



УДК 622.75

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ КЛАССА КРУПНОСТИ 0,15-1 ММ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОСАЙЗЕРОВ

Суслина Л.А.¹, Агапова Е.Н.², Бобровникова А.А.¹

¹ Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

² ЦОФ «Печорская» АО «Воркутауголь»



Информация о статье

Поступила:

14 ноября 2022 г.

Рецензирование:

11 декабря 2022 г.

Принята к печати:

15 декабря 2022 г.

Ключевые слова:

обогащение, уголь,
гидросайзер, спиральный
сепаратор, обогатимость углей

Аннотация.

Малая эффективность обогащения углей класса крупности 0,15-1 мм на обогатительных фабриках приводит к необходимости оптимизации процесса обогащения этого класса крупности. В Кузбассе практически на всех обогатительных фабриках этот класс обогащается с применением спиральных сепараторов, простых по конструкции, дешевых, но малоэффективных аппаратов. В результате обогатительные фабрики несут потери углей этих классов в виде низкочольных отходов. В Кузбассе неоднократно делались попытки применения гидросайзеров для обогащения, но безуспешно. Тем не менее есть примеры обогатительных фабрик, например, ЦОФ «Печорская», где прекрасно справляются с обогащением гидросайзерами углей этого класса крупности. Можно было бы организовать обогащение углей класса крупности 0,15-1 мм на обогатительных фабриках Кузбасса, если бы специалисты следовали определенным правилам, которые необходимы при работе с гидросайзерами. В данной статье приводятся результаты сравнения процесса обогащения углей на гидросайзере и спиральном сепараторе, выполненного на ЦОФ «Печорская», и показано, что с применением гидросайзеров потери горючей массы существенно снижаются в сравнении с использованием для обогащения этого класса крупности спиральных сепараторов.

Для цитирования: Суслина Л.А., Агапова Е.Н., Бобровникова А.А. Повышение эффективности обогащения углей класса крупности 0,15-1 мм с применением гидросайзеров // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 4(19). – С. 73-83. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-4-73-81

Введение. Актуальность исследования

Эффективности работы углеобогатительных фабрик практически не уделяется должного внимания [1-12]. Известно, что класс крупности углей 0,15-1 мм недостаточно эффективно обогащается на спиральных сепараторах на обогатительных фабриках Кузбасса. Разумеется, речь не идет об обогащении углей трудной обогатимости этого класса крупности, которые не обогащаются эффективно ни на одном сепараторе. Тем не менее угли остальных категорий обогатимости можно было бы обогащать гораздо более эффективно, заменив спиральные сепараторы на обогатительных фабриках Кузбасса на гидросайзеры. Однако обогатители Кузбасса не спешат производить такую замену, так как управление процессом обогащения на гидросайзере кропотливая и трудоемкая работа и любое отклонение от правил эксплуатации приводит неизбежно к невозможности получения качественного продукта. Следуя опыту ЦОФ «Печорской», где обогащение на гидросайзере столь успешно, что спиральные сепараторы решено демонтировать, можно было бы организовать успешное обогащение углей этого класса крупности и на обогатительных фабриках Кузбасса.



Принцип работы и основная проблема при обогащении углей в гидросайзере

Принцип работы гидросайзера заключается в следующем. Угольный шлам загружается в сепаратор (цилиндрический чан) (рис. 1) по касательной с помощью загрузочного колодца. В основании гидросайзера имеются распределенные по всей плоскости сечения аппарата отверстия-форсунки (рис. 2), из которых осуществляются восходящие потоки чистой воды, ниже расположены клапаны разгрузки, которые в рабочем состоянии закрыты и периодически открываются при необходимости выгрузки отходов.

Поскольку средняя плотность загружаемого сырья меньше средней плотности пустой породы, порода преимущественно опускается вниз, образуя взвешенный слой (рис. 3) при закрытых клапанах разгрузки. Частицы пустой породы, образующие взвешенный слой периодически выбрасываются через разгрузочный клапан. Открытие клапана происходит автоматически по сигналу датчика-плотнмера. Относительно крупные угольные частицы уносятся восходящим потоком воды в концентрат. Но, к сожалению, вместе с этим потоком уносятся в концентрат тонкие шламы любой плотности, включая породные.



