

**А.В. ФЕДОРОВ,**

**С.А. ГОНЧАРОВ,** канд. техн. наук

(Украина, Павлоград, ЦОФ «Павлоградская» ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь»),

**А.А. ШКОП,** канд. техн. наук,

**А.В. БЕЛИЧЕНКО**

(Украина, Харьков, ООО НТЦ «Экомаш»),

**Н.Г. ПОНОМАРЕВА,**

(Украина, Харьков, Национальный технический университет «ХПИ»)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЗЕРНИСТЫХ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ**

*Общие сведения.* Вмещающими породами углей Западного Донбасса в основном являются аргиллиты и алевролиты. При мокром обогащении глинистая составляющая породы размокает, насыщая оборотную воду илстыми частицами, что приводит к образованию значительного количества жидких отходов. Данный факт накладывает дополнительные требования по эффективному обезвоживанию отходов и продуктов обогащения, а также ведет к поиску нестандартных решений для уменьшения времени присутствия мелких глинистых продуктов в водно-шламовой схеме обогатительной фабрики.



Рис. 1. Внешний вид барабанного сита Ecomash 1308 и осадительной центрифуги Ecomash SHS 751A-113 на площадке ЦОФ «Павлоградская»

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

Для решения данной проблемы на ЦОФ «Павлоградская» были использованы модульные системы (Модуль) на базе осадительной центрифуги типа Ecomash SHS 750 и барабанного сита Ecomash 1308 в технологической цепочке обезвоживания жидких отходов спиральных сепараторов перед процессом осветления оборотной воды в радиальных сгустителях.

Внедрение Модулей на ЦОФ «Павлоградская» частично разгрузило водно-шламовую схему фабрики по твердому веществу, что позволило улучшить процесс осветления оборотной воды в радиальных сгустителях, увеличить удельную нагрузку на фабрику, а так же уменьшить расход флокулянтов.

*Краткое описание оборудования Модуля.*

Схема работы барабанного сита Ecomash 1308 представлена на рис. 2.

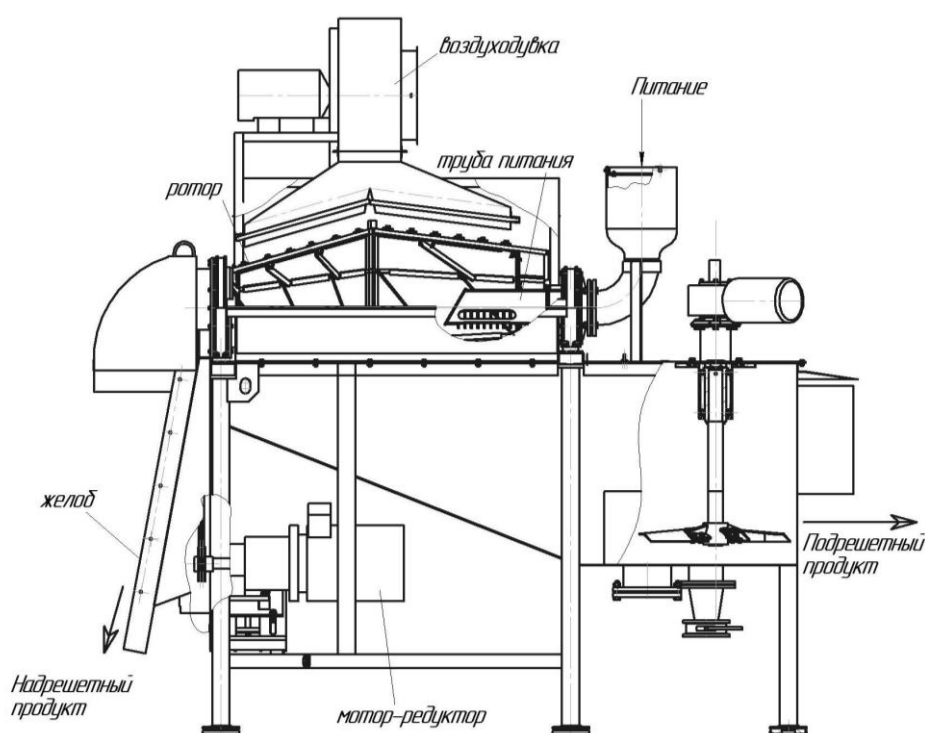


Рис. 2. Сито барабанное Ecomash 1308

Основным узлом барабанного сита является саморазгружающийся бико-нический ротор с просеивающей секционной поверхностью, установленной снаружи ротора для обеспечения оперативного ремонта. Внутри ротора установлены лопасти, образующие винтовые спирали.

