

**В.И. Новак, В.А. Козлов, М.Ф. Пикалов**

### **СХЕМЫ СЕТСО ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНОГО ШЛАМА В СПИРАЛЬНЫХ СЕПАРАТОРАХ**

*Приведены технологические схемы установки спиральных сепараторов СЕТСО для обогащения угольного шлама, позволяющие уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты на переработку шламов на обогатительных фабриках.*

*Ключевые слова: спиральный сепаратор, угольный шлам, класс крупности, фракционный состав угля, обогатимость угля, погрешность разделения, зольность, технологическая схема обогащения.*

---

**С** целью обеспечения максимального извлечения чистого угля в концентрат и уменьшения потерь угля с отходами обогащения, в технологических схемах переработки шлама на углеобогатительных фабриках обычно стремятся применить процессы и оборудование, способные эффективно обогащать уголь до «нуля», т.е. разделять частицы угля и породы микронной крупности, условно принимаемой за 0 мм.

Таким процессом является флотация, которая позволяет обогащать шлам крупностью 0—0,5 мм. Схема с флотацией является широко распространенной при обогащении коксующих углей.

При обогащении марок углей, направляемых на энергетические цели, обычно флотация не применяется, так как является относительно дорогостоящим процессом. В этом случае целесообразно применять более экономичные гравитационные процессы обогащения, например, такие как обогащение в тонких водных потоках на спиральных сепараторах и в сепараторах с качающейся постелью (гидросайзерах). Обогащение угольного шлама в этих аппаратах на сегодняшний момент является самым экономичным способом в мире, себестоимость которого в 2,5—3 раза ниже, чем обогащение способом флотации.

В большинстве случаев для получения требуемой зольности концентрата необходимо обогащать шлам по плотности разделения более 1,6 т/м<sup>3</sup>. Тогда применение спиральных сепараторов предпочтительнее применения гидросайзеров, так как с

их использованием можно обогащать шлам широкого класса крупности в одном аппарате. В гидросайзерах обычно обогащают узкий класс крупности с соотношением верхнего размера частиц к меньшему размеру равному 4 [1].

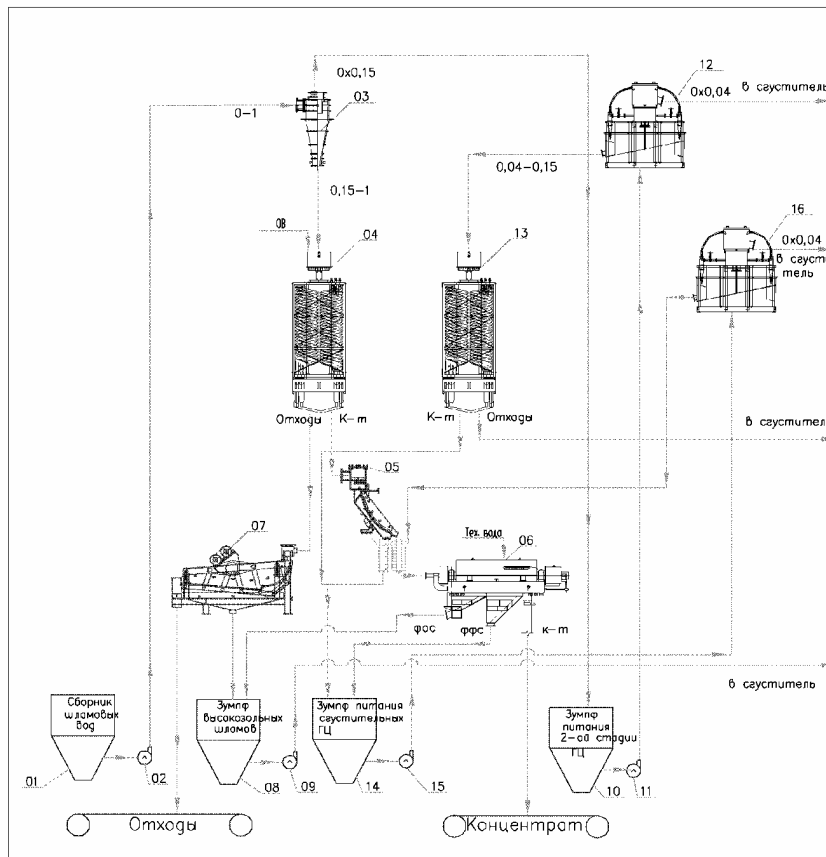
Известна схема (рис. 1) обогащения угольных шламов класса 0,04—1 мм в спиральных сепараторах, содержащая две стадии гидроклассификации шлама в гидроциклонах, на первой стадии — по граничному зерну 0,15 (0,2) мм, на второй стадии — по граничному зерну 0,04 мм, и две стадии спиральных сепараторов для обогащения шлама классов 0,15—1(2) мм и 0,04—0,15 мм [2].

