

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук,**Г.Е. ГУРТОВАЯ**

(Украина, Днепропетровск, ГП "Укрниуглеобогащение"),

О.В. ПОЛУЛЯХ, А.К. СОКУР

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В ТЯЖЕЛОСРЕДНЫХ ГИДРОЦИКЛОНАХ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ УКРАИНЫ

Одним из современных направлений совершенствования технологических схем углеобогажительных фабрик является применение для обогащения мелкоугольного тяжелосредних гидроциклонов, в которых интенсивное разделение частиц угля и породы происходит в магнетитовой суспензии под действием центробежной силы.

Технология обогащения в тяжелосредних гидроциклонах предусматривает регулирование плотности разделения путем изменения минимального числа параметров; плотности исходной суспензии, диаметра сливного патрубка и нижней насадки. Остальные факторы, влияющие на процесс (давление смеси угля и суспензии на входе в гидроциклон, соотношение в питании твердого к жидкому и др.), остаются постоянными. Управление процессом разделения легко осуществляется с помощью средств автоматизации.

Известны два типа тяжелосредних гидроциклонов: двухпродуктовые, в которых разделение ведется по одной плотности на два конечных продукта – концентрат и отходы; трехпродуктовые, в которых разделение ведется по двум плотностям при использовании одного потока исходной суспензии на три конечных продукта – концентрат, промпродукт, отходы.

Технология обогащения мелкоугольного в тяжелых средах сложнее, чем технология обогащения крупного угля по ряду причин.

Несмотря на некоторое усложнение технологии, обогащение мелкоугольного в тяжелосредних гидроциклонах находит все более широкое применение и имеет следующие преимущества: возможность точного разделения по плотности углей трудной и очень трудной категории обогатимости с высоким содержанием породы при минимальном засорении продуктов обогащения посторонними фракциями; широкий диапазон крупности эффективно обогащаемого угля – от 0,15-0,2 до 40-50 мм, возможность выбора необходимой плотности разделения в пределах от 1300-1350 до 2000-2200 кг/м³ и ее регулирования средствами автоматики, малая чувствительность к колебаниям нагрузки и изменению качественного состава обогащаемого сырья.

Аппаратурное оформление гидроциклонной установки характеризуется каскадным размещением оборудования с самотечным движением потоков. При эксплуатации установки требуется минимальное количество обслуживающего персонала.

Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 47(88)

Гравітаційна сепарація

Тяжелосредные универсальные гидроциклоны пригодны для обогащения угля, антрацита и сланца. В основном они применяются при обогащении мелкого угля для коксования (разделение на три продукта), мелкого угля и антрацита для энергетических целей (разделение на два продукта), переобогащение промпродукта отсадки мелкого угля и антрацита (разделение на три и два продукта).

Тяжелосредные гидроциклоны имеют преимущества также при разделении материалов для получения концентратов высокого качества, например, антрацитовых концентратов для электродной промышленности, концентратов с низким содержанием серы, сланцевого концентрата с повышенным содержанием органической массы.

В Украине в тяжелосредних гидроциклонах осуществляют обогащение дешламированного угля или его мелкого машинного класса с различным верхним и нижним пределом крупности.

Так, на ОУ ООО "САВ-Пласт", принципиальная схема технологического процесса "Обогащение машинного класса крупностью 1-40 мм", которой приведена на рис. 1, осуществляется переобогащение углесодержащего материала породного отвала бывшей шахты № 40, добывающей антрацит [1].

После дешламации исходный продукт крупностью 1-40 мм поступает в смесительное отделение смесителя поз. 8. Далее с использованием регулирующего бака поз. 7, подающего рабочую суспензию в смесительное и напорное отделение смесителя, происходит смешивание обогащаемого материала с магнетитовой суспензией. Магнетитовая суспензия подается в регулирующий бак насосами 6/4 ДАН поз. 21 из сборника кондиционной суспензии поз. 20.

Смесь обогащаемого материала с магнетитовой суспензией самотеком, по трубопроводу, с перепадом высот не менее 4,5 м поступает в обогатительный тяжелосредний гидроциклон ГТ-500 поз. 9. Под воздействием центробежной силы происходит разделение обогащаемого материала на концентрат и породу.