Питание барабанного сита – суспензия глинистых отходов спиральных сепараторов поступает внутрь ротора на просеивающую поверхность, на которой в процессе фильтрования образуется надрешетный продукт. Надрешетный продукт при вращении ротора перемещается по лопастям винтовой спирали и выгружается на желоб (рис. 3). Подрешетный продукт поступает на обезвоживание в осадительную центрифугу Ecomash SHS 751A-113.



Рис. 3. Выгрузка надрешетного продукта барабанного сита

Во вращение ротор приводится планетарным мотор-редуктором.

Регенерация просеивающей поверхности ротора обеспечивается продувкой воздухом от штатного вентилятора.

Производительность барабанного сита Ecomash 1308 по влажному надрешетному продукту до 5 т/час при общей нагрузке до 25 т/час.

Баланс производительности барабанного сита и влажности надрешетного продукта обеспечивается подбором размера ячейки и «живого сечения» просеивающей поверхности ротора при отладке технологии.

При согласовании производительности барабанного сита по надрешетному продукту с фактической производственной нагрузкой на фабрике допустима последовательная установка нескольких барабанных сит, отличающихся по размеру ячейки и «живого сечения» просеивающей поверхности. При этом в состав барабанного сита вместо мешалки устанавливается полупогружной гидродинамический насос с керамической защитой проточной части, что обеспечивает компактное расположение оборудования Модуля на площадке (рис. 4).

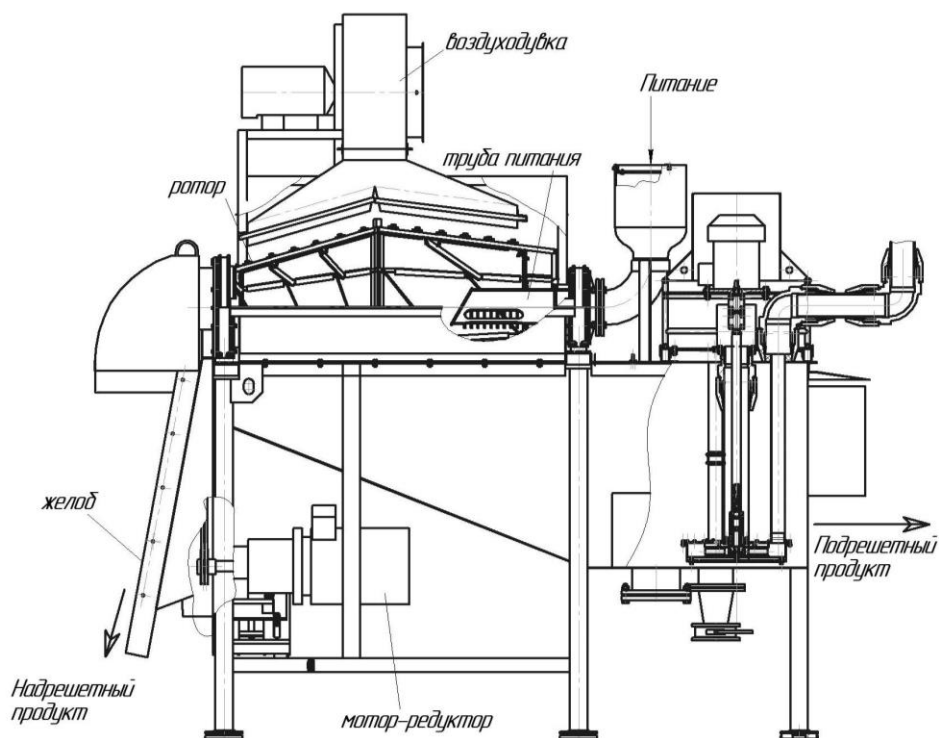


Рис. 4. Сито барабанное Ecomash 1308 с полупогружным насосом

Подробно технические характеристики барабанного сита Ecomash 1308 представлены в табл. 1.