В ООО «Коралайна Инжиниринг» разработаны и закреплены заявками на изобретения два варианта основных схем применения спиральных сепараторов, позволяющие снизить потери угля с отходами и уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты при обогащении угольного шлама на обогатительных фабриках.

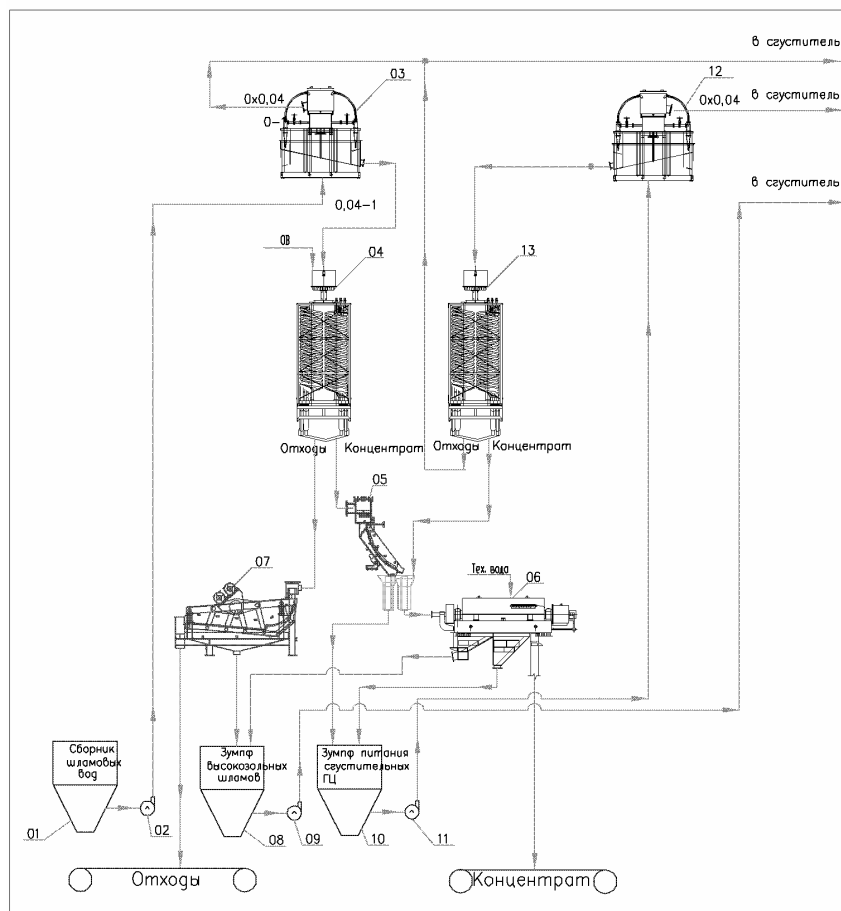
Первая схема СЕТСО предполагает извлечение концентрата в процессе обогащения угольных частиц крупностью 0,04—1(2) мм в одну стадию гидроклассификации исходного шлама по граничному зерну 0,04 мм, но с двумя стадиями обогащения в спиральных сепараторах (рис. 2).

