, состояла в том, что для этих целей применялся циклон большого диаметра (710 мм). Положительный эффект мог быть получен при обогащении шлама в циклонах меньшего диаметра при автономной системе циркуляции суспензии и отдельной ее регенерации.

Загальні питання технології збагачення

Таблиця 2

Результаты разделения шлама в тяжелосредном циклоне ГТ-710 на ЦОФ "Комендантская"

Класс крупности, мм	Питание		Концентрат		Отходы	
	выход, %	зольность, %	выход, %	зольность, %	выход, %	зольность, %
+3	22,59	14,8	11,86	6,4	27,62	75,8
1-3	25,79	27,4	19,24	8,7	45,49	76,0
0,5-1	21,29	31,5	16,20	22,6	13,59	73,2
0,25-0,5	7,60	42,7	8,09	42,1	3,21	72,1
0,1-0,25	5,42	44,7	5,16	44,2	1,31	68,4
Итого по классу +0,1	82,69	27,5	60,55	19,5	91,22	75,3
0-0,1	17,31	53,1	39,45	45,3	8,78	56,1
Всего:	100,0	31,9	100,0	29,7	100,0	73,6

Подтверждением этого могут служить приведенные на рис. 2 сравнительные данные по относительному изменению зольности продуктов

$$y = \frac{(A_n^d - A_{исх}^d) \times 100}{A_{исх}^d}, \%$$

при обогащении крупнозернистого шлама ЦОФ "Ко-

мендантская" в шламовой отсадочной машине (ОМШ) и тяжелосредном циклоне (ГТ-710). Из вида кривых видно, что для условий ЦОФ "Комендантская", глубина обогащения (если установить уровень необходимого относительного снижения зольности в 20%) в тяжелосредном циклоне составляет не ниже 0,67 мм, что значительно выше такого же показателя для ОМШ – 0,13 мм.

Опыт работы тяжелосредных циклонов за рубежом (США, ЮАР) показывает, что удовлетворительные результаты обогащения крупнозернистого шлама получаются при использовании тонкодисперстных магнетитов, суспензий низкой плотности и циклонов малого диаметра.