Рис. 1. Загрузка гидросайзера исходным продуктом
Fig. 1. Loading the hydrosizer with the initial product

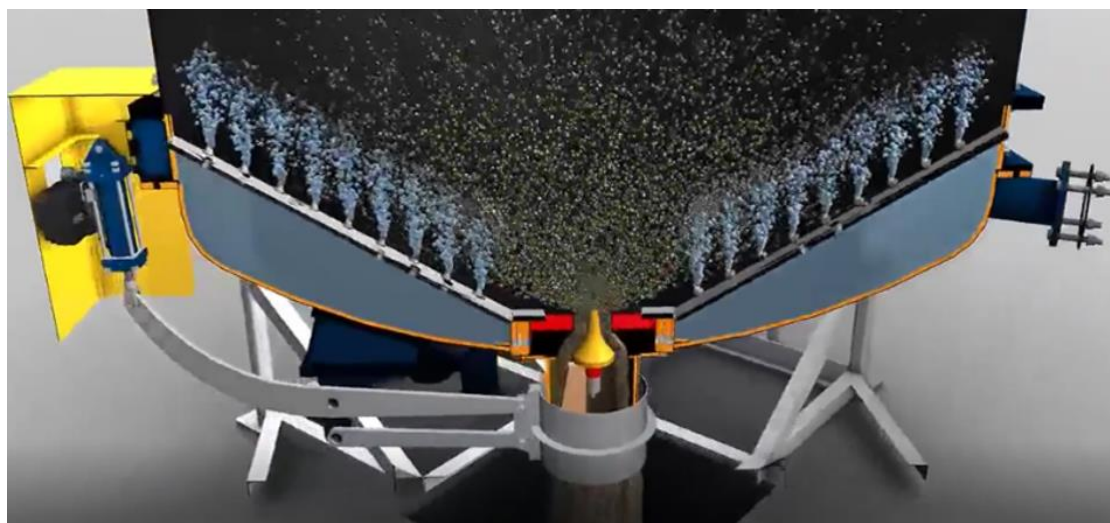


Рис. 2. Подача чистой воды (1-3 г/л твердого) с постоянным давлением
Figure 2. Supply of pure water (1-3 g/l solids) with constant pressure

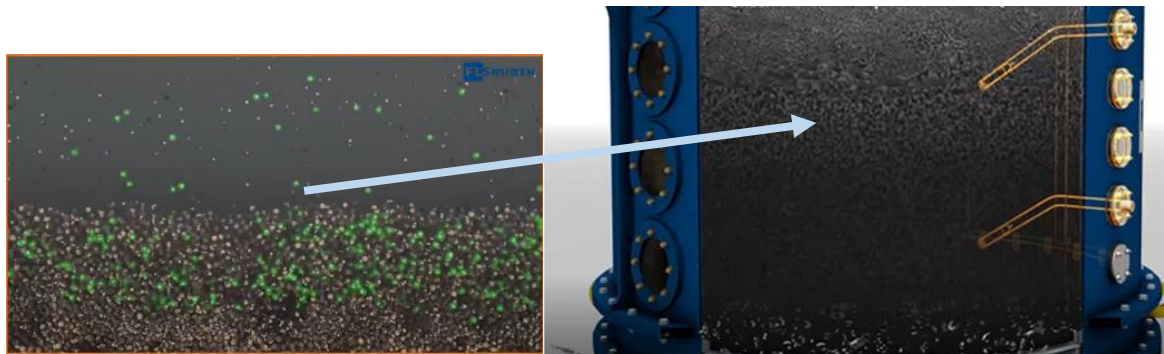


Рис. 3. Взвешенный слой из тяжелых фракций, который легким частицам не дает осесть на дно

Fig. 3. Weighted layer of heavy fractions, which prevents light particles from settling to the bottom

Таким образом, выявляется проблема. Дело в том, что по принципу работы гидросайзеры фактически являются также классификаторами. Следовательно, в слив гидросайзера, а значит в концентрат, уходят не только угольные частицы, но и все тонкие шламы, как угольные, так и породные. Эта проблема легко решается ограничением попадания тонких шламов в питание гидросайзера и отсечением шламового класса с помощью грохотов и центрифуг, обезвоживающих и обесшламливающих концентрат (рис. 4). Этот класс в дальнейшем можно направить на флотационные методы обогащения, где он успешно разделяется на концентрат и отходы.