Таблица. 1

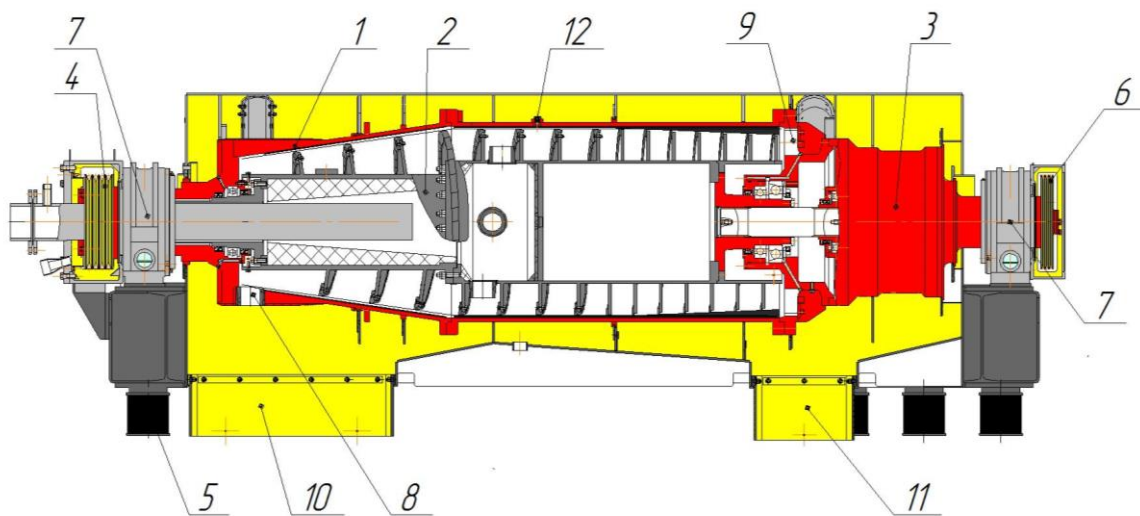
Технические характеристики барабанного сита Ecomash 1308

№ п/п	Параметры	Показатели
1	Объемная производительность по пульпе плотностью до 1,09 г/см <sup>3</sup> при «живом сечении» просеивающей поверхности $\approx 50\%$ , $Q_{п}$ , м <sup>3</sup> /час, не менее	120
2	Производительность по надрешетному продукту, т/час, т/ах	5
3	Частоты вращения ротора классифицирующего, об/мин	15, 30
4	Регулировка частоты вращения ротора	ступенчатая
5	Размер ячейки просеивающей поверхности ротора, т/ах, мм	1,6x1,6
6	Объем ротора классифицирующего, м <sup>3</sup>	0,24
7	Масса емкости классифицирующей, не более, кг	1700
8	Установленная мощность, кВт	7
9	Мощность электродвигателя вентилятора, кВт	4
10	Габаритные размеры барабанного сита, не более, мм	
	– длина	3400
	– ширина	1220
	– высота	3450

Схема осадительной центрифуги типа Ecomash SHS 750 представлена на рис. 5.

При работе центрифуги Ecomash SHS 750 суспензия углесодержащих продуктов с размерами твердых частиц до 2 мм поступает по трубе питания в разгонную камеру шнека и далее в ротор, в котором происходит осаждение твердых частиц на внутреннюю поверхность ротора. Шнек транспортирует осадок к выгрузочным окнам поз. 8, осветленная жидкость – фугат изливается по трубкам поз. 9, которые настроены на определенную глубину ванны ротора.

Производительность по твердому в питании центрифуги типа Ecomash SHS 750 составляет до 22 т/час и обеспечивается прежде всего осадительной способностью ротора, развивающего центробежное поле до Fr 1000 (в отличие от аналогов, создающих центробежное поле до Fr 500), и конструкцией конической части ротора, через которую осуществляется выгрузка обезвоженного продукта.