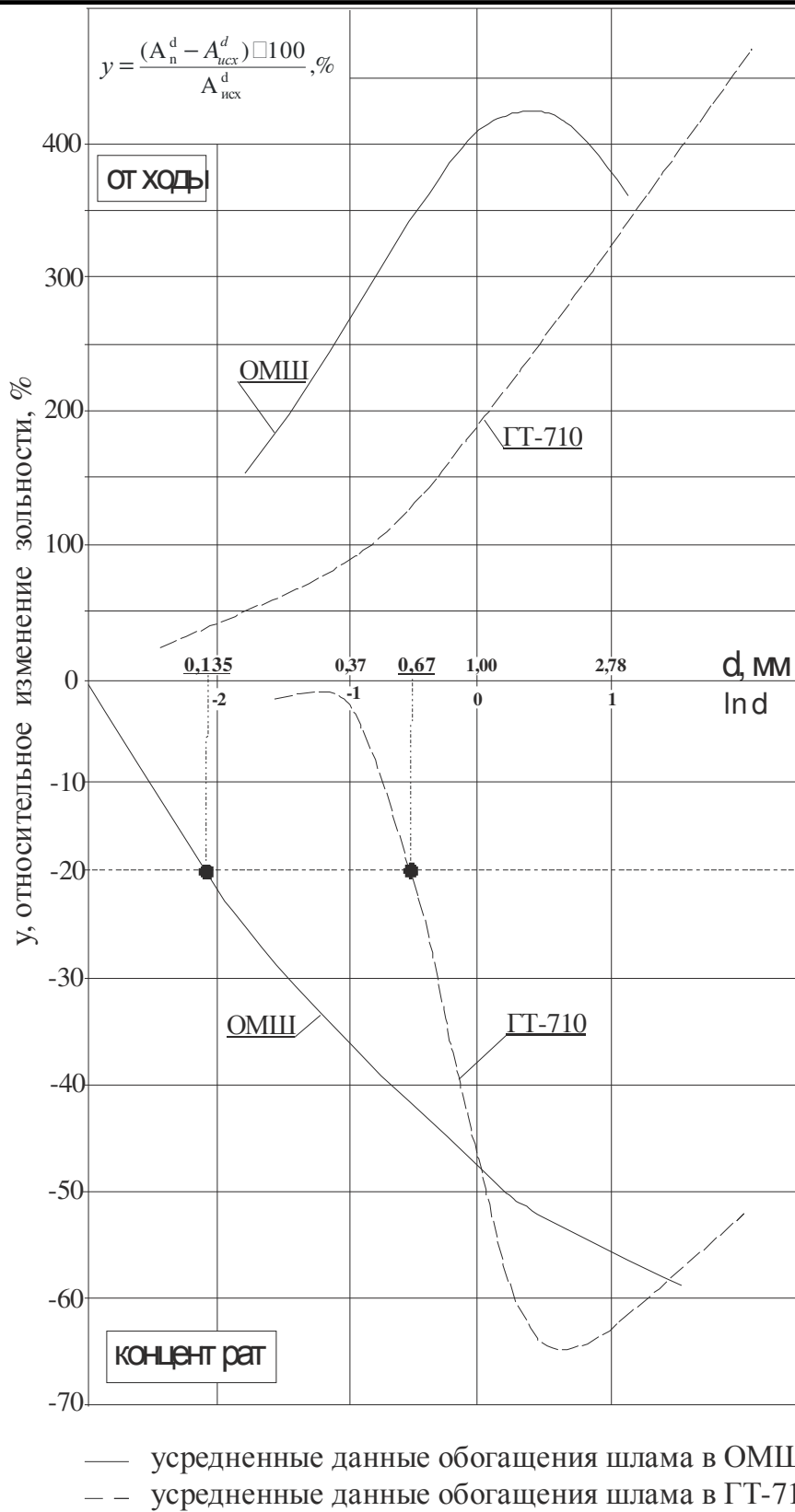


Рис. 2. Сравнительные данные по относительному изменению зольности продуктов обогащения крупнозернистого шлама в ОМШ И ГТ-710 на ЦОФ "Комендантская"

Обогащение в открытом винтовом гидродинамическом потоке

Широкое применение винтовые (спиральные) сепараторы нашли в Австралии, США, Канаде и ЮАР.

На предприятиях Государственной холдинговой компании "Донецкугледобогатне-Сервис" проведены испытания винтовых шлюзов ШВ2-1000, изготовленных на Усольском заводе горного оборудования (Россия). Шлюзы состоят из двух изготовленных из силумина и покрытых резиной винтовых желобов диаметром 1000 мм, имеющих по 4 витка каждый, с шагом 550 мм. Шлюзы испытывались на углях ОФ "Добропольская", "Украина" и "Узловская".

Сепараторы, выпускаемые в 1-5 канальном исполнении с различным количеством витков, характеризуется высокой селективностью процесса разделения для всех видов углей в широком диапазоне крупности (0,075-3 мм). Основным преимуществом винтовых сепараторов является высокая эффективность и разделение при самотечном (безнапорном) движении высококонцентрированной пульпы, низкое энергопотребление, компактность.

В 2002 году на ЦОФ "Свердловская" ГП "Свердловантрацит" был внедрен новый комплекс оборудования для обогащения, улавливания и обезвоживания антрацитовых шламов крупностью до 3 мм. Комплекс состоит из двух параллельных технологических цепочек, в состав каждой из которых входит следующее оборудование: батарея из 6-ти гидроциклонов диаметром 250 мм; блок из 6 спиральных сепараторов диаметром 1000 мм; узел обезвоживания из вибрационного дугового сита и высокочастотного грохота.