Решение проблемы на ЦОФ Печорская

На ЦОФ «Печорская» гидросайзеры применяются для гравитационного обогащения углей класса крупности 0,15-1 мм на марках 1Ж; 2Ж и К. Проводился сравнительный анализ обогащения класса крупности 0,15-1 мм на гидросайзере и спиральных сепараторах.

В эксперименте использовались стандартные методы исследования: отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний (ГОСТ 10742-71) [13]; ситовый метод определения гранулометрического состава (ГОСТ 2093-82) [14]; метод определения зольности (ГОСТ 11022-95) [15].

Технологический процесс обогащения в гидросайзере на ЦОФ «Печорская» осуществляется следующим образом. Подрешетный продукт классификации класса крупности 0-1 мм из резервуаров шлама насосами millMAX 16x14-39 подается на классификацию в батарейные гидроциклоны D15B-T141 (поз.1, рис.4), в которых происходит разделение продукта по классу 0,15 мм. Пески классификации крупностью 0,15-1 мм подаются на обогащение в гидросайзер TBS-3650/4 (поз.2, рис.4).

Автоматическое управление процессом производится при помощи регулирования расхода воды (поз.5 и 6, рис.4) и сброса отходов, который происходит автоматически при повышении уровня взвешенного слоя до уровня установки плотномера. Чем ниже взвешенный слой, тем меньше зольность концентрата. Поступающая на обогащение пульпа вытесняет угольную фракцию в сливной желоб. Этому способствуют также вертикальные струи воды, проходящие через отверстия диаметром 3 мм, равномерно распределяемые по всей плоскости сечения аппарата. Аппаратчик устанавливает плотность взвешенного слоя, и эта плотность поддерживается автоматически. Как только плотность достигнет заданной, начинают открываться клапаны разгрузки отходов гидросайзера. Сброс идет 10-15 минут, далее клапаны закрываются до следующего сброса.

В результате обогащения в гидравлическом сепараторе-гидросайзере получается два продукта: концентрат (поз.3, рис.4), который выходит из гидросайзера через перелив, и отходы (поз.4, рис.4), выгружаемые через клапаны разгрузки.

