

**А.Д. ПОЛУЛЯХ**, д-р техн. наук,

**Д.А. ПОЛУЛЯХ**, канд. техн. наук

(Україна, Днепропетровск, Национальний горний університет)

## **ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ НА ФИЛЬТР-ПРЕССАХ**

Современные экологические аспекты обогащения полезных ископаемых определяют необходимость перевода углеобогащительных фабрик на работу с замкнутым водошламовым комплексом, т.е. без илонакопителей с обезвоживанием жидких отходов до транспортабельного (автотранспорт) состояния и складирования их совместно с отходами гравитации в породных отвалах.

По мнению отечественных и зарубежных специалистов решение этой проблемы связано с применением технологии фильтр-прессового обезвоживания тонкозернистых илосодержащих материалов, к которым относятся флотоотходы углеобогащительных фабрик [1, 2].

Обезвоживание флотоотходов с применением фильтр-прессов в сравнении с другими методами, применяемыми для этих целей, позволяет обрабатывать трудно-разделяемые илосодержащие суспензии и гарантирует получение качественных двух продуктов обезвоживания транспортабельного осадка и фильтрата, являющегося технической водой.

В сравнении с фильтрами других конструкций фильтр-прессы отличаются значительной поверхностью фильтрования и возможностью применения высокого перепада давления до 1,6 МПа. Кроме того, работа фильтр-прессов практически не зависит от степени минерализации и ионной характеристики жидкой фазы фильтруемой суспензии.

Впервые фильтр-пресса для обезвоживания отходов флотации были применены в Великобритании [3]. В 1962 г. в отрасли работали 122 флотационные установки, на которых эксплуатировались 342 крупнометражных камерных фильтр-пресса с поверхностью фильтрования 200-300 м<sup>2</sup>. В дальнейшем количество фильтр-прессов на углеобогащительных фабриках непрерывно увеличивалось, благодаря чему проблема обезвоживания отходов флотации в стране была решена.

По этому пути идут Германия, Франция, Бельгия, США, Польша и другие страны.

На Украине первая установка камерных фильтр-прессов была введена в эксплуатацию в 1978 г. на ЦОФ "Кальмиусская" (в настоящее время данная фабрика не существует).

С вводом в эксплуатацию фильтр-прессового оборудования обработка отходов флотации осуществляется по следующей технологии.

После флотационных машин отходы флотации с содержанием твердого 35-50 кг/м<sup>3</sup> поступают на сгущение в цилиндрикоконические или радиальные сгустители. На входе в сгустители подается рабочий раствор флокулянта. Освет-

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

ленный слив сгустителей направляется в систему оборотного водоснабжения фабрики в качестве технической воды. Сгущенный продукт сгустителей с содержанием твердого  $400-600 \text{ кг/м}^3$  поступает в зумпф, откуда насосом подается на фильтр-пресса для обезвоживания. Обезвоженный осадок фильтр-прессов системой ленточных конвейеров транспортируется в бункер отходов, откуда самостоятельно или вместе с гравитационными отходами автотранспортом вывозится на породный отвал для складирования. Фильтрат представляет собой техническую воду и поступает на нужды фильтровального отделения фабрики и, частично, в систему ее оборотного водоснабжения.

В Украине обезвоживание отходов флотации с помощью фильтр-прессовых установок, осуществляется на ЦОФ "Киевская", ЦОФ "Чумаковская", УПЦІ АКХЗ, ЦОФ "Калининская", ОФ "Свято-Варваринская".

Гранулометрический состав флотоотходов рассматриваемых фабрик приведен в табл. 1, из которой следует, что средний диаметр частиц исходного материала, подаваемого на камерные фильтр-прессы, составляет от 0,033 до 0,062 мм, на ленточные – от 0,116 до 0,186 мм. Следовательно, камерные фильтр-прессы обрабатывают материал в 3-3,5 раза мельче, чем ленточные, что необходимо учитывать при выборе оборудования для обезвоживания жидких отходов углеобогащения.