Комплекс выполняет: классификацию исходного питания (в данном случае – сгущенного продукта радиального сгустителя) по зерну 0,1...0,2 мм в батарее гидроциклонов; обогащение сгущенного продукта гидроциклонов в блоке спиральных сепараторов с получением концентрата, промпродукта и отходов; предварительное обезвоживание концентрата спиральных сепараторов на вибросите; окончательное обезвоживание концентрата спиральных сепараторов на высокочастотном грохоте.

В настоящее время на ЦОФ "Свердловская" спиральные сепараторы не используются в технологической схеме фабрики, поскольку зольность сорта АШ соответствует нормативной и нет необходимости ее снижения.

Обогащение в гидросайзерах

Более 20 лет гидросайзеры успешно используются за рубежом для извлечения угольной мелочи из отвалов пустой породы. В последние годы они стали применяться и для переработки углей, добытых открытым или подземным способом. Необходимость в обогащении угольной мелочи растет постоянно по мере расширения использования высокомеханизированных методов угледобычи, при этом увеличится выход до 20% фракций крупностью менее 0,5 мм. Применение гидросайзера является решением отмеченных выше проблем, поскольку последние обеспечивают высокоэффективное извлечение угольной фракции крупностью до 3 мм. Метод сочетает относительно низкие капитальные и эксплуатационные затраты с простым, автоматическим режимом работы.

Загальні питання технології збагачення

Внедрение гидросепаратора в существующую схему обогащения относительно проста и может применяться в тех случаях, когда, например, необходимо снизить нагрузку и поднять эффективность работы систем с тяжелыми средами или пенной флотации.

С целью снижения капитальных и эксплуатационных затрат флотации, фирмой "Mineral Engineering Processes Ltd" (Великобритания) разработана комплексная установка, которая включает гидросайзер, гидроциклоны, вибрационное дуговое сито и центрифугу и дает возможность эффективно получить выход низкзолного и сухого угольного концентрата.

Установки фирмы "Mineral Engineering Processes Ltd" (Великобритания) работают в Австралии, ЮАР, Китае, Индии, Польше, США и на обогатительных фабриках Украины: 2 гидросайзера (TBS) 3000 на ОАО Авдеевский коксохимический завод, 1 гидросайзер (TBS) 3000 на ЦОФ "Самсоновская", 1 гидросайзер (TBS) 2400 на ЗАО ГОФ "Краснолучская" – находится в стадии наладки и регулировки.

На ОАО Авдеевский КХЗ при обогащении шлама 0-3 мм при зольности питания 25,1% зольность концентрата гидросайзера составляет – 15...17%, зольность отходов – 71...82%.

Обогащение в гидроциклонах с водно-шламовой разделительной средой

Гидроциклоны с водно-шламовой разделительной средой имеют простую конструкцию, занимают мало места, их легко обслуживать и они не нуждаются в дорогостоящем вспомогательном оборудовании.

Считается, что циркулирующие шламы для гидроциклонов являются помехой, так как нарушают точность разделения и их необходимо выводить. Однако практика доказывает, что для циклонов в водной среде, наоборот, циркулирующие шламы являются разделительной средой, значительно повышают точность разделения и их необходимо специально добавлять в систему.

Для обогащения мелкого угля и шлама в водной среде в Украине применяются двухпродуктовые гидроциклоны типа ГЦО-350 разработанные институтом "Укрнииуглеобогащение". Первые промышленные образцы гидроциклонов были внедрены на ЦОФ "Славяносербская" в 1960 г. для обогащения отсева и шлама в глинисто-пиритной суспензии. Гидроциклоны с углом конусности 62° и длиной цилиндрической части 430 мм. Плотность рабочей суспензии колебалась в пределах $1250-1300 \text{ кг/м}^3$, производительность 18 т/ч при зольности исходного 31,5%, концентрат 10,2%, отходы 73,7%.