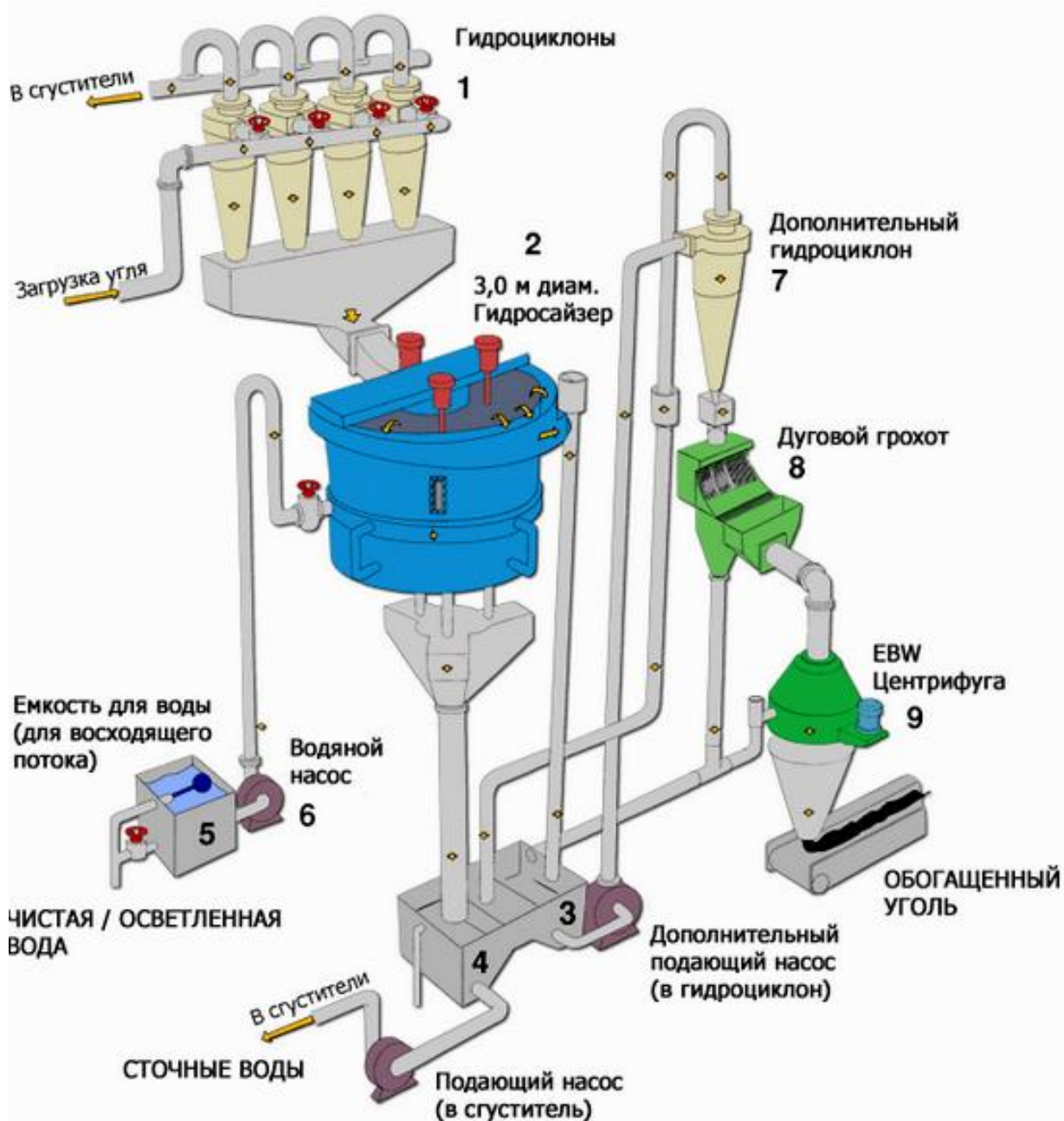


Рис. 4. Установка для обогащения шламовых углей с помощью гидросайзера и для обезвоживания концентратов

Fig. 4. Installation for processing slurry coals with a hydrosizer and for dewatering concentrates

Важно помнить, что шламы класса 0-0,1 (0,25) мм практически полностью переходят в концентрат как угольные, так и породные, поэтому необходимо максимально исключить попадание этого класса в питание гидросайзера. В отличие от концентрата спиральной сепарации попавшие в концентрат гидросайзера тонкие зерна можно удалить в результате процесса его обезвоживания и, соответственно, обесшламливания, что несомненно приведет к понижению зольности концентрата. Это подтверждается исследованием ситового состава (табл. 1) концентрата гидросайзера, который последовательно обезвоживали сначала на однодечном грохоте AURY (вместо поз. 7 и 8 рис.4), а затем, в центрифуге EBW48”(СМІ) (поз.9, рис.4).



Таблица 1. Уменьшение зольности концентрата гидросайзера при обезвоживании
Table 1. Decrease in ash content of hydrosizer concentrate during dewatering

Класс крупности	Ситовый состав							
	питания гидросайзера		концентрата гидросайзера		концентрата с грохота		концентрата с центрифуги	
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %
0,1-1,0	89,2	19,5	87,5	9,4	93,8	7,3	96,0	6,8
0-0,1	10,8	36,3	12,5	35,5	6,2	41,0	4,0	19,9
Итого	100	21,3	100	12,7	100	9,4	100	7,3

Изначально концентраты гидросайзеров имеют некондиционное качество, например, в данном эксперименте – 12,7% вместо требуемых потребителем 8,5% за счет перехода в концентрат всех породных шламов тонких классов, но в процессе обезвоживания происходит и обесшламливание концентрата, за счет чего его качество растет. Зольность концентрата после грохочения понизилась до 9,4%, после центрифугирования до 7,3% (табл. 1).

Таким образом для получения концентрата гидросайзера кондиционной зольности необходимо организовать удаление тонких классов из концентрата (обесшламливание) при обезвоживании в несколько этапов, например,

- 1) сгущение питания гидросайзера в гидроциклоне с удалением шламов через сливной патрубок;
- 2) обесшламливание концентрата на грохоте;
- 3) удаление тонких шламов с фугатом центрифуги.

Почему необходима замена спиральных сепараторов на гидросайзеры?

Низкие затраты на установку спиральных сепараторов и эксплуатацию, простота устройства, небольшие размеры аппарата и отсутствие движущихся деталей делает их весьма популярными на этапе выбора оборудования при проектировании обогатительных фабрик. Несмотря на вышеперечисленные достоинства, процесс обогащения на спиральных сепараторах протекает недостаточно эффективно даже на углях легкой и средней обогатимости в сравнении с процессом обогащения на гидросайзерах. К тому же их работа ограничивается узким диапазоном плотности разделения (1550-2000 кг/м³), тогда как диапазон плотности разделения при обогащении углей на гидросайзерах более широкий (1350-2000 кг/м³). По производительности на единицу занимаемой площади по питанию они также уступают гидросайзерам. Особенно важно, что обогащение на гидросайзерах протекает с гораздо меньшими потерями горючей массы (табл. 2). После обогащения на спиральных сепараторах получали отходы зольностью 75-77%. Отходы гидросайзера при этом имели зольность 82-86% при одинаковом питании аппаратов и востребованном заказчиком качестве концентрата.

Достоинством гидросайзеров также является простота устройства, возможность автоматического регулирования плотности разделения. Недостатком гидросайзеров является потребность в чистой оборотной воде (не более 1-3 г/л твердого) для обеспечения эффективного и бесперебойного процесса обогащения, а также необходимость выделения узкого класса крупности частиц, например, наиболее эффективно обогащается класс крупности 0,15-1 мм (на ЦОФ Печорской).

Понижение зольности концентрата гидросайзера достигается его обезвоживанием и обесшламливанием, что невозможно достичь при обезвоживании концентрата спиральных сепараторов.

Изначально в технологической схеме ЦОФ Печорской не планировалась установка гидросайзера и обогащение класса 0,15-1 мм осуществлялось спиральными сепараторами. В настоящее время обогащение гидросайзерами на ЦОФ идет столь успешно, что спиральные сепараторы решено демонтировать.



Таблица 2. Зольность отходов углей класса крупности 0-3 мм при постоянном заданном качестве концентрата
Table 2. Ash content of waste coals of particle size class 0-3 mm at a constant given concentrate quality

Спиральный сепаратор			Гидросайзер		
Классы крупности, мм	Выход классов, %	Зольность отходов, %	Классы крупности, мм	Выход классов, %	Зольность отходов, %
2,0-3,0	0,43	81,7	2,0-3,0	0,31	83,8
1,4-2,0	5,38	82,6			
			1-2	30,58	83,7
1-1,4	16,42	82,8			
0,5-1	37,33	77,3	0,5-1	39,95	86,1
0,2-0,5	31,38	68,2	0,2-0,5	23,30	87,1
0,1-0,2	7,94	74,3	0,1-0,2	5,26	85,3
0,063-0,1	0,62	77,1	0,063-0,1	0,52	78,9
0,05-0,063	0,27	73,7			
			0,045-0,01	0,05	64,0
0-0,05	0,23	63,7			
			0-0,045	0,04	72,1
Итого:	100,00	75,4	Итого:	100,0	85,5

Заключение. Условия эффективного обогащения углей на гидросайзере

1. Необходимо помнить, что гидросайзеры хорошо работают на углях легкой, средней, возможно трудной обогатимости, но, как и спиральные сепараторы, не работают на углях очень трудной обогатимости, т.к. большое количество сростков в углях трудной обогатимости повышают зольность концентрата.

2. Необходима подача чистой воды с постоянным давлением с малым содержанием глинистых частиц (1-3 г/л твердого). Уже при 7 г/л твердого процесс становится неэффективным, т. к. повышенное количество шламов (глины) в оборотной воде повышает зольность концентрата, забивает форсунки подачи восходящих потоков воды, заливает клапаны разгрузки.

3. Аппаратчики обязаны следить, чтобы зеркало пульпы было ровное. Бурление не допускается, чтобы оседающие породные частицы не попадали в слив.

4. Подача воды должна осуществляться через фильтр, чтобы исключить попадание щепы, ветоши, т. к. попадание подобных предметов нарушает процесс обогащения.

5. Необходима равномерность питания по крупности. Питание гидросайзера рекомендуется брать от 0,15 до 1 мм, не крупнее 3 мм, т. к. велика вероятность зашламования форсунок подачи восходящих потоков чистой воды. Крупные частицы нарушают работу клапанов сброса отходов. В крайнем случае возможно случайное попадание небольшого количества частиц более крупных, но не крупнее 3 мм. Следовательно, уже в зумпф питания гидроциклона-классификатора, установленного перед гидросайзером, должны попадать частицы, классифицированные по классу 1 мм. Недопустимы дырявые сита на грохотах классификации.

6. Необходимо минимизировать содержание классов менее 150-250 мкм в исходном питании гидросайзера, т. к. в концентрат будут переходить все классы менее 150-250 мкм как угольные, так и породные, т. е. настройки работы гидроциклона-классификатора должны осуществляться по этому классу с целью максимального вывода зерен этого класса крупности из обогащения на гидросайзере.

7. Зольность питания гидросайзера не должна быть низкой, т. к. не накапливается взвешенный слой тяжелых частиц из-за малого количества таковых. Создание взвешенного слоя из тяжелых фракций необходимо, т. к. он не даст осесть на дно легким частицам.



Таким образом, существует возможность актуализировать в Кузбассе метод обогащения в гидросайзерах как наиболее эффективный для переработки трудно поддающегося обогащению класса углей крупности 0,15-1 мм.

Список литературы

1. Козлов, В. А. Оптимизация работы углеобогащительной фабрики с целью получения максимального выхода концентрата / В. А. Козлов, В. И. Новак // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 4. – С. 175-186. – DOI 10.25018/0236-1493-2019-04-0-175-186. – EDN SBPLRO.
2. Прогрессивные технологии обогащения - основа эксплуатационной надежности и эффективности угольного производства / А. П. Стариков, Н. И. Канев, Л. В. Байсаров, А. Н. Редька // Уголь. – 2010. – № 10(1014). – С. 52-55. – EDN MVOBMT.
3. Осадчий, С. А. Опыт освоения и совершенствования новой технологии обогащения шламов коксующихся углей с применением фильтрующих центрифуг / С. А. Осадчий, Е. К. Самойлова, Г. Ю. Гольберг // Кокс и химия. – 2009. – № 6. – С. 2-6. – EDN KLRXCB.
4. Гришин, И. А. К проблеме выбора метода обогащения для углей различной стадии метаморфизма / И. А. Гришин, Ж. С. Князбаев // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 1. – С. 107-110. – EDN VLCZEB.
5. Аглям, А. Р. Современные тенденции развития углеобогащения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 1-2. – С. 150-152. – EDN RVGDZR.
6. Суфиянов, Р. Ш. Экологический аспект основных направлений повышения эффективности ресурсосбережения в сфере топливопереработки / Р. Ш. Суфиянов, А. В. Каталимов, Г. Ю. Гольберг // Кокс и химия. – 2010. – № 2. – С. 39-43. – EDN KZQYEF.
7. Ефимов, В.И. К вопросу переработки угольных шламов / В.И. Ефимов, Т.В. Корчагина, А.И. Антонов // Уголь. – 2018. – № 2(1103). – С. 77-80. – DOI 10.18796/0041-5790-2018-2-77-80. – EDN YNJTPP.
8. Белоусов, В. А. Перспективные методы обогащения угольных шламов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 4. – С. 15-17. – EDN RZFTWL.
9. Мандров, Г. А. Гидросайзер для переработки угольных шламов / Г. А. Мандров // Естественные и технические науки. – 2012. – № 6(62). – С. 540-542. – EDN PUJXHP.
10. Потапов В.П., Счастливцев Е.Л., Мандров Г.А. Устройство для подачи оборотной воды в гидросайзер Патент на полезную модель RU 77562 U1, 27.10.2008. Заявка № 2007132934/22 от 31.08.2007.
11. Новак, В. И. Схемы SETCO для обогащения угольного шлама в спиральных сепараторах / В. И. Новак, В. А. Козлов, М. Ф. Пикалов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S5. – С. 146-154. – EDN SECICP.
12. Козлов, В. А. Развитие метода качающейся постели в обогащении угольного шлама / В. А. Козлов, В. И. Новак // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 6. – С. 99-106. – EDN NDLRHN.
13. ГОСТ 10742-71. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 17 с.
14. ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава – М.: Филиал ИПК Издательство стандартов – тип. «Московский печатник», 2002. – 18 с.
15. ГОСТ 11022-95. Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности. – М.: ФГУП Стандартинформ – тип. «Московский печатник», 2006. – 6 с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2022 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Суслина Людмила Алексеевна, к.х.н., доцент кафедры обогащения полезных ископаемых
e-mail: lalexsu@mail.ru

Бобровникова Алена Александровна, к.х.н., заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых
e-mail: bobrovnikovaaa@kuzstu.ru



Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Агапова Елена Николаевна, главный технолог
Печорская центральная обогатительная фабрика структурное подразделение акционерного общества по добыче угля «Воркутауголь»
169936, Российская Федерация, г. Воркута, пгт Заполярный

IMPROVEMENT OF PREPARATION EFFICIENCY OF 0.15-1 MM COAL USING HYDROSIZERS

Ludmila A. Suslina¹, Elena N. Agapova², Alena A. Bobrovnikova¹

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

² Pechorskaya Central Processing Plant, a structural subdivision of Vorkutaugol Coal Production JSC



Article info

Received:
14 November 2022

Revised:
11 December 2022

Accepted:
15 December 2022

Keywords: preparation, coal,
hydrosizer, spiral separator, coal
dressability

Abstract.

The low efficiency of preparation of coals of the 0.15-1 mm size class at processing plants leads to the necessity of optimization of the preparation process of this size class. In Kuzbass, practically all processing plants use spiral separators, which are simple in design, cheap, but ineffective devices. As a result, processing plants have losses of coals of these classes in the form of low-ash waste. In Kuzbass, repeated attempts have been made to use hydrosizers for preparation, but without success. Nevertheless, there are examples of processing plants, for example, central processing plant «Pechorskaya», which perfectly cope with preparation of coals of this size class with hydrosizers. It would be possible to organize coal preparation of coals of 0.15-1 mm size classes at coal preparation plants of Kuzbass, if experts would follow certain rules, which are necessary when using hydrosizers. This article presents the results of a comparison of the process of coal preparation using hydrosizers and a spiral separator, carried out at the «Pechorskaya» CPP, and shows that the use of hydrosizers significantly reduces combustible mass losses in comparison with the use of spiral separators for preparation of this size class.

For citation Suslina L., Agapova E., Bobrovnikova A. (2022) Improvement of preparation efficiency of 0.15-1 mm coal using hydrosizers, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(19):73. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-4-73-81

References

1. Kozlov, V. A. Optimizacija raboty ugleobogatitel'noj fabriki s cel'ju poluchenija maksimal'nogo vyhoda koncentrata / V. A. Kozlov, V. I. Novak // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2019. – № 4. – S. 175-186. – DOI 10.25018/0236-1493-2019-04-0-175-186. – EDN SBPLRO.
2. Progressivnye tehnologii obogashhenija - osnova jekspluacionnoj nadezhnosti i jeffektivnosti ugol'nogo proizvodstva / A. P. Starikov, N. I. Kanev, L. V. Bajsarov, A. N. Red'ka // Ugol'. – 2010. – № 10(1014). – S. 52-55. – EDN MVOBMT.
3. Osadchij, S. A. Opyt osvoenija i sovershenstvovanija novej tehnologii obogashhenija shlamov koksujushhihsja uglej s primeneniem fil'trujushhih centrifug / S. A. Osadchij, E. K. Samojlova, G. Ju. Gol'berg // Koks i himija. – 2009. – № 6. – S. 2-6. – EDN KLRXCB.
4. Grishin, I. A. K probleme vybora metoda obogashhenija dlja uglej razlichnoj stadii metamorfizma / I. A. Grishin, Zh. S. Knjazbaev // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. – 2016. – № 1. – S. 107-110. – EDN VLCZEB.
5. Agljamov, A. R. Sovremennye tendencii razvitija ugleobogashhenija // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2014. – № 1-2. – S. 150-152. – EDN RVGDZR.



6. Sufijanov, R. Sh. Jekologicheskij aspekt osnovnyh napravlenij povysheniya jeffektivnosti resursosberezhenija v sfere toplivopererabotki / R. Sh. Sufijanov, A. V. Katalymov, G. Ju. Gol'berg // Koks i himija. – 2010. – № 2. – S. 39-43. – EDN KZQYEF.
7. Efimov, V.I. K voprosu pererabotki ugol'nyh shlamov / V.I. Efimov, T.V. Korchagina, A.I. Antonov // Ugol'. – 2018. – № 2(1103). – S. 77-80. – DOI 10.18796/0041-5790-2018-2-77-80. – EDN YNJTPP.
8. Belousov, V. A. Perspektivnye metody obogashhenija ugol'nyh shlamov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2014. – № 4. – S. 15-17. – EDN RZFTWL.
9. Mandrov, G. A. Gidrosajzer dlja pererabotki ugol'nyh shlamov / G. A. Mandrov // Estestvennye i tehnicheckie nauki. – 2012. – № 6(62). – S. 540-542. – EDN PUJXHP.
10. Potapov V.P., Schastlivcev E.L., Mandrov G.A. Ustrojstvo dlja podachi oborotnoj vody v gidrosajzer Patent na poleznuju model' RU 77562 U1, 27.10.2008. Zajavka № 2007132934/22 ot 31.08.2007.
11. Novak, V. I. Shemy SETSO dlja obogashhenija ugol'nogo shlama v spiral'nyh separatorah / V. I. Novak, V. A. Kozlov, M. F. Pikalov // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheckij zhurnal). – 2012. – № S5. – S. 146-154. – EDN SECICP.
12. Kozlov, V. A. Razvitie metoda kachajushhejsja posteli v obogashhenii ugol'nogo shlama / V. A. Kozlov, V. I. Novak // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheckij zhurnal). – 2010. – № 6. – S. 99-106. – EDN NDLRHN.
13. GOST 10742-71. Ugli burye, kamennye, antracit, gorjuchie slancy i ugol'nye brikety. Metody otbora i podgotovki prob dlja laboratornyh ispytaniy – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2002. – 17 s.
14. GOST 2093-82. Topливо tverdoe. Sitovyy metod opredelenija granulometricheskogo sostava – M.: Filial IPK Izdatel'stvo standartov – tip. «Moskovskij pechatnik», 2002. – 18 s.
15. GOST 11022-95. Topливо tverdoe mineral'noe. Metody opredelenija zol'nosti. – M.: FGUP Standartinform – tip. «Moskovskij pechatnik», 2006. – 6 s.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2022 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Ludmila A. Suslina, Ph.D. (Chem.), Associate Professor of Mineral Processing Department
e-mail: lalexsu@mail.ru

Alena A. Bobrovnikova, Ph.D. (Chem.), Head of Mineral Processing Department
e-mail: bobrovnikovaaa@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
28 Vesennyya str., Russian Federation, Kemerovo, 650000

Elena N. Agapova, Chief Technologist
Pechorskaya Central Processing Plant, a structural subdivision of Vorkutaugol Coal Production JSC
Russian Federation, city of Vorkuta, Zapolyarny settlement, 169936