1-Ротор, 2-Шнек, 3-Редуктор, 4-Шкив ротора,  
5-Амортизатор, 6-Шкив шнека, 7-Опоры ротора,  
8-Выгрузочные окна осадка, 9-Трубки удаления фугата,  
10-Шахта выгрузки осадка, 11-Шахта выгрузки  
фугата, 12- Пробка сливная

Рис. 5. Осадительная центрифуга Ecomash SHS 750

Основным узлом осадительной центрифуги является ротор, в котором коаксиально расположен шнек. Проточная часть ротора и перо шнека защищены керамическими пластинами от абразивного износа. В состав ротора включен двухступенчатый планетарный редуктор, расположенный между коренными опорами ротора в едином корпусе для обеспечения безопасности эксплуатации центрифуги; гарантированного съема тепловыделений редуктора путем обмыва корпуса редуктора фугатом.

В настоящее время для увеличения выхода мелкодисперсных фракций твердого в осадок до 20% при безреагентном обезвоживании отходов выпускаются осадительные центрифуги с цилиндробиконическим профилем ротора, что обозначается следующим образом:

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

– центрифуги Ecomash SHS 751 мають циліндробіконічний профіль ротора;

– центрифуги Ecomash SHS 759 мають класичний циліндроконічний профіль ротора.

На схемах рис. 6 показані обидва профілі ротора осадительної центрифуги.

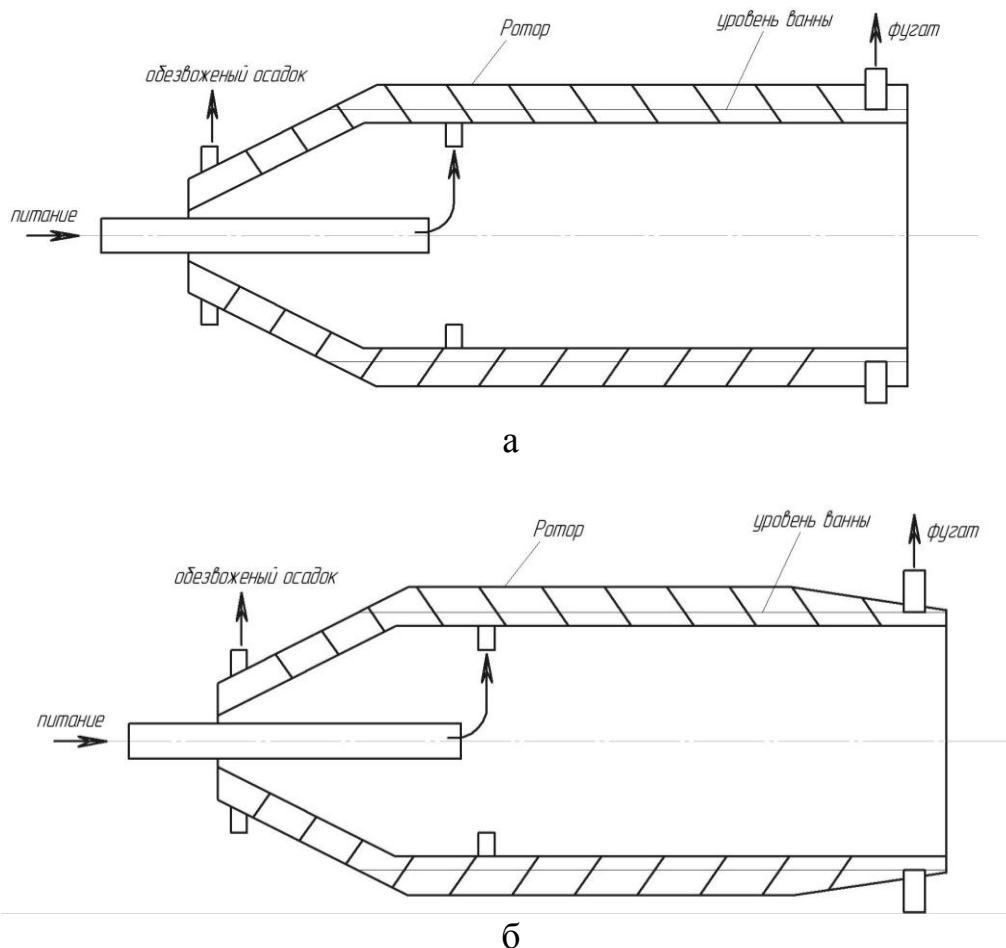


Рис. 6. Схемы роторов осадительных центрифуг:

- а – осадительная центрифуга с циліндроконічним профілем ротора;  
б – осадительная центрифуга с циліндробіконічним профілем ротора

В суспензии, поступающей в ротор, по мере движения ее к фугатным трубкам, происходит осаждение частиц, при этом концентрация твердого также снижается и определяется мелкодисперсными классами. Время осаждения частиц от уровня ванны ротора до поверхности ротора в цилиндрической части циліндроконічного ротора остается постоянным по всей длине до фугатных трубок, в то время как в циліндробіконічном роторе за счет конической части осадителя ротора время осаждения частиц уменьшается, что объясняет увеличение выхода мелкодисперсных частиц твердого в осадок.

Подробно технические характеристики центрифуг Ecomash SHS 750 представлены в табл. 2.

## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 2

Технические характеристики центрифуги типа Ecomash SHS 750

№ п/п	Параметры	Показатели
1	Частота вращения ротора, $n_r$ , об/мин	1700
2	Эксплуатационный диапазон частот вращения ротора, $n_r$ , об/мин	1200...1560
	Регулировка частоты вращения ротора	Плавная, производится с помощью частотного преобразователя
3	Эксплуатационный диапазон фактора разделения, $Fr$	600...1014
4	Эксплуатационный диапазон относительных частот вращения шнека, об/мин: – при $n_p=1200$ об/мин – при $n_p=1560$ об/мин	21,9...26,2 27,2...31,5
	Регулировка относительной частоты вращения шнека	Плавная, производится с помощью частотного преобразователя
5	Внутренний максимальный диаметр ротора, мм	750
7	Объемная производительность по пульпе с плотностью $\sim 1,08$ г/см <sup>3</sup> , $Q_{II}$ , м <sup>3</sup> /час, не менее	100
8	Производительность по твердому в питании, $T_n$ , т/ч, $\max$ , $T_n = Q_{II} \cdot C_{II}$ где $C_{II}$ – содержание твердого в объеме [кг/м <sup>3</sup> ]	22
9	Габаритные размеры установки центрифугальной, не более, мм – длина – ширина – высота – высота с поднятой крышкой кожуха	4060 2250 1400 2050
10	Масса установки центрифугальной, не более, кг	10500
11	Вертикальная статическая нагрузка на строительные конструкции, не более, $H$	102900
12	Вертикальная динамическая нагрузка на строительные конструкции, не более, $H$	175
13	Установленная мощность, кВт	172
14	Энергоснабжение	переменный ток 380 В, 50 Гц ГОСТ 13109-97
15	Климатическое исполнение	УХЛ4 ( $t_e = +4 \dots +35^\circ\text{C}$ ) ГОСТ 15150-89
16	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	до 95 (до 105 по ГОСТ 12.105 и ГОСТ 12.1.003)

Применяются следующие условные обозначения:

$Fr$  – фактор разделения центрифуги;

$C_n$  – содержание твердого в питании, г/л;

## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$A_n^d$  – зольність питання, %;

$A_o^d$  – зольність осадка, %;

$W_o$  – воложність осадка, %;

$C_\phi$  – вміст твердого в фугаті, г/л;

$A_\phi^d$  – зольність фугати, %;

$T_n$  – продуктивність по твердому речовині в питанні, т/ч;

$T_w$  – продуктивність по воложному осадку, т/ч.

Результати випробувань і експлуатації осадительних центрифуг при обезвоживанні різних углесодержащих продуктів приведені нижче.

1. Для обезвоживання відходів спіральних сепараторів побудована технологічна ланка: грохот ГВЧ і Модуль. Перед Модулем додатково подається тонкодисперсна навантаження – фугат осадительно-фільтруючих центрифуг, задіяної при обезвоживанні концентрату спіральних сепараторів.

Показатели процесу обезвоживання Модулями суміші відходів спіральних сепараторів і фугати осадительно-фільтруючих центрифуг приведені в табл. 3 і в якісно-кількісній схемі роботи Модуля на рис. 7.

Таблиця 3

Період	Питання		Осадок		Фугат	
	$C_n$ , г/л	$A_n^d$ , %	$A_o^d$ , %	$W_o$ , %	$C_\phi$ , г/л	$A_\phi^d$ , %
2018 г.	109	77,1	76,1	25,4	41	74,5
2019 г.	111	78,6	79,3	24,9	46	75,3

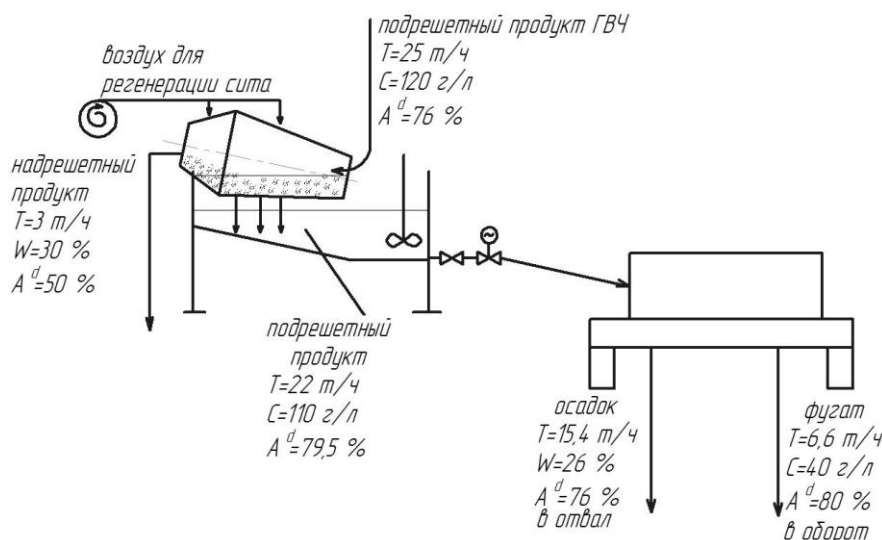


Рис. 7. Квалітивно-кількісна схема роботи Модуля

### 2. Обезвоживание концентрата спиральных сепараторов

При подачі концентрату спіральних сепараторів на обезвоживання в Модуль з осадительною центрифугою, маючою циліндроконічний профіль ротора, були отримані результати, представлені в таблиці 4.



Результати обезвоживання концентрата спиральних сепараторов

№ п/п	Питание				Фугат			Осадок		
	$Q_n$ , м <sup>3</sup> /час	$C_n$ , г/л	$T_n$ , т/час	$A_{np}^d$ , %	$C_f$ , г/л	$A_f^d$ , %	$Q_f$ , м <sup>3</sup> /час	$W_o$ , %	$A_o^d$ , %	$T_w$ , т/час
1	13	250	3,25	47,8	74	69,3	12,4	24,7	42,9	3,0
2	15	272	4,1	48,5	78	69,6	14,4	25,3	40,4	3,8
3	12	164	2,0	51,1	52	73,2	10,8	24,9	42	1,8
4	10	224	2,24	55	64	74,2	8,7	24,3	47,3	2,1

При подаче концентрата спиральних сепараторов на обезвоживание в центрифугу Ecomash SHS 751 с цилиндробиконическим профилем ротора влажность обезвоженного осадка достигала 28% вследствие конструктивных особенностей профиля ротора.

В итоге проведенных испытаний и 2-х летней эксплуатации Модулей на базе барабанных сит Ecomash 1308 и осадительных центрифуг Ecomash SHS 750 при обезвоживании продуктов углеобогащения спиральних сепараторов угля марки «Г» достигнуты следующие показатели