Продукты разделения – концентрат и порода, в смеси с магнетитовой суспензией с гидроциклона поступает на дуговое сито СД-2-01 поз. 10 с продольной перегородкой, где производится предварительный сброс суспензии через делитель потока ДП-1,5 поз. 19 на сборник кондиционной суспензии поз. 20 и сборник некондиционной суспензии поз. 22 в соотношении, устанавливаемом опытным путем в ходе наладки. Дуговое сито поз. 10 поделено продольной перегородкой на две части, что позволяет на одном аппарате обезвоживать два разных продукта. Левая (по ходу движения материала) часть сита предназначена для угольного концентрата.

Далее высокочастотные отходы и низкочастотный концентрат поступает на высокочастотный грохот ГСМх-10,5×2-ЛМ поз. 11 с продольной перегородкой, где происходит окончательная отмывка магнетитовой суспензии и предварительное обезвоживание концентрата и отходов обогащения. Левая (по ходу движения материала) часть грохота также предназначена для угольного концентрата. На грохоте установлены два яруса сит, верхнее сито с ячейкой 6 мм изготовлено из полиуретана, нижнее щелевое сито с поперечной щелью 1,0 мм

изготовлено из металлического шпальта.

На первой трети грохота происходит окончательный сброс магнетитовой суспензии и ее возврат в сборник кондиционной суспензии поз. 20. Далее производится отмывка остатков магнетита от продуктов обогащения промывочной водой (слив электромагнитных сепараторов) и ополаскивание чистой оборотной водой. Для более качественной отмывки магнетита и снижения его потерь на грохоте предусматривается установка как ливневых, так и напорных веерных брызгал. Промывочная вода с грохота поз. 11 поступает в сборник некондиционной (разбавленной) суспензии поз. 22. На последней трети грохота производится обезвоживание продуктов обогащения.

Концентрат класса -6 мм (штыб) для окончательного обезвоживания поступает на центрифугу ЦфШнГ-1.00-МП поз. 12, далее по ленточному конвейеру поз. 13 на соответствующий накопитель склада для дальнейшей отгрузки потребителям.

Концентрат класса 6-40 мм подается на грохот ГВІ-6,5×2-ЛМ поз. 14 оборудованный двумя ярусами сит с ячейкой 13 и 25 мм, где производится окончательный рассев концентрата на классы 6-13, 13-25, 25-40 мм. Указанные классы с помощью конвейеров поз. 15, 16, 17 подаются на соответствующие накопители склада для последующей отгрузки потребителям.

Порода с грохота ГІсМх-10,5×2-ЛМ поз.11 поступает на ленточный конвейер поз. 18, с помощью которого транспортируется на породную складскую площадку, откуда автомобильным транспортом доставляется на вновь формируемый породный отвал.

Кондиционная магнетитовая суспензия из-под дугового сита СД-2,0 поз. 10 и первой половины грохота ГІсМх-10,5×2-М поз.11 поступает в бак кондиционной суспензии поз. 20, откуда насосом 6/4 ДАН поз. 21 перекачивается в расходный бак кондиционной магнетитовой суспензии. Избыток магнетитовой суспензии переливом из расходного бака возвращается в сборник кондиционной суспензии.

Некондиционная магнетитовая суспензия из-под второй половины грохота ГІсМх-10,5×2-М поз.11 поступает в бак некондиционной магнетитовой суспензии поз. 22, откуда насосом 6/4 ДАН поз. 23 перекачивается в загрузку электромагнитных сепараторов ЭБМ-80/170 поз. 24 (1, 2) первой и второй стадии регенерации.

Магнетит с электромагнитных сепараторов I и II стадий регенерации некондиционной магнетитовой суспензии возвращается в сборник кондиционной суспензии.

Слив ЭБМ-80/170 поз. 24 (1, 2) поступает на брызгала грохота ГІсМх-10,5×2-М поз.11 для отмыва магнетита от продуктов обогащения.

Для ополаскивания концентрата на второй половине грохота ГІсМх-10,5×2-М поз.11 подается техническая вода.

Хвосты ЭБМ-80/170 поз. 24 (1) передаются на II стадию регенерации на электро-магнитный сепаратор ЭБМ-80/170 поз. 24 (2), хвосты которого поступают в сборник шламовых вод поз. 25.