На ЦОФ "Луганская" с 1985 года работают двухпродуктовые обогатительные гидроциклоны ГЦО-350. При зольности исходного 45...50% (содержании твердого $380-500 \text{ кг/м}^3$) получают концентрат зольностью 30...38% (содержание твердого $300-400 \text{ кг/м}^3$) и отходы зольностью 65...75% (содержание твердого $450-800 \text{ кг/м}^3$).

За рубежом широкое применение находит гидроциклон "Automedium" [6], разработанный в Канаде и применяемый на фабриках Канады, США, Австралии для обогащения угля крупностью 0-3,2 мм. Этот гидроциклон имеет конус-

Загальні питання технології збагачення

ную часть, состоящую из трех секций с углами конусности соответственно 135, 75 и 20°. Назначение отдельных секций следующее: в секции с углом 135° отделяются мелкие зерна, которые выносятся через сливное отверстие; в секции с углом конусности 75° отделяется промпродуктовая фракция, уходящая в слив, а более тяжелая, состоящая из крупных частиц и мелких тяжелых зерен перемещается в секцию с углом конусности 20°. Здесь происходит разделение главным образом по крупности, мелкие частицы уносятся восходящим потоком в среднюю секцию для переобогащения. Недостатками этих гидроциклонов являются низкая зольность отходов (40...50%).

Для получения кондиционных отходов необходима вторая стадия обогащения, что и практикуется за рубежом.

Практический интерес представляют гидроциклоны "Parnaby" (Бельгия), которые имеют оригинальный горизонтальный корпус, регулируемый сливной стакан, приемную камеру с шарнирной заслонкой, обеспечивающую свободный доступ к песковым насадкам, что дает возможность их быстрой замены, без остановки обогатительной установки [5]. Производительность циклонов фирмы "Parnaby" тесно связана с соотношением угольных и породных фракций в обогащаемом материале. Если в питании циклона преобладают породные фракции, он имеет очень высокую производительность, если в питании циклона высокий процент угольных фракций, производительность циклона значительно снижается. Поэтому проводится различие между производительностью циклона по сливу и сгущенному продукту.

Внедрение гидроциклонов фирмы "Parnaby" на ЦОФ "Комендантская" в 1996 году (рис. 3) позволило обогащать часть сгущенного продукта радиальных сгустителей в две стадии:

- первая стадия (основная, циклоны ГЦО-370, 9 штук) с получением конечного концентрата и промежуточных отходов;
- вторая стадия (контрольная, циклоны ГЦО-240, 9 штук) – перечистка отходов первой стадии.

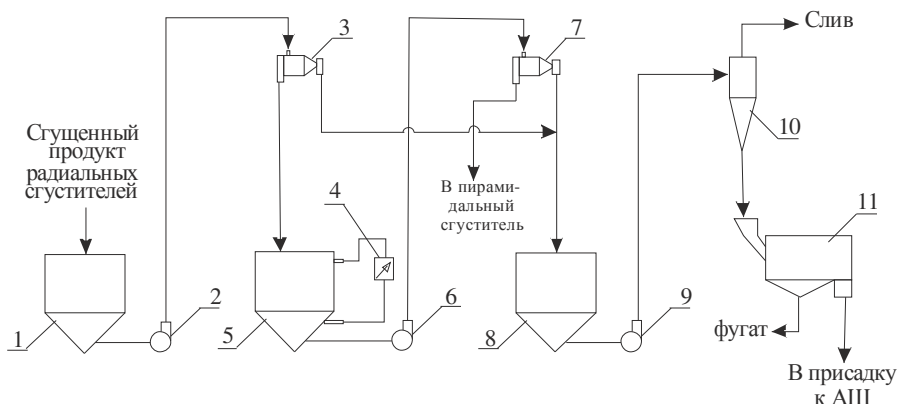


Рис. 3. Технологическая схема обогащения сгущенного продукта радиальных сгустителей в гидроциклонах "Parnaby" на ЦОФ "Комендантская":
1, 5, 8 – зумпфы; 2, 6 – насосы ШН-250; 3 – гидроциклоны "Parnaby" второй стадии (ГЦО-240); 9 – насос У-900; 10 – гидроциклон ГЦМ-710; 11 – центрифуга ОГШ-759Л

