

**Е.Е. ГАРКОВЕНКО**, д-р техн. наук  
(Украина, Донецк, ГП "Укрруглекачество"),

**Е.И. НАЗИМКО**, д-р техн. наук, **А.Н. КОРЧЕВСКИЙ**,

**А.Н. СУРЖЕНКО**, канд. техн. наук

(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет),

**А.Р. КАДЫРОВ**

(Украина, Донецк, Дирекция по производству ОАО "Павлоградуголь")

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИБРАЦИОННОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА**

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* Снижение зольности добытых рядовых углей перед отправкой их потребителям дешевыми гравитационными методами остается актуальной задачей для многих угледобывающих предприятий. Наиболее приемлемым методом для решения поставленного задания является пневматическая сепарация.

*Анализ исследований и публикаций.* В ряде ранних работ [1, 2] содержатся сведения о принципе действия и устройстве различных типов пневматических сепараторов. В работе [3] опубликованы результаты сравнительных испытаний сепараторов различных производителей и было показано, что сепаратор СВП-5,5×1 (Украина) обеспечивает более высокие технологические показатели по сравнению с сепаратором FGX-6 (Китай) в более трудных условиях. При этом при более влажном питании получена эффективность обогащения на 10% выше и вдвое большая селективность разделения угольных и породных фракций. В связи с этим определен интерес представляет исследование влияния различных параметров на показатели разделения в сепараторе СВП-5,5×1 в промышленных условиях. Теоретические исследования взаимодействия частиц в рабочем пространстве сепаратора позволили разработать основные параметры технологического регулирования установки [4].

*Постановка задачи.* Целью данной работы является исследование работы вибрационного пневматического сепаратора СВП-5,5×1 отечественного производства на рядовом угле.

*Изложение материала и результаты.* Модульная установка на базе сепаратора СВП-5,5×1 более года находится в постоянной эксплуатации [5]. Принцип работы и конструкция деки сепаратора позволяют получать качество продуктов обогащения согласно требованиям потребителя. Следует подчеркнуть, что сепаратор верного типа имеет целый ряд параметров настройки, которые могут изменяться оператором в зависимости от свойств поступающего сырья в довольно широких пределах. К таким параметрам могут быть отнесены: расход воздуха, подаваемого под деку сепаратора, продольный и поперечный углы наклона деки, число качаний деки, удельная нагрузка на сепаратор, гранулометрический и фракционный состав питания.

В конце февраля 2011 г. были проведены промышленные эксперименты по  
**Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 45(86)**

## Гравітаційна сепарація

обогащению рядового угля шахты "Павлоградская" при различных параметрах регулирования сепаратора. Гранулометрический и фракционный состав питания модульной установки приведены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Таблица 1

Классы, мм	Без выделения отсева 0-13 мм, %			С отсевом 1/2 класса 0-13 мм, %		
	выход	зольность	суммарный выход свер- ху	выход	зольность	суммарный выход свер- ху
25-50	18,10	50,8	18,10	24,98	50,8	24,98
13-25	26,82	47,6	44,92	37,01	47,6	61,99
6-13	17,70	41,2	62,62	12,22	41,2	74,21
3-6	9,84	47,8	72,46	6,79	47,8	81
1-3	15,74	49	88,20	10,86	49	91,86
0-1	11,80	56,9	100	8,14	56,9	100
Всего	100	48,38		100	48,5	

Из данных табл. 1 видно, что количество мелочи -10 мм в питании сепаратора без выделения отсева высокое и составляет 55%. При выделении части мелочи из питания относительное количество крупных классов увеличилось с 45 до 62%. В составе отсева содержится примерно половина класса 0-3 мм. Из этого материала около порядка 50% легких угольных фракций с зольностью до 8%, около 0,5% сростков, порода имеет зольность 84%. Фракционный состав отсева показывает примерно равные количества легких и тяжелой фракций с небольшим количеством сростков.

Таблица 2

Класс, мм	Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Выход, %		Зольность, %
		к классу	к продукту	
25-50	-1500	46,19	11,54	7,8
	1500-1800	1,27	0,32	39,9
	+1800	52,54	13,12	88,9
Итого		100	24,98	50,8
13-25	-1500	50,29	18,61	6,2
	1500-1800	0,88	0,33	39,5
	+1800	48,83	18,07	88,7
Итого		100	37,01	46,8
6-13	-1500	56,48	6,9	6,1
	1500-1800	0,93	0,11	44,1
	+1800	42,59	5,21	87,6
Итого		100	12,22	41,2
3-6	-1500	48,75	3,31	6,4
	1500-1800	2,81	0,19	41
	+1800	48,44	3,29	86
Итого		100	6,79	45,9
1-3	-1500	49,41	5,37	7,4
	1500-1800	1,47	0,16	55,5
	+1800	49,12	5,33	87,7
Итого		100	10,86	47,6
0-1			8,14	56,9
Всего			100	48

## Гравітаційна сепарація

Из данных табл. 2 следует, что в крупных классах примерно такое же соотношение между легкими и тяжелыми фракциями. Уголь имеет легкую степень обогатимости.