Гравітаційна сепарація

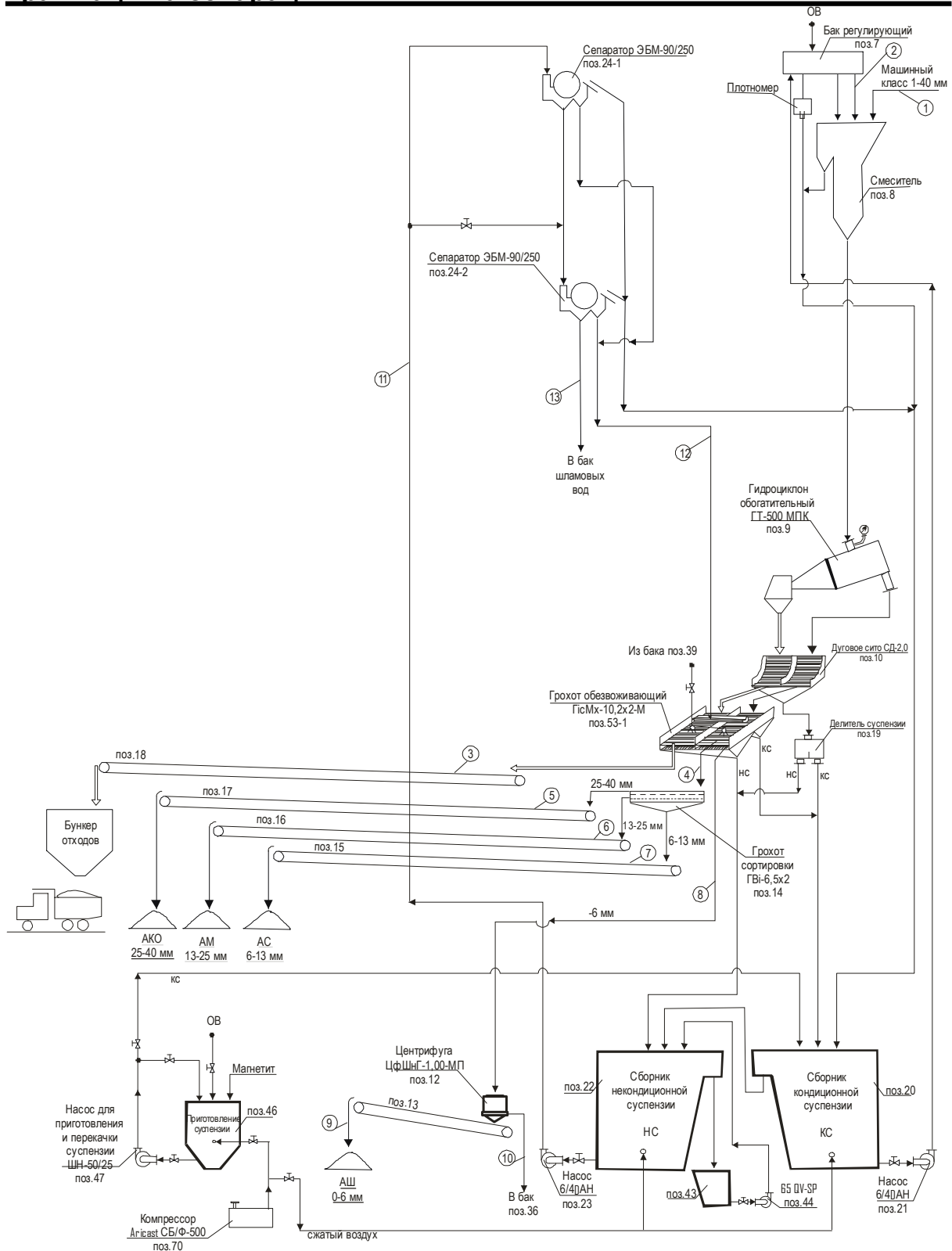


Рис. 1. Принципиальная схема технологического процесса "Обогащение машинного класса крупностью 1-40 мм" на ОУ ООО "САВ-Пласт"
 ○ – точки опробования

Гравітаційна сепарація

Приготовление магнетитовой суспензии осуществляется следующим образом. После заполнения емкости поз. 46 технической водой до определенного уровня, насос 2/1,5 ВАН поз. 47 включается на рециркуляцию. С помощью саморазгружающейся бадьи осуществляется загрузка в емкость такого количества магнетита, чтобы концентрация свежеприготовленной суспензии на 15% превышала концентрацию рабочей суспензии. После достижения однородности свежеприготовленной суспензии насос 2/1,5 ВАН поз. 47 переключается на ее перекачку в бак кондиционной суспензии. После полного опорожнения емкости для приготовления суспензии и отключения насоса, она частично снова заполняется технической водой. В случае если после пополнения бака кондиционной суспензии, в емкости для ее приготовления остается свежеприготовленная суспензия, то производится подача сжатого воздуха с помощью компрессора "Agricast СБ/Ф-500" поз. 70 в емкость, для предупреждения осаждения магнетита.