По этой схеме исходная пульпа подается насосом 02 в гидроциклон 03 для классификации шлама по 0,04 мм, пески которого класса 0,04—1(2) мм поступают на спиральный сепаратор 1-ой стадии обогащения 04. Концентрат спирального сепаратора поступает на дуговое сито 05 для сброса воды, и соответственно части тонкого шлама, с целью повышения плотности питания осадительно-фильтрующей центрифуги 06. Подрешетный продукт дугового сита, содержащий часть шлама крупностью менее 0,1(0,2) мм, поступает в зумпф тонкого концентрата (питания сгустительных гидроциклонов) 10 и насосом 11 подается в сгустительные гидроциклоны 12. Пески гидроциклонов направляются на перемешивание на спиральный сепаратор 2-й стадии обогащения 13. Концентрат 2-го спирального сепаратора самотеком поступает в питание центрифуги. Отходы спирального сепаратора 1-й стадии поступают на обезвоживание на высокочастотном грохоте 07. Надрешетный продукт грохота поступает на конвейер отходов. Подрешетный

продукт грохота поступает в зумпф высокозольных шламов 08. Фугат осадительной секции центрифуги направляется в зумпф высокозольных шламов, из которого пульпа насосом 09 подается в сгуститель на сгущение (на схеме не показан).