Загальні питання технології збагачення

Сгущенные продукты (концентраты) гидроциклонов "Parnaby" поступают в зумпф, откуда насосами направляются на сгущение в гидроциклоны ГЦ-710. Слив гидроциклонов "Parnaby" второй стадии подается в пирамидальные сгустители. Сгущенный продукт гидроциклонов ГЦ-710 направляется на обезвоживание в центрифуги ОГШ-759Л, а слив совместно с переливом промежуточного бака возвращается самотеком в пирамидальные сгустители.

При работе гидроциклонной установки получают следующие результаты:

– первая стадия: при зольности питания 34,0...39,0% зольность отходов составляет 48,0...53,0%;

– вторая стадия: зольность отходов 58,0...63,0%. Зольность концентрата (общего) – с первой и второй стадий после классификации в гидроциклоне ГЦ-710 и обезвоживания в осадительной центрифуге ОГШ-759Л составляет 20,0...28,0%.

Низкая эффективность обогащения класса 0-0,125 мм (при зольности его в питании установки 48,9%, зольность в концентрате составляет 48,3%, а в отходах – 54,9%) является одной из причин недостаточно высокой зольности отходов (табл. 3).

Таблица 3

Гранулометрический состав питания и конечных продуктов обогащения шлама в две стадии в гидроциклонах фирмы "Parnaby" на ЦОФ "Комендантская"

Класс крупности, мм	Питание		Концентрат (общий)		Отходы (2 стадии)	
	выход, %	зольность, %	выход, %	зольность, %	выход, %	зольность, %
+1	6,3	16,2	6,3	9,9	6,5	65,8
0,5-1	12,7	16,8	12,4	9,8	14,8	65,4
0,25-0,5	19,4	17,7	18,8	10,2	24,1	65,7
0,125-0,25	8,6	25,7	8,1	18,6	13,0	64,8
0,063-0,125	6,9	34,3	6,8	31,8	7,4	53,4
0,0-0,063	46,1	51,1	47,6	50,7	34,2	55,2
Итого	100,0	34,7	100,0	31,5	100,0	61,0
+0,125	47,0	18,7	45,6	11,5	58,4	65,4
0-0,125	53,0	48,9	54,4	48,3	41,6	54,9
Выход от питания, %	100,0		89,2		10,8	

В этой связи для повышения зольности сбрасываемых отходов до уровня не ниже 65%, представляется целесообразным производить классификацию отходов циклонов второй стадии с улавливанием тонкого шлама (класс 0-0,125 мм) в центрифуге ОГШ-759.

Разработанный институтом "Укрниуглеобогащение" циклон-сепаратор ЦС-500/360 для обогащения шламовых продуктов крупностью 0-6 мм в самогенерируемой рабочей слее, обладающей свойствами тяжелой суспензии, за счет использования присутствующих в исходном угле тонких шламов, содержащих пирит, глину, другие минеральные примеси, позволяет обеспечить двухстадиальное разделение исходного продукта в одном аппарате.

Первая ступень циклон-сепаратора – цилиндрическая, вторая – цилиндроконическая. Конусная часть второй ступени представляет собой конструкцию с переходящими углами конусности 20° , 80° и 120° – трикон. В донной части второй ступени гидроциклона находится насадка для выпуска отходов (сгущенного продукта).