Для автоматического поддержания заданной плотности магнетитовой суспензии и управления обогащением в тяжелосреднем гидроциклоне предназначена специализированная автоматическая система "АРИКОН-АСУ-ТС-128", разработанная ООО "НПП "Арикон".

В табл. 1 приведены результаты работы тяжелосреднего гидроциклона ГТ-500

Таблица 1

Результаты работы тяжелосреднего гидроциклона ГТ-500

Плотность фракций, кг/м ³	Продукты							
	Исходный		Концентрат			Отходы		
	Выход, %	Зола, %	Выход, %		Зола, %	Выход, %		Зола, %
			к продукту	к исходному		к продукту	к исходному	
-1600	3,27	2,5	17,48	3,20	2,4	0,09	0,07	4,3
1600-1800	11,67	4,4	52,77	9,66	3,5	2,48	2,01	7,9
1800-2000	2,13	46,6	1,07	0,19	22,1	2,39	1,94	48,7
+2000	69,63	94,3	0,78	0,14	81,3	85,04	69,49	94,3
Итого	86,7	79,2	72,1	13,19	4,3	90,0	73,51	90,6
Класс 0-1 мм	13,3	55,8	27,9	5,11	62,4	10,0	8,19	66,6
Всего	100,0	75,8	100,0	18,3	20,5	100,0	81,7	88,2
Эффективность обогащения E ₂₀₀₀ , %	70,2							

Из табл. 1 следует, что эффективность обогащения углесодержащей породы составляет 70,2%, при этом зольность концентрата равна 20,5%, отходов 88,2%. Увеличение зольности отходов составляет 12,4%, расход магнетита 7,8 кг/т.

С более низким верхним пределом мелкого машинного класса обогащается уголь марки "К" на ОФ "Свято-Варваринская" принципиальная схема технологического процесса "Обогащение мелкого машинного класса" которой представлена на рис. 2 [2].

Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 47(88)