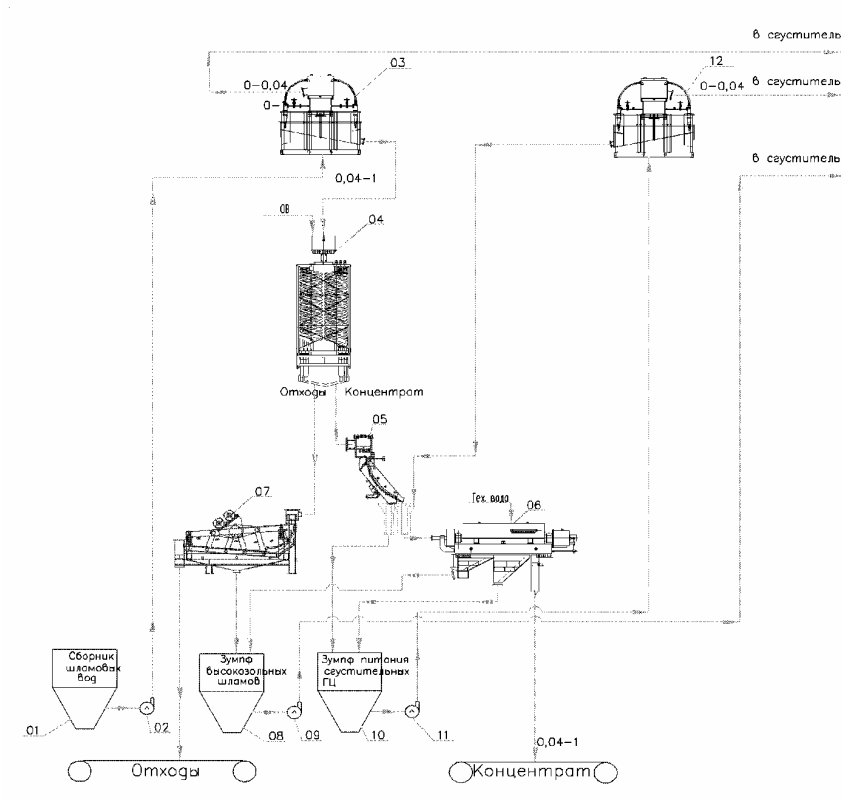


**Рис. 1. Общепринятая схема установки обогащения угольного шлама глубиной до крупности 0,04 мм с двумя стадиями гидроклассификации и двумя стадиями обогащения в спиральных сепараторах:** 1 — зумпф для сбора угольной пульпы; 2 — насос для подачи пульпы на гидроклассификацию; 3 — гидроциклон 1-ой стадии; 4 — спиральный сепаратор 1-ой стадии; 5 — дуговое сито; 6 — осадительно-фильтрующая центрифуга; 7 — грохот отходов; 8 — зумпф высокозольного шлама; 9, 11, 14 — насосы; 10 — зумпф питания гидроциклона 2-ой стадии; 12 — гидроциклон 2-ой стадии; 13 — спиральный сепаратор 2-ой стадии; 14 — зумпф питания сгустительных гидроциклонов; 15 — сгустительные гидроциклоны



**Рис. 2. Схема установки обогащения угольного шлама глубиной до крупности 0,04 мм в одну стадию гидроклассификации и две стадии спиральных сепараторов**

Фугат фильтрующей секции центрифуги поступает в зумпф тонкого концентрата. Осадок центрифуги (концентрат) поступает на конвейер концентрата. Отходы 2-го спирального сепаратора обычно самотеком или через зумпф высококозольных шламов направляются в сгуститель. Сливы гидроциклонов классификации шлама и гидроциклонов сгущения направляются самотеком в сгуститель.



**Рис. 3. Схема установки обогащения угольного шлама глубиной до крупности 0,04 мм в одну стадию гидрокласификации и одну стадию спиральных сепараторов**

Вторая схема (рис. 3) применяется в случае, когда тонкий концентрат в подрешетном продукте дугового сита имеет низкую зольность. В этой схеме исключен спиральный сепаратор 2-ой стадии, и пески сгустительных гидроциклонов напрямую поступают в питание центрифуги. В остальном схема установки по второму варианту и ее работа ничем не отличаются от первого варианта.

Рассматриваемые схемы установки спиральных сепараторов с одной стадией гидрокласификации для обогащения угольных шламов позволяют извлечь в процессе обогащения угольные частицы крупностью 0,04—1(2) мм в концентрат, умень-

шив тем самым потери угля с отходами, исключить переизмельчение шлама и значительно (в 1,5 раза) уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты на обогащение угольного шлама.

В табл. 1 приведены данные обогащения на семивитковом спиральном сепараторе пробы угля из Печорского угольного бассейна. В опыте шлам крупностью 0—1 мм подвергся гидроклассификации в гидроциклоне диаметром 150 мм по граничному зерну 0,04 мм. Пески гидроциклона широкого класса крупности 0,04—1 мм концентрацией твердого 200 г/л обогащались на семивитковом спиральном сепараторе. Данные ситового анализа продуктов обогащения приведены в табл. 1.

Удалив из концентрата высокозольный тонкий шлам 0-0,04 мм с помощью дугового сита и слива сгустительных гидроциклонов по схеме СЕТСО (рис. 2, 3) можно получить концентрат выходом 36,1 % с зольностью 9,27 %.

Полученное качество концентрата удовлетворяет требованиям потребителей коксующихся углей.

Направив промпродукт в отходы, получим отходы выходом 63,9 % с зольностью 65,22 %.