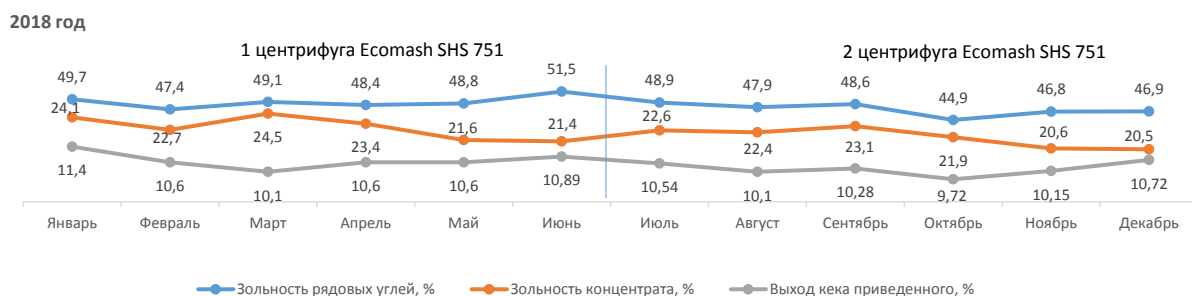
*По влажности обезвоженных осадков:*

- *отходы спиральних сепараторов:* влажность надрешетного продукта барабанного сита Ecomash 1308 – 30±5%;
- влажность обезвоженного осадка центрифуги Ecomash SHS 751 26±2%;
- *концентрат спиральних сепараторов:* влажность надрешетного продукта барабанного сита Ecomash 1308 – 30±5%;
- влажность обезвоженного осадка центрифуги типа Ecomash SHS 759 – 24±1%;

*По ресурсам оборудования:*

- наработка центрифуг Ecomash SHS 751 до капитального ремонта с заменой шнека составила 8200...8500 часов;
- наработка барабанных сит Ecomash 1308 до капитального ремонта с заменой ротора составила 11200...11500 часов с текущим мелким ремонтом. Ресурс просеивающей поверхности роторов барабанных сит Ecomash 1308 составляет ~ 1 год (~7500 час).

Выход обезвоженного осадка Модулей на ЦОФ «Павлоградская» представлен на рис. 8.



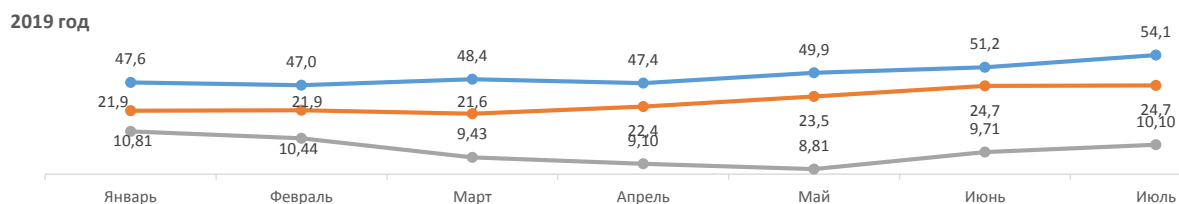


Рис. 8. Графики выхода обезвоженного осадка Модулей за период 2018-2019 гг.

До внедрения Модулей на ЦОФ «Павлоградская» выход общих шламов был равен 11,4% (при зольности рядового угля 46-48%). После внедрения этот показатель снизился в среднем до 9,8% (по результатам работы 2019 г.), несмотря на увеличение зольности рядового угля до 54,1%.

© Федоров А.В., Гончаров С.А., Шкоп А.А.,  
Беличенко А.В., Пономарева Н.Г., 2019

*Надійшла до редколегії 18.11.2019 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.794.252

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13059.73765>

**А.Н. ВОРОНОВ,**

**А.Д. ПОЛУЛЯХ,** д-р техн. наук

(Украина, Днепр, ОП «Укрниииуглеобогащение» ГП «НТЦ «Углеинновация»)

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ОСАДИТЕЛЬНО-ФИЛЬТРУЮЩИХ ЦЕНТРИФУГ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО УГОЛЬНОГО ШЛАМА

*Введение.* В последнее время на углеобогатительных фабриках для удаления избытка влаги из чистых угольных продуктов крупностью 0-2(3) мм находят применение осадительно-фильтрующие центрифуги [1-3].

Широкое использование этих центрифуг в большей степени обусловлено надежностью в работе и способностью получить более низкую влажность осадка по сравнению с гипербарфилтрами и дисковыми вакуум-фильтрами [2].

Применение осадительно-фильтрующих центрифуг предопределять необходимость разработки методики расчета их технологических показателей обезвоживания, которая должна быть использована при расчете качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогатительных фабрик, внедряющих подобное оборудование.

В настоящее время методика подобных расчетов отсутствует.

Отсутствие подобной методики усугубляет вероятность ошибки в оценке