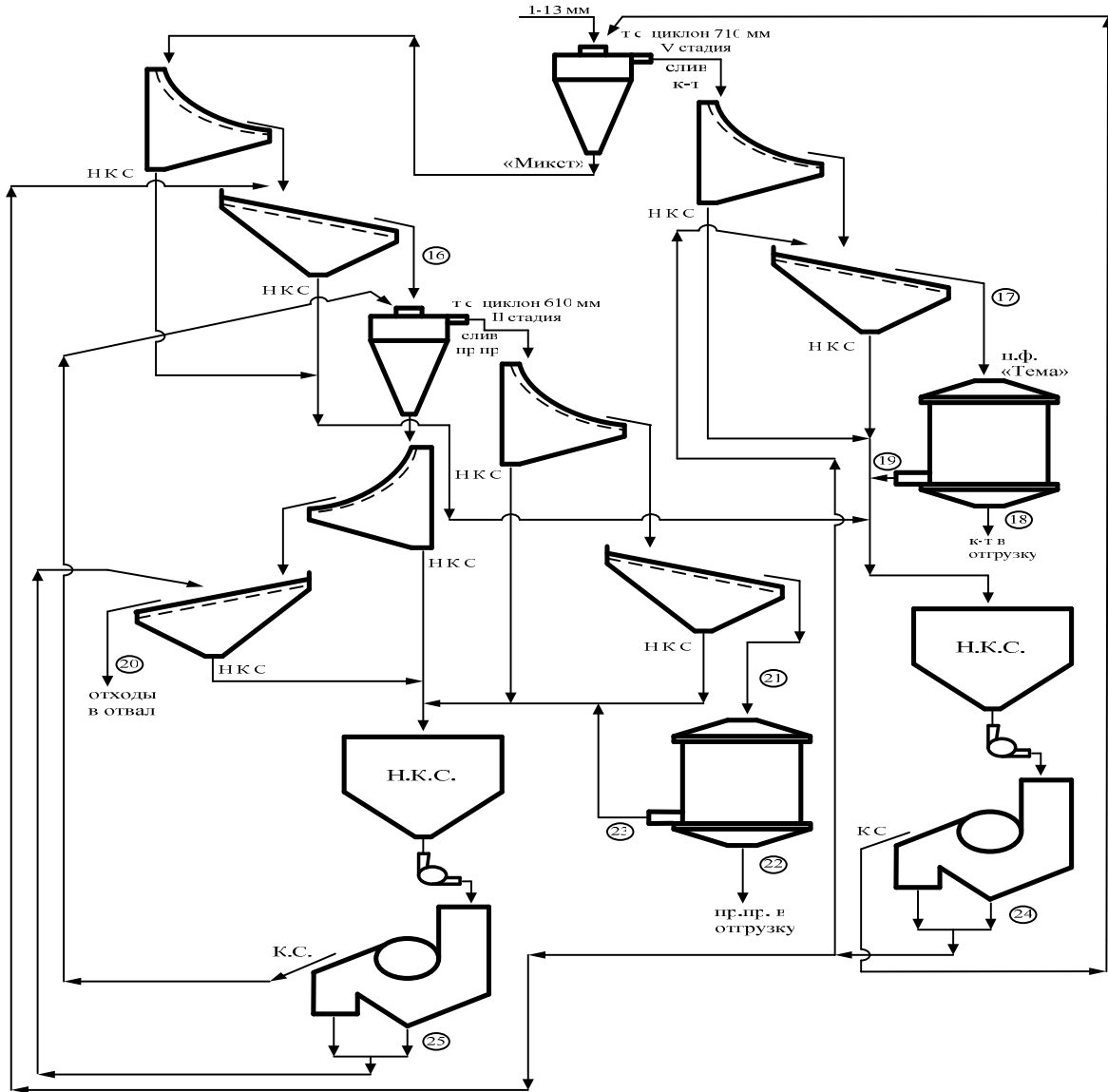


Рис. 2. Принципиальная схема технологического процесса
 "Обогащение мелкого машинного класса" на ОФ "Свято-Варваринская"
 ○ – точки опробования

Частично обезвоженный надситный материал дещламационных грохотов (дуговых сит "Deister" SSB и грохотов "Taibor") крупностью 1-13 мм поступает в зумпфы кондиционной суспензии (КС) тяжелосредних гидроциклонов.

Кондиционная суспензия совместно с классом 1-13 мм подается насосами "Warman" 10/8 F-P в тяжелосредние гидроциклоны I стадии обогащения "Deister" 28В диаметром 710 мм.

Концентрат этих гидроциклонов разгружается в приемный короб, где делится на два потока и самостоятельно поступает на дуговые сита "Deister" SSB и грохот "Taibor". На дуговых ситах происходит сброс основной массы конди-

ционної суспензії, на грохотах – отмывка магнетита і попереднє обезвоживання мелкого концентрата. Дренаж кондиціонної суспензії здійснюється також на першій половині грохота.

Подситні продукти дугових сит і дренажних секцій грохотів поступають в зумпфи кондиціонної суспензії.

Подситний продукт другої половини вібраційних грохотів направляється в зумпфи некондиціонної суспензії (НКС).

Попередньо обезвожений і промытий концентрат поступає в вібраційні центрифуги "Тема" HSG-1100 для остаточного обезвоживання. Обезвожений концентрат розгружується на ленточний конвеєр мелкого концентрата. Фугат концентратних центрифуг самотеком поступає в зумпфи НКС.

Сгущений продукт важелосередніх гідроциклонів I стадії ("микст") поступає на дугові сита "Deister" SSB і вібраційні грохоти "Taibor" своїх позицій для отмывки магнетита і обезвоживання. Обезвожений "микст" направляється в зумпфи живлення важелосередніх гідроциклонів II стадії обогашення "Deister" 24В діаметром 610 мм або на конвеєр відходів.

Сливний продукт важелосередніх гідроциклонів II стадії обогашення представляє собою промпродукт, який поступає через загальний розподільний короб на свої дугові сита "Deister" SSB і грохоти промпродукта "Taibor", де відбувається отмывка магнетита і попереднє обезвоживання промпродукта.

Остаточне обезвоживання промпродукта здійснюється в промпродуктових горизонтальних центрифугах "Тема" HSG-1100. Обезвожений промпродукт поступає на промпродуктовий ленточний конвеєр. Фугат промпродуктових центрифуг самотеком поступає в зумпфи НКС II стадії обогашення.

Сгущений продукт важелосередніх гідроциклонів II стадії (відходи) поступають на свої дугові сита "Deister" SSB і грохоти "Taibor" для отмывки магнетита і обезвоживання і далі на породний ленточний конвеєр.