Характеристика фильтр-прессовых отделений и показатели их работы приведены в табл. 2 (данные взяты из результатов опробования технологических схем, указанных фабрик), а техническая характеристика фильтр-прессов в табл. 3 и 4.

Из табл. 2 следует, что влажность осадка на ленточных фильтр-прессах составляет 29-40%, на камерных – 13-30%, т.е. в 2,23-1,33 раза меньше. При этом содержание твердого в фильтрате камерных фильтр-прессов менее  $5 \text{ кг/м}^3$ , что позволяет использовать его в качестве технической воды.

*Таблица 1*

Гранулометрический состав флотоотходов

Фабрика	Класс, мм							
	+ 1		0,5-1		0,25-0,5		0,125-0,25	
	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %
ЦОФ "Кальмиуская"			0,8	19,8	1,7	22,6	2,1	35,8
ЦОФ "Киевская"								
ЦОФ "Чумаковская"			1,8	17,3	3,2	23,6	2,0	40,6
УПЦІ АКХЗ					1,7	12,66	3,7	15,58
ЦОФ "Калининская"	1,8	18,6	2,1	28,8	6,2	50,0	9,1	61,5
ОФ "Свято-Варваринская"	2,5	54,0	6,59	56,3	15,44	60,6	8,51	46,8

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

*Продолжение табл. 1*

Фабрика	Класс, мм						Средний диаметр, мм
	0,063-0,125		-0,063		Итого		
	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	Выход $\gamma$ , %	Зольность $A^d$ , %	
ЦОФ "Кальмиуская"	3,8	59,7	91,6	71,1	100,0	68,7	0,049
ЦОФ "Киевская"	1,68	15,2	98,32	76,02	100,0	75,0	0,033
ЦОФ "Чумаковская"	4,4	63,9	88,6	82,1	100,0	77,4	0,062
УПЦІ АКХЗ	5,2	36,99	89,4	74,93	100,0	69,7	0,047
ЦОФ "Калининская"	12,2	69,9	68,6	77,5	100,0	71,5	0,116
ОФ "Свято-Варваринская"	6,46	48,4	60,5	59,8	100,0	57,7	0,186

Содержание твердого в фильтрате ленточных фильтр-прессов составляет 18-50 кг/м<sup>3</sup>, что не позволяет его использовать в качестве технической воды.

Таким образом, с технологической точки зрения применение камерных фильтр-прессов для обработки отходов флотации более целесообразно в сравнении с ленточными.

Из табл. 3 и 4 следует, что максимальное давление фильтрования на камерных и ленточных фильтр-прессах составляет соответственно 1,6 и 0,6 МПа, причем если в камерных фильтр-прессах максимальное давление действует по всей площади фильтрования, то в ленточном только по условной линии соприкосновения прижимных барабанов.

Лучшие показатели влажности осадка на камерных фильтр-прессах объясняются тем, что его давление при обезвоживании более чем в 2,5 раза больше, чем на ленточных, а низкое содержание твердого в фильтрате возможностью применения фильтровальной сетки с более мелкой ячейкой. Следует отметить, что осадок камерных фильтр-прессов может вывозиться автотранспортом отдельно от отходов гравитации, ленточных – только совместно с породой гравитации. Кроме того, осадок камерных фильтр-прессов может реализоваться для других целей без последующей обработки, ленточных – при дополнительном обезвоживании, т.е. сушке в естественных или искусственных условиях.

Строительство и эксплуатация фильтр-прессовых установок дорогостоящее мероприятие. По данным ГП "Укрниуглеобогащение" строительство фильтр-прессового отделения на базе камерных фильтр-прессов (типа установок на ЦОФ "Киевская" или ЦОФ "Чумаковская") в ценах 2010 г. составляет не менее 55,6 млн грн при стоимости 1 камерного фильтр-пресса площадью фильтрования 600 м<sup>2</sup> 6 млн грн отечественного производства и 10 млн грн для иностранного, на базе ленточных – не менее 15-20 млн грн при стоимости одного ленточного фильтр-пресса, площадью фильтрования 30 м<sup>2</sup>, 2 млн грн для отечественного производства и 4 млн грн для иностранного. Ориентировочные затраты на строительство нового илонакопителя 135,3 млн грн.

## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 2

Общие характеристики фильтр-прессовых отделений ОФ Украины

Наименование фабрики	Фильтр-пресс (количество)	Сгуститель (количество)	Флокулянты (расход)	Основные показатели $Q_n$ – производительность одного фильтр-пресса; $C_{исх.}$ – содержание твердого в питании; $W_{ос}$ – влажность осадка; $C_\phi$ – содержание твердого в фильтрате
ЦОФ "Кальмиусская"	Камерный PF-POW-1/576 (4 шт.)	С-10 (3 шт.)	ПАА (70-150 г/т)	$Q_n = 4-7$ т/ч; $C_{исх.} = 400-600$ кг/м <sup>3</sup> ; $W_{ос} = 24-26\%$ ; $C_\phi = \text{до } 5$ кг/м <sup>3</sup>
ЦОФ "Киевская"*	Камерный PF-POW-1/576 (5 шт.)	С-10 (2 шт.)	Флопан-93Э (80-120 г/т)	$Q_n = \text{до } 10$ т/ч; $C_{исх.} = 400-500$ кг/м <sup>3</sup> ; $W_{ос} = 23-30\%$ ; $C_\phi = \text{до } 3$ кг/м <sup>3</sup>
ЦОФ "Чумаковская"	Камерный PF-POW-1/576 (5 шт.)	С-10 (4 шт.)	Магнофлок-156 (80-90 г/т)	$Q_n = \text{до } 10$ т/ч; $C_{исх.} = 350-450$ кг/м <sup>3</sup> ; $W_{ос} = 22-26\%$ ; $C_\phi = \text{до } 3$ кг/м <sup>3</sup>
УПЦ1 АКХЗ	Камерный фирмы "Rittershaus Siblecher" (4 шт.)	П-30 (2 шт.) С-10 (3 шт.)	Магнофлок-156 (30-40 г/т) Магнофлок-525 (25-60 г/т) Магнофлок-1597 (12-30 г/т) Магнофлок-5250 (10-20 г/т)	$Q_n = \text{до } 10$ т/ч; $C_{исх.} = 400-600$ кг/м <sup>3</sup> ; $W_{ос} = 13-25\%$ ; $C_\phi = \text{до } 9$ кг/м <sup>3</sup>
ЦОФ "Калининская"	Ленточный "Парнаби" (1 шт.)	П-30 (1 шт.)	Анионный (Суперфлок-130, до 250 г/т) Катионный (ПАКС, 200-700 г/т)	$Q_n = \text{до } 15$ т/ч; $C_{исх.} = 250-350$ кг/м <sup>3</sup> ; $W_{ос} = 29-33\%$ ; $C_\phi = 30-50$ кг/м <sup>3</sup>
ОФ "Свято-Варваринская"	Ленточный "Phoenix" (8 шт.)	П-30 (2 шт.)	Анионный (Магнофлок-156 380-420 г/т) Катионный (Магнофлок-1597 40-80 г/т)	$Q_n = \text{до } 13,5$ т/ч; $C_{исх.} = 410-430$ кг/м <sup>3</sup> $W_{ос} = 30-40\%$ ; $C_\phi = 18-35$ кг/м <sup>3</sup>

\* – в настоящее время осуществляется замена польских фильтр-прессов PF-POW-1/570 на отечественные ФКМ-600 производства ОАО "Бердичевский машиностроительный завод "Прогресс".

## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 3

Техническая характеристика камерных фильтр-прессов						
Параметры	Тип					
	ФОМ-600	PF-POW-1/576	ФКМ-600	PF-POW-1/570	Фирма "Rittershaus Siblecher"	ZMF
Производительность, т/ч	5-9	4-7	5-10	5-10	12,5	6-10
Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	600	576	600	570	1040	602
Число плит, шт.	116	151	127	151	194	86
Размер плит, мм	1500×2000	1500×1500	1500×1500	1500×1500	1500×2000	
Давление фильтрования, МПа	1,0	1,0	1,6	1,0	1,4	1,4
Давление зажима плит, МПа	10,0	250 т	10	250 т	60-70	60-70
Мощность электродвигателей	13,2	12,2	13,2	12,2	8,25	12,2
Число циклонов, ц/сутки	12-16	12-18	14-18	12-18	16-17	16-18
Габаритные размеры, мм						
длина	14000	14965	18360	14265	19850	13500
ширина	3000	1675	3290	1675	2550	3600
высота	2910	2710	4400	2710	4230	4300
Масса, т	58,7	127	86	127	104	172
Изготовитель, страна	Россия	Польша	Украина	Польша	Германия	Япония

Таблиця 4

Техническая характеристика ленточных фильтр-прессов								
Параметры	Тип							
	МНН-10	МНН15	ЛНН16	МН20	CPF-2200	"Phoenix" WGХ-3,0	EM-35007	"Парнаби"
Производительность, т/ч	3,2-6,4	4,8-9,6	5,2-10,8	до 20	15-17	до15	28-35	до35
Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	10	15	16	20		15	35	30
Число фильтрующих лент, шт.	2	2	2	2	2	2	2	2
Ширина ленты, мм	1500	1500	2000	2500	2000	3000	3500	3000
Давление фильтрования, МПа	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6	0,25-0,6
Мощность электродвигателей,	3,0	4,2	8,0	8,5	15	5,5	22	11
Габаритные размеры, мм								
длина	5900	5650	5040	6500	7300		8200	11000
ширина	2945	3150	2570	4400	3700		5300	3500
высота	2265	3310	2985	3360	3200		3700	3100
Масса, т	5,6	10,4	6,5	17,9	20	12,3	42	20
Изготовитель, страна	Украина	Украина	Украина	Украина	Австрия-фирма Андриц	США	Австрия-фирма Андриц	Англия фирма Парнаби

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

Эксплуатационные расходы на обработку 1 т флотоотходов с помощью камерных фильтр-прессов составляют 37-52 тыс. грн (по данным ЦОФ "Чумаковская" и ЦОФ "Киевская") на ленточных они естественно ниже. Выбор типа фильтр-прессов необходимо осуществлять на основании технико-экономического обоснования (ТЭО), которое должно учитывать возможность реализации осадка в товарном виде без дополнительной естественной или искусственной сушки, а также дисперсность твердого в исходной суспензии.

Таким образом, для обезвоживания и утилизации отходов флотации углеобогажительных фабрик наиболее целесообразно применение камерных фильтр-прессов, обеспечивающих получение качественных двух конечных продуктов: осадка с влажностью, позволяющей транспортировать его автотранспортом, и фильтрат, используемый в качестве технической воды. Капитальные и эксплуатационные затраты камерных фильтр-прессов, соответственно, в 2-3 и 3-4 раза выше ленточных. Окончательный выбор типа фильтр-прессов необходимо осуществлять на основании ТЭО.

### **Список литературы**

1. Прогрессивные технологии обогащения – основа эксплуатационной надежности и эффективности угольного производства / А.П. Стариков, Н.И. Канев, Л.В. Байсаров и др. // Уголь. – 2010. – № 10. – С. 52-55.

2. Пейчев И.Д., Гарин Ю.М., Пархоменко А.В. Пути совершенствования техники и технологии замыкания водно-шламовых систем углеобогажительных фабрик // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 44(85). – С. 124-127.

3. Маширов Б.С., Гаинцева Р.А., Кондратенко А.Ф. Фильтр-прессы для обработки отходов флотации на обогажительных фабриках: Экспресс-информация ПНР. – М.: ЦНИЭИ-уголь, 1978. – 28 с.

4. Опыт освоения фильтр-прессов на ЦОФ "Кальмиусская": Экспресс-информация / Ю.Н. Бочков, Р.А. Гаинцева, Б.Г. Засновский и др. – М.: ЦНИЭИуголь, 1981. – 23 с.

© Полулях А.Д., Полулях Д.А., 2011

*Надійшла до редколегії 12.11.2011 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*