В период с 1995 по 2000 г.г. на ЦОФ "Углегорская" эксплуатировалась установка с циклон-сепаратором ЦС-500/360 для обогащения крупнозернистого шлама марки "Т" [7]. Нагрузка на циклон-сепаратор составляла от 30 до 70 т/ч ($220\text{--}280 \text{ м}^3/\text{ч}$ по пульпе), а давление на входе в циклон-сепаратор – от 0,15 до 0,25 МПа. Зольность мелкого угля и шлама в питании находилась в пределах от 27 до 38% , а содержание твердого в нем – от 270 до 390 $\text{кг}/\text{м}^3$. Зольность концентрата непосредственно выходящего из циклон-сепаратора составляла 19,5...25,0%, а после обезвоживания на дуговом сите и на грохоте – 13...18%, зольность отходов составляла 65...78%.

Внедрение технологии обогащения с применением циклон-сепаратора ЦС-500/360 с самоуплотнением рабочей среды на ЦОФ "Углегорская" обеспечивало снижение зольности питания циклон-сепаратора на 3...5%, а зольности товарного угля не менее чем на 0,4%.

В настоящее время на установке по обогащению содержимого породных отвалов ООО "Термоантрацит" (г. Свердловск) установлен и находится в постоянной эксплуатации циклон-сепаратор ЦС-500/360. При обогащении антрацитового шлама получают концентрат и отходы. Зольность концентрата после обезвоживания составляет около 15%, зольность отходов – более 75%.

Анализ практики современных технологий обогащения антрацитовых штыбов и шламов свидетельствует о том, что:

- для обеспечения нормальной эффективной работы шламовых отсадочных машин ОМШ необходимо подготавливать узкий класс крупности питания 0,1-3 мм; кроме того, для устойчивой работы шламовых отсадочных машин требуется значительный расход воды и высокая степень ее очистки;

- тяжелосредние циклоны целесообразно применять при обогащении труднообогатимых углей, где содержание фракций, близких к плотности разделения (разница $\pm 100 \text{ кг}/\text{м}^3$) достигает 60...80%, а также для выделения низкозольного концентрата с низким содержанием серы; в этом случае будет оправдано применение дорогостоящего и энергоемкого вспомогательного оборудования, которое повышает стоимость технологического цикла;

- если в обогащаемом угле содержание фракций, близких к плотности разделения (разница $\pm 100 \text{ кг}/\text{м}^3$), незначительно, общие показатели разных технологий будут мало отличаться друг от друга, поэтому в этом случае более выгодно применение спиральных сепараторов или гидросайзеров, как наиболее экономически дешевых способов;

- положительный зарубежный и отечественный опыт применения циклонов в водной среде для обогащения крупнозернистых шламов дает основание целесообразности их использования в схемах обогатительных фабрик Украины.

Загальні питання технології збагачення

Список літератури

1. Создать, освоить производство и внедрить отсадочную машину для крупнозернистого шлама. Патентные исследования по отсадочным машинам для обогащения крупнозернистого шлама / Фонды "Украиниуглеобогащение". – Луганск, 1986.
2. Повышение эффективности обогащения мелких классов антрацита / Фонды "Украиниуглеобогащение". – Луганск, 1991.
3. **R.E.Zimmerman**. Breakthrough in Heavy Media Cyclone Operation // World Coal. – 1978. – № 3.
4. Применение винтовых сепараторов при обогащении углей / **В.В. Кочетов, А.П. Левандович, З.Ш. Беринберг, А.С. Кинарский, П.И. Пилов**. // Збірник Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1998. – Вип. 1(42). – С. 80-87.
5. **Paul Oliver**. The Parnaby Process // Bream Mineral Separation. – 1988.
6. **Дж.Висман**. Технология обогащения угля в саморегулируемой разделительной среде "Automedium" / фонды Украиниуглеобогащение".
7. **Хайдакин В.И.** Технология обогащения крупнозернистого шлама // Уголь Украины. – 1995. – № 11. – С. 25-30.

© Корнеева В.Н., 2010

*Надійшла до редколегії 01.03.2010 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*