Подситні продукти промывочних секцій концентратних грохотів поступають в зумпфи НКС, звідки насосами "Warman" 150 E-MP, перекачуються в розподільну коробку, а потім в магнітні сепаратори "Ervez" HMDA з постійними магнітами, слив яких поступає на промывку відходів або в зумпфи для розбавлення шламов.

Магнітний концентрат сепараторів поступає в зумпфи КС II стадії обогашення.

Из табл. 2 следует, что эффективность обогашения I стадии тяжелосредних гидроциклонів по плотности разделения 1800 кг/м^3 составляет 91,1%, при этом зольность концентрата равна 5,39% и микста 81,73%.

Обогашение "микста" (промпродукт + отходы) осуществляемое в тяжелосредних циклонах II стадии (табл. 3), имеет эффективность обогашения по плотности 1800 кг/м^3 равную 50,7% при зольности промпродукта 39,71% и отходов 85,81%. Потери магнетита на II стадии составляют 1 кг/т.

Гравітаційна сепарація

С более высоким нижним пределом мелкого машинного класса обогащается уголь марки "Г" на ОФ ООО "Донецкое угольное топливо", принципиальная схема технологического процесса "Обогащение мелкого машинного класса" приведена на рис. 3 [3].

Таблица 2

Баланс продуктов обогащения технологической операции "Обогащение мелкого машинного класса" по фракционному составу

Плотность фракций, кг/м ³	Продукты							
	Исходный		Меньше плотности разделения			Больше плотности разделения		
	Выход, %	Зола, %	Выход, %		Зола, %	Выход, %		Зола, %
			к продукту	к исходному		к продукту	к исходному	
-1300	50,92	2,74	50,92	79,53	2,74	-	-	-
1300-1400	7,66	6,74	7,66	11,96	6,74	-	-	-
1400-1500	3,43	15,00	3,33	5,21	14,99	0,1	0,28	15,30
1500-1600	2,09	28,43	0,76	1,19	26,13	1,33	3,68	29,75
1600-1800	2,85	43,25	0,31	0,48	32,77	2,54	7,07	44,48
+1800	33,05	86,55	1,04	1,63	71,00	32,01	88,97	87,06
Итого	100,0	32,85	64,02	100,0	5,39	35,98	100,0	81,73
Эффективность обогащения 1-ой стадии E ₁₈₀₀ , %	91,1 (T=7,4)							

Таблица 3

Баланс продуктов обогащения технологической операции "Обогащение мелкого "микста" по фракционному составу

Плотность фракций, кг/м ³	Продукты							
	Исходный микст		Промпродукт			Отходы		
	Выход, %	Зола, %	Выход, %		Зола, %	Выход, %		Зола, %
			к продукту	к исходному		к продукту	к исходному	
-1300	-	-	-	-	-	-	-	-
1300-1400	-	-	-	-	-	-	-	-
1400-1500	0,28	15,30	0,28	3,2	15,3	-	-	-
1500-1600	3,68	29,75	3,40	38,4	28,7	0,28	0,31	42,32
1600-1800	7,07	44,48	2,26	25,6	34,8	4,81	5,28	49,03
+1800	88,97	87,06	2,40	32,8	58,8	86,07	94,41	88,01
Итого	100,0	81,73	8,84	100,0	39,71	91,16	100,0	85,81
Эффективность обогащения 2-ой стадии E ₁₈₀₀ , %	50,7 (T=47,5)							