Таблица 1

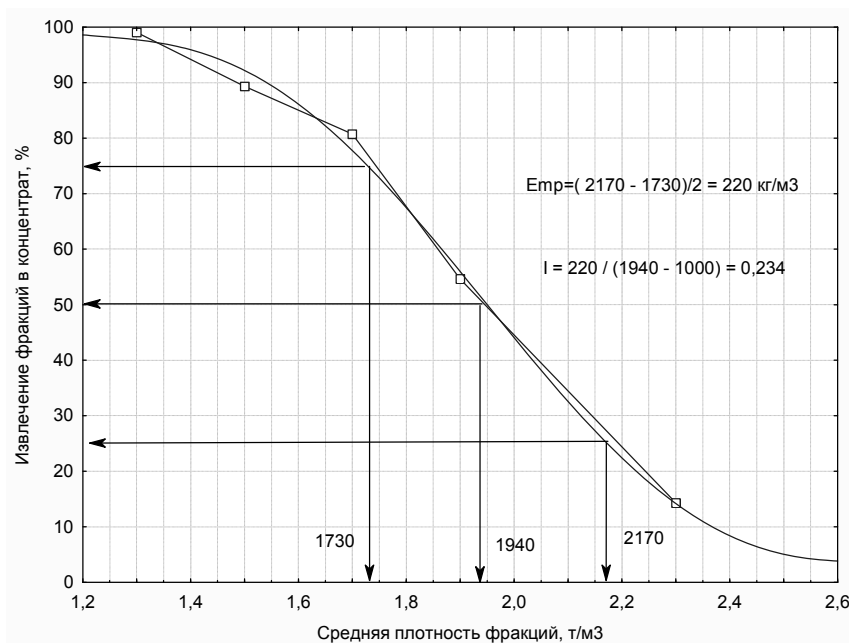
**Гранулометрические характеристики продуктов обогащения спирального сепаратора**

Продукты	Выход, %	Зольность, %
Концентрат -1+0,16	25,5	6,67
Концентрат -0,16+0,04	10,6	15,52
Концентрат -0,04	3,9	51,0
<b>Итого концентрат:</b>	<b>40,0</b>	<b>13,34</b>
Промпродукт -1+0,16	13,3	28,7
Промпродукт -0,16+0,04	3,6	34,51
Промпродукт -0,04	0,8	61,36
<b>Итого промпродукт:</b>	<b>17,7</b>	<b>31,36</b>
Отходы -1+0,16	35,5	81,9
Отходы -0,16+0,04	6,1	75,83
Отходы -0,04	0,7	62,26
<b>Итого отходы:</b>	<b>42,3</b>	<b>80,70</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>100,0</b>	<b>45,02</b>

Таблица 2

**Гранулометрические характеристики продуктов обогащения на спиральном сепараторе для классов 0,15—1 мм и 0,04—0,15 мм (при исключении класса 0—0,04 мм)**

Продукты	Выход, %		Зольность, %
	от продукта	от исходного	
Концентрат 0,15-1	70,6	27,0	6,67
Концентрат 0,04-0,15	29,4	11,2	15,52
<b>Итого концентрат:</b>	<b>100,0</b>	<b>38,2</b>	<b>9,27</b>
Промпродукт 0,15-1	78,70	14,1	28,70
Промпродукт 0,04-0,15	21,30	3,8	34,51
<b>Итого промпродукт:</b>	<b>100,0</b>	<b>17,9</b>	<b>29,12</b>
Хвосты 0,15-1	85,3	37,5	81,9
Хвосты 0,04-0,15	14,7	6,4	75,83
<b>Итого хвосты:</b>	<b>100,0</b>	<b>43,9</b>	<b>81,01</b>
<b>ВСЕГО:</b>	—	<b>100,0</b>	<b>44,32</b>
<b>В т.ч. конц. + пр.пр.</b>	—	<b>56,1</b>	<b>15,60</b>