При работе установки отбирались объединенные пробы продуктов в соответствии с действующими стандартами, и определялся их гранулометрический и фракционный состав. В ходе исследований в сепаратор подавался надрешетный продукт грохота. В двух опытах (№1 и №2) грохот был отрегулирован на отсев половины класса 0-10 мм, а в опыте №3 удаление мелочи не предусматривалось. Параметры регулирования сепаратора, которые поддерживались при проведении исследований, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Производительность, т/ч	15	25	33
Количество класса 0-10 мм в питании, отн. ед.	0,5	0,5	1
Расход воздуха, тыс. м <sup>3</sup> /час	36	40	40
Угол наклона деки, град.:			
– продольный	9,5	10,25	10,5
– поперечный	6,75	7,25	8,5
Частота колебаний деки, мин <sup>-1</sup>	339	332	332
Влажность питания, %	11,5	11,5	12,5

На рис. 1-4 приведены результаты анализа продуктов сепарации. При этом различные параметры вычислялись по общепринятым соотношениям, селективность разделения определялась по формуле Годэна, эффективность обогащения – по Фоменко.

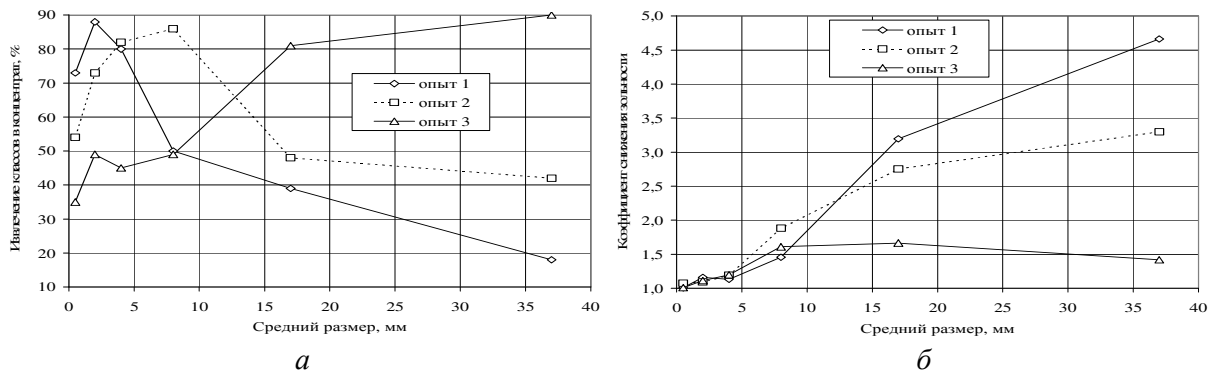


Рис. 1. Извлечение классов в концентрат (а) и коэффициент обогащения (б)

Из данных рис. 1 следует, что при уменьшении количества мелочи в питании операции (опыты 1 и 2, рис. 1, а) извлечение крупных классов в концентрат снижается по сравнению с данными опыта 3, когда мелочь не отсеивалась на грохоте.

Но это не означает, что результаты обогащения ухудшаются, т.к. снижение зольности не превышает 1,5 единиц, а для мелких классов (менее 10 мм) этот показатель близок к единице (рис. 1, б). Следовательно, в условиях опыта 3

## Гравітаційна сепарація

обогащение мелочи практически отсутствует. Для классов крупнее 10 мм рациональными являются условия опыта 1.

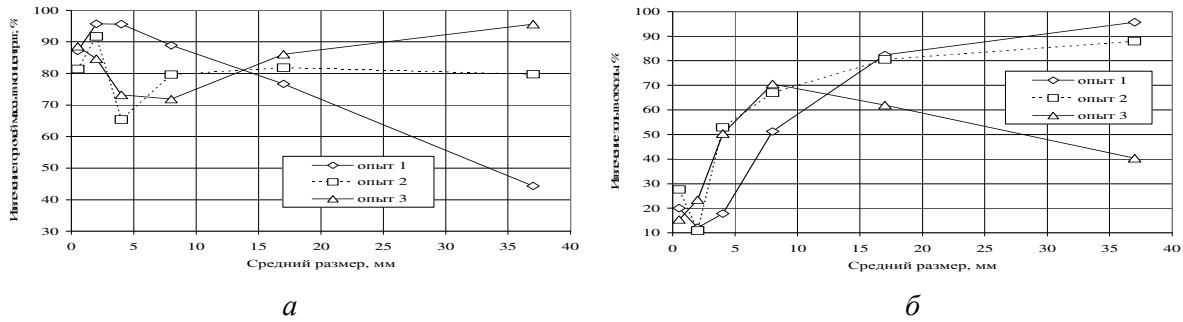


Рис. 2. Извлечение горючей массы в концентрат (а) и золы в отходы (б)

Данные рис. 2 позволяют заключить, что условия опыта 2 обеспечивают высокое извлечение горючей массы в концентрат для всех классов кроме класса 6-10 мм. Для класса 6-10 мм этот показатель снижается (рис. 2, а) из-за высокой зольности частиц в концентрате – около 40% при высоком извлечении их в легкий продукт (рис. 1, а). При этом в опытах 1 и 2 со сниженным количеством мелочи в питании зольность частиц крупностью более 6 мм в отходах превышает 70%.

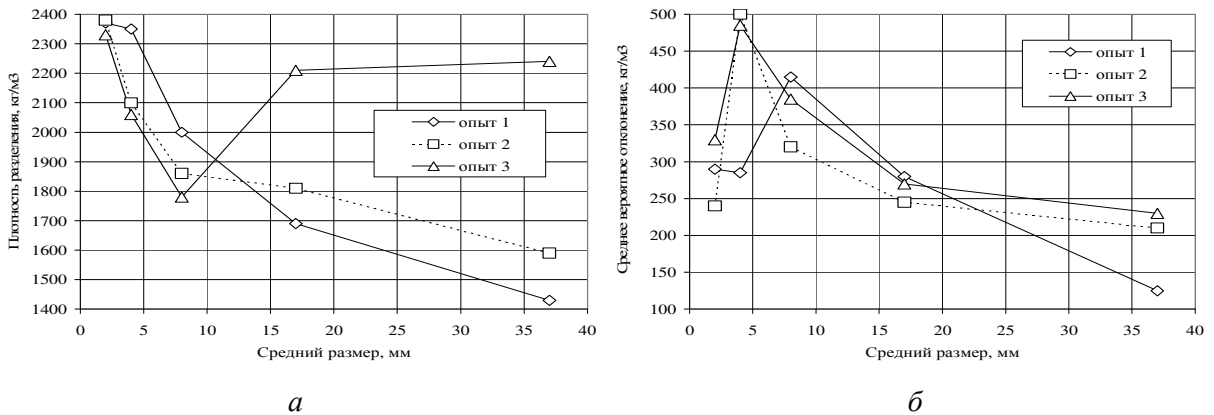


Рис. 3. Плотность разделения (а) и среднее вероятное отклонение (б) для различных классов крупности

Анализ данных, представленных на рис. 3, свидетельствует о том, что условия опытов 1 и 2 являются приемлемыми для обогащения материала крупностью более 6 мм, т.к. снижается кажущаяся плотность разделения и среднее вероятное отклонение при росте размера частиц. При наличии большого количества мелочи в питании сепаратора (опыт 3) ухудшаются условия разделения всех классов. Для таких условий следует продолжить исследования с целью нахождения рационального режима сепарации, т.к. конструкция сепаратора СВП-5,5×1 позволяет регулировать его параметры в довольно широких пределах.

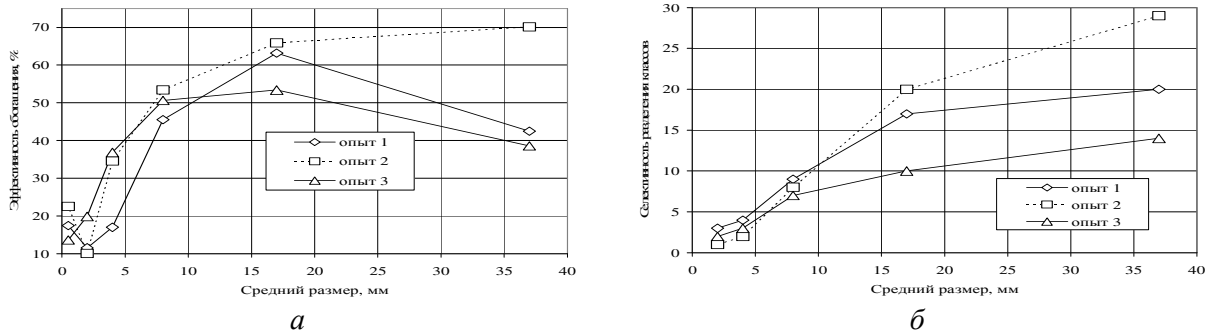


Рис. 4. Эффективность обогащения (а) и селективность разделения (б)

Из данных рис. 4 следует, что условия опыта 3 обеспечивают эффективность обогащения порядка 50% только для материала средней крупности 13-25 мм. Для крупных классов этот показатель не превышает 40% (рис. 4, а) при приемлемой селективности разделения – более 10 единиц (рис. 4, б). Наибольшая эффективность и селективность разделения получена для условий опыта 2.

Технологические показатели продуктов обогащения приведены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Концентрат:			
– выход, %	60,2	56,71	68,25
– зольность, %	31,8	26,4	34,6
Отходы:			
– зольность, %	72,5	76,3	76
Извлечение горючей массы в концентрат, %	78,9	80,3	85,4
Извлечение золы в отходы, %	60,14	68,77	50,53
Коэффициент обогащения	1,55	1,82	1,39
Среднее вероятное отклонение для класса 1-50мм, кг/м <sup>3</sup>	400	325	310
Плотность разделения класса 1-50мм, кг/м <sup>3</sup>	1800	1860	2100
Эффективность обогащения	47,5	55,2	43,2
Селективность сепарации	11	12	7

Выполненный анализ позволяет прийти к выводу, что условия опыта 2 обеспечивают наиболее высокие показатели, последнее связано с регулировкой параметров сепаратора. При повышении нагрузки на сепаратор увеличен расход воздуха, а также продольный угол наклона деки сепаратора. Увеличение поперечного угла наклона деки привело к изменению профиля веера продуктов и обеспечению получения высокой селективности разделения.

*Выводы и направления дальнейших исследований*

1. Условия опытов 1 и 2 со сниженным количеством мелочи в питании являются приемлемыми для обогащения материала крупностью более 6 мм, т.к. обеспечивается снижение кажущейся плотности разделения и параметра  $E_{pm}$  при росте размера частиц. При этом условия опыта 2 обеспечивают высокое из-

## **Гравітаційна сепарація**

влечение горючей массы в концентрат для всех классов, а зольность частиц крупностью более 6мм в отходах превышает 70%.

2. Большое количество мелочи в питании сепаратора (около 55%) ухудшает условия разделения всех классов. Для таких условий следует продолжить исследования с целью нахождения рационального режима сепарации, т.к. конструкция сепаратора СВП-5,5×1 позволяет регулировать его параметры в широких пределах.

3. Наибольшая эффективность и селективность разделения получена для условий, когда при повышении нагрузки на сепаратор был увеличен расход воздуха, а также продольный угол наклона деки сепаратора. Увеличение поперечного угла наклона деки привело к изменению профиля веера продуктов и обеспечению высокой эффективности и селективности разделения.

### **Список литературы**

1. Оборудование для обогащения угля: Спр. пособие / Под ред. **Б.Ф. Братченко**. – М.: Недра, 1979. – 335 с.

2. **Бесов Б.Д.** Аппаратчик пневматического обогащения углей: Спр. пособие для рабочих. – М.: Недра, 1988. – 78 с.

3. **Гарковенко Е.Е.** Сравнительные испытания вибропневмосепараторов веерного типа при обогащении углей // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 41(82)-42(83). – С. 169-175.

4. Simulation of the Coal and Rock Particle Interaction Kinetics During the Dry Separation / **О.І. Nazimko, Е.Е. Garkovenko, А.Н. Corchevsky et al.** // Proceedings of XVI International Congress of Coal Preparation. USA. – 2010. – P. 581-586.

5. **Гарковенко Є.Є., Корчевський О.М., Назимко О.І.** Модульна установка переробки вуглевмісних матеріалів // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36(77)-37(78). – С. 17-22.

6. О необходимости повышения качества углей для энергетики / **Е.Е. Гарковенко, Е.Е. Грицунова, Е.И. Назимко и др.** // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 34(75). – С. 57-63.

© Гарковенко Е.Е., Назимко Е.И., Корчевский А.Н.,  
Сурженко А.Н., Кадыров А.Р., 2011

*Надійшла до редколегії 14.04.2011 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*