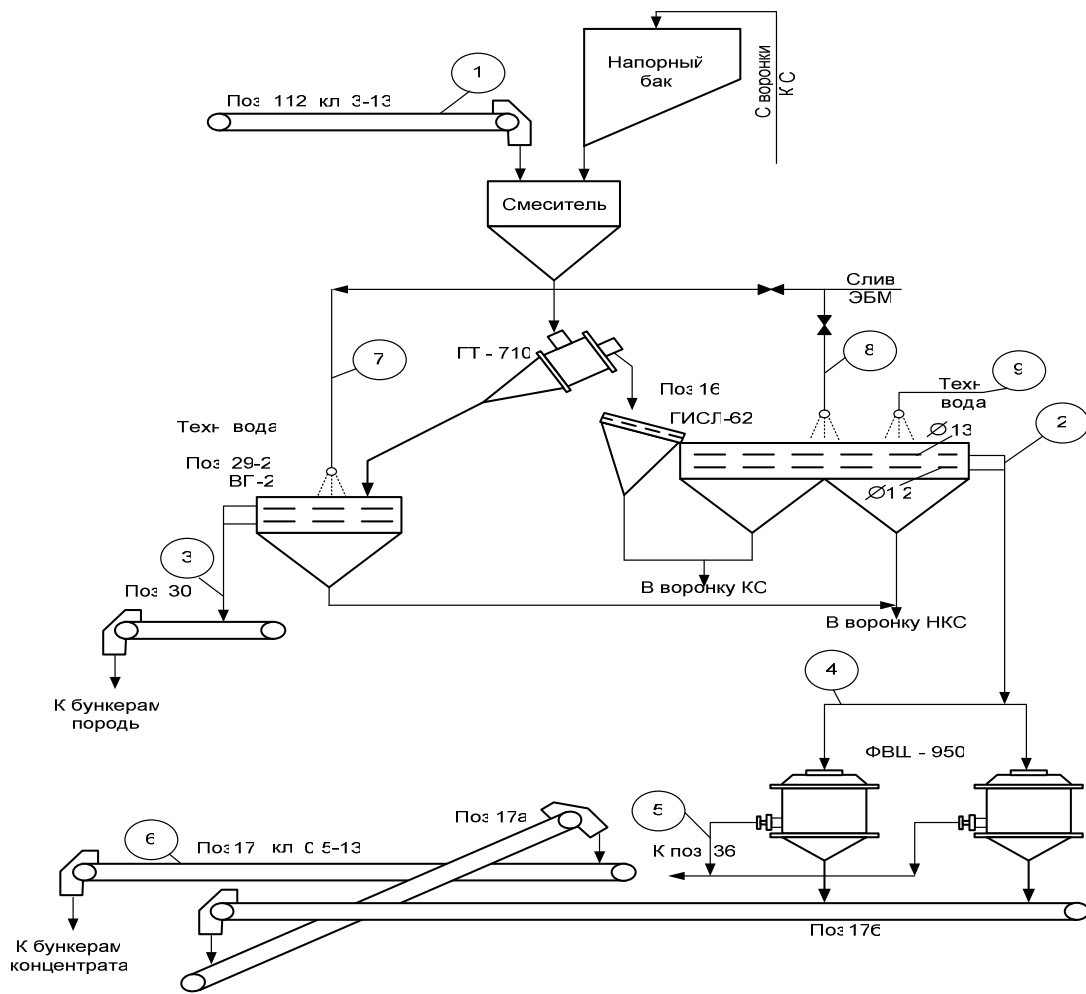


Рис. 3. Принципиальная схема технологического процесса "Обогащение мелкого машинного класса" на ОФ ООО "Донецкое угольное топливо"
 ○ – точки опробования

Мелкий машинный класс крупностью 3-13 мм с ленточного конвейера поз.112 поступает в смеситель, где происходит его смешивание с кондиционной магнетитовой суспензией плотностью 1850 кг/м³, поступающей самотеком из вышерасположенного расходного бака кондиционной магнетитовой суспензии. Полученная смесь самотеком под гидростатическим давлением поступает в питающий патрубок тяжелосреднего гидроциклона ГТ-710 поз.16а, где под действием центробежного поля сил в магнетитовой суспензии происходит разделение мелкого машинного класса по плотности на сливной продукт, представляющий собой мелкий концентрат, и сгущенный продукт, представляющий собой мелкую породу.

Мелкий концентрат тяжелосреднего гидроциклона через сливную насадку направляется самотеком на отмывку магнетита и обезвоживания на инерционный грохот ГИСЛ-62 поз.16. Грохот ГИСЛ-62 поз.16 оснащен одним ярусом шпальтовых сит с размером щели 1,2 мм. Надситный продукт грохота ГИСЛ-62 поз.16 крупностью кл.1,2-13 мм поступает на окончательное обезвоживание на

Гравітаційна сепарація

центрифуги ФВШ-950 поз.1, 2, осадок которых системой ленточных конвейеров поз. 17б, 17а, 17, 19, 1, 27 передается в бункера мелкого концентрата, а фугат поступает в сборник вторичных шламов поз.36.

Мелкая порода тяжелосреднего гидроциклона через насадок сгущенного продукта направляется самотеком на отмывку магнетита и обезвоживание на инерционный грохот ВП-2 поз 29(2). Грохот ВП-2 поз.29(2) оснащен двумя ярусами сит с размерами отверстий соответственно 13 и 1,0 мм. Надситный и межситный продукты грохота ВП-2 поз.29(2) представляют собой мелкие отходы и поступают на породный ленточный конвейер поз.30 и далее в породный бункер поз. 31 емкостью 150 т. С данного бункера общая порода системой ленточных конвейеров поз.32, 32а, 32б, 32в перегружается в бункер отходов емкостью 80 т для дальнейшей погрузки в автомобили КРАЗ и вывода на породный отвал.