**Рис. 4. График извлечения фракций в объединенный продукт (концентрат+промпродукт) шлама общего класса 0,04—1 мм**

Таблица 3

**Результаты фракционного анализа продуктов обогащения угольного шлама на спиральном сепараторе**

Продукты, плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Класс 0,15—1 мм				Класс 0,04—0,15 мм			
	Выход, %		Зольность, %	Извлечение, %	Выход, %		Зольность, %	Извлечение, %
	к классу	К исх.			к классу	К исх.		
Концентрат								
Менее 1400	89,0	24,03	4,22	76,85	69,3	7,76	7,12	80,14
1400—1500	6,2	1,67	12,03	44,85	13,0	1,46	12,58	70,65
1500—1800	2,3	0,62	22,01	26,99	7,1	0,80	21,77	61,99
1800—2000	0,5	0,14	33,32	14,93	1,4	0,16	34,86	37,17
Более 2000	2,0	0,54	72,36	2,29	9,2	1,03	74,51	18,59
Итого:	100,0	27,0	6,62	59,80	100,0	11,20	15,46	70,16
Промпродукт								
Менее 1400	53,4	7,53	7,91	23,15	46,4	1,76	8,46	17,91
1400—1500	11,6	1,64	12,5	43,81	11,1	0,42	12,6	20,32
1500—1800	9,9	1,40	34,19	51,43	7,6	0,29	26,07	21,24
1800—2000	3,8	0,54	50,0	43,18	2,0	0,08	49,6	14,38
Более 2000	21,3	3,00	82,74	7,94	32,9	1,25	79,1	18,50
Итого:	100,0	14,11	28,58	23,90	100,0	3,80	34,32	18,49
Отходы								
Менее 1400	—	—	—	0,00	3,0	0,19	7,76	1,95
1400—1500	1,1	0,41	9,41	11,34	2,8	0,18	9,43	9,02
1500—1800	1,3	0,49	21,1	21,58	3,4	0,22	23,0	16,78
1800—2000	1,2	0,45	41,8	41,89	3,4	0,22	38,24	48,45
Более 2000	96,4	36,15	83,81	89,77	87,4	5,59	84,11	62,91
Итого:	100,0	37,5	81,67	16,30	100,0	6,40	76,07	11,35
ВСЕГО:	—	78,61	46,46	100,0	—	21,4	36,94	100,0



На рис. 4 приведен график извлечения фракций в объединенный продукт (концентрат + промпродукт) и отходы, по которому определяем, что плотность разделения в опыте была  $1,94 \text{ т/м}^3$  и погрешность разделения продуктов широкого класса составила  $220 \text{ кг/м}^3$ . Это является лучшим показателем по отношению к отсадке и флотации.

Анализ табл. 3 фракционного состава продуктов обогащения показывает, что промпродукта класса  $0,15\text{—}1 \text{ мм}$  выходит  $14,11 \%$  с зольностью  $28,58 \%$  и промпродукта класса  $0,04\text{—}0,15 \text{ мм}$  выходит  $3,80 \%$  с зольностью  $34,32 \%$ . Направив этот промпродукт на спиральный сепаратор 2-ой стадии для повторного обогащения, мы получим дополнительно около  $10 \%$  от исходного питания низкозольного концентрата зольностью менее  $10 \%$ .

Таким образом, можно утверждать, что для рассматриваемого угля экономически целесообразно обогащать угольный шлам широким классом крупности  $0,04\text{—}1 \text{ мм}$  в семивитковых спиральных сепараторах в две стадии с перечисткой промпродукта на второй стадии. По такой схеме мы уменьшаем затраты на оборудование и эксплуатационные затраты по такой статье себестоимости, как электроэнергия, которая потребляется для перекачки пульпы насосами.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новак В.И., Козлов В.А. Развитие метода качающейся постели в обогащении угольного шлама. // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 6. М.: Изд-во МГУ, 2010.

2. Barbara J., Arnold, Dan Petrunak. Application for Two-Stage Coal Spirals for Fine and Ultrafine Coal Cleaning. // XV International Coal Preparation Congress And Exhibition (2), China National Coal Association, Peking, 2006, pp. 479-488. **ПИАБ**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Новак Вадим Игоревич — кандидат технических наук, директор, novak@cetco.ru,  
Козлов Вадим Анатольевич — кандидат технических наук, доцент, главный технолог, vak@cetco.ru,

Пикалов Михаил Федорович — инженер-технолог, pikalov@cetco.ru,  
Угольный департамент Коралайна Инжиниринг — CETCO.