Кондиционная магнетитовая суспензия из под первой половины грохотов ГИСЛ-62 поз.16 поступает в бак кондиционной суспензии поз.33, откуда насосами ШН-250 поз.34(3, 4) перекачивается в расходный бак кондиционной магнетитовой суспензии. Избыток магнетитовой суспензии переливом из расходного бака возвращается в сборник кондиционной суспензии.

Таблица 4

Результаты работы тяжелосреднего обогащения в ГТ-710

Плотность фракций, т/м ³	Продукты							
	Исходный		Концентрат			Отходы		
	Выход, %	Зола, %	Выход, %		Зола, %	Выход, %		Зола, %
			к продукту	к исходному		к продукту	к исходному	
-1,5	63,13	4,9	89,80	62,75	4,81	1,25	0,38	19,91
1,5-1,8	4,48	28,79	4,69	3,28	15,17	4,00	1,20	65,82
+1,8	28,73	81,78	3,59	2,51	75,71	87,05	26,22	82,38
Итого	96,34	28,94	98,08	68,54	7,90	92,30	27,80	80,82
Класс 0-1 мм	3,66	25,10	1,92	1,34	23,69	7,70	2,32	25,91
Всего	100,0	28,80	100,0	69,88	8,20	100,0	30,12	76,6
Эффективность обогащения, E ₁₈₀₀ , %	85,9 (T=6,3)							

Некондиционная магнетитовая суспензия из-под второй половины грохота ГИСЛ-62 поз. 16 и грохота ВП-2 поз.29(2) поступает в бак некондиционной магнетитовой суспензии поз.51, откуда насосами ШН-250 поз.52(1, 2) перекачивается в загрузку электромагнитных сепараторов ЭБМ-90/250 поз.38(1, 2) первой стадии регенерации.

Магнетит с электромагнитных сепараторов I и II стадий регенерации некондиционной магнетитовой суспензии возвращается в сборник кондиционной суспензии.

Слив ЭБМ-90/250 поз. 38(1, 2) поступает на брызгала грохотов ГИСЛ-62

Гравітаційна сепарація

поз.15 и поз.16, слив ЭБМ-90/250 поз.38(3) – на брызгала грохотов ВП-2 поз. 29(1, 2) для отмыва магнетита от продуктов обогащения.

Для ополаскивания мелкого концентрата на второй половине грохота ГИСЛ-62 поз.16 подается техническая вода.

Хвосты ЭБМ-90/250 поз.38(1, 2) передаются на II стадию регенерации на электромагнитный сепаратор ЭБМ-90/250 поз.38(3), хвосты которых поступают в сборник вторичных шламов поз.36.

Из табл. 4 следует, что эффективность обогащения составляет 85,9% при зольности концентрата 8,2% и зольности отходов 76,6%. Потери магнетита составляют 1 кг/т.

Таким образом, технология тяжелосреднего обогащения в гидроциклонах, применяемая в Украине, позволяет перерабатывать как углесодержащие материалы с получением энергетического концентрата, так и коксовые угли с получением коксового концентрата кондиционной зольности. При этом обогащение мелкого машинного класса осуществляется в две стадии (с выделением трех продуктов: концентрата, промпродукта и отходов) и в одну стадию (с выделением двух продуктов: концентрата и отходов). С точки зрения показателей обогащения отечественные технологии не уступают зарубежным.

Список литературы

1. ТР 10.1-00185755-13:2010 "Технологический регламент обогатительной установки (ОУ) ООО "САВ-Пласт". – Луганск: ГП "Укрнииуглеобогащение", 2010. – 187 с.
2. ТР 10.1-00185755-20:2011 Технологический регламент филиала "Обогатительная фабрика "Свято-Варваринская" ПрАО "ДМЗ". – Луганск: ГП "Укрнииуглеобогащение", 2011. – 181 с.
3. Технологический регламент ОФ ООО "ПК "Донецкое угольное топливо" – Луганск: ГП "Укрнииуглеобогащение", 2000. – 203 с.

© Полулях А.Д., Гуртовая Г.Е., Полулях О.В., Сокур А.К., 2011

*Надійшла до редколегії 12.10.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловім*