

**А.Д. ПОЛУЛЯХ**, д-р техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, ГП "Укрніиуглеобогачення"),

**А.К. МАНУЭЛ, Д.В. ВЕТРОВА**

(Україна, Дніпропетровськ, Національний горний університет)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЗАИМОЗАСОРЕНИЯ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРАХ

Согласно [1, 2] установление значений показателей взаимозасорения продуктов пневматических сепараторов необходимо осуществлять по машинным классам и категориям обогатимости по аналогии с гидравлической отсадкой.

Выполненный анализ научно-технической литературы [3-6] позволил получить исходную информацию по фактическому засорению продуктов обогащения угля на отечественных и зарубежных пневматических сепараторах, которая приведена в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Засорение продуктов обогащения существующих пневматических сепараторов при получении двух продуктов

Категория обогатимости	Предприятие. Марка уголь	Концентрат		Отходы	
		Средние фракции	Тяжелые фракции	Легкие фракции	Средние фракции
1	2	3	4	5	6
Крупный машинный класс (+13 мм)					
Легкая:					
T = 3,8	ОФ "Индустрия". КС	1,7	2,7	3,1	1,5
T = 4,7	ОФ "Индустрия". Т	7,13	2,23	2,82	3,96
T = 3,8	ОФ "Индустрия". Т	7,56	2,81	3,74	4,58
Среднее		5,5	2,6	3,2	3,4
Средняя:					
T = 5,9	ОФ "Индустрия". КС	1,1	0,8	3,8	1,8
T = 5,4	ОФ "Индустрия". ГЖ	4,62	2,77	14,32	5,44
T = 6,2	ш. "Дуншань". ОС	12,7	5,8	2,5	4,8
T = 7,5	ГОФ "Центральная". Ж	5,4	4,9	3,6	2,6
T = 7,5	ГОФ "Центральная". Ж	4,2	7,3	2,8	5,8
T = 8,2	ГОФ "Центральная". Ж	3,1	6,9	1,9	7,5
Среднее		5,2	4,7	4,8	4,7
Трудная:					
T = 12,3	ш. "Дуншань". ОС	9,85	14,31	12,61	9,21
T = 11,6	ш. "Лунку". Г	11,72	15,53	9,28	7,31
T = 10,4	КНР. Г	10,4	5,6	15,9	12,7
T = 14,2	КНР. Ж	8,1	2,8	4,8	8,3
T = 14,9	КНР. К	10,6	2,1	5,4	6,2
T = 13,7	КНР. К	9,68	2,2	4,6	6,4
Среднее		10,1	7,1	8,8	8,4

## Гравітаційна сепарація

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Очень трудная:					
T = 16,4	КНР. Г	12,8	4,6	6,2	8,3
T = 17,7	КНР. Г	19,7	7,2	12,1	9,2
T = 16,7	ш. "Дуншань". ОС	12,6	12,0	5,6	11,6
T = 19,8	КНР. ДГ	15,1	4,8	14,5	18,2
Среднее		15,1	7,2	9,6	11,8
Мелкий машинный класс (-13 мм)					
Легкая:					
T = 3,7	ш. "Дахевян". Г	3,36	28,55	4,63	5,82
T = 2,3	ш. "Щегловская-Глубокая". Ж	2,71	8,21	7,58	7,82
T = 2,7	ш. "Щегловская-Глубокая". А	2,58	10,32	6,46	7,54
T = 2,4	ш. "Щегловская-Глубокая". Ж	2,36	13,28	4,24	5,34
T = 3,0	ш. "Щегловская-Глубокая". Ж	2,88	6,57	4,22	5,89
T = 2,5	КНР. К	2,6	2,6	17,2	5,6
Среднее		2,8	11,6	7,4	6,3
Средняя:					
T = 5,7	ОФ "Индустрия". КС	2,6	5,0	3,7	14,4
T = 6,1	ОФ "Индустрия". Т	11,82	14,22	8,23	7,64
T = 6,3	ОФ "Индустрия". ГЖ	6,32	14,23	15,21	6,23
T = 5,7	ОФ "Индустрия". ГЖ	7,14	7,32	18,32	8,12
T = 5,1	ГОФ "Центральная". Ж	4,63	15,32	10,72	7,69
T = 7,0	ГОФ "Центральная". Ж	6,52	26,28	5,71	4,62
T = 6,7	КНР. ГЖ	5,1	11,2	9,2	6,7
T = 6,3	КНР. ГЖ	5,3	10,0	11,7	6,2
T = 9,9	КНР. ГЖ	10,2	8,4	8,2	6,4
T = 7,7	КНР. Г	11,8	16,3	12,4	5,6
Среднее		7,1	13,8	10,3	7,4
Трудная:					
T = 11,8	КНР. ГЖ	12,3	12,4	5,8	18,0
T = 10,5	Турция. Г	7,13	29,99	14,32	5,11
T = 11,9	Турция. Г	9,16	27,21	15,12	4,82
T = 11,9	Турция. Г	8,28	28,32	12,85	4,93
T = 13,6	Турция. Г	9,34	26,24	15,37	5,26
Среднее		9,2	24,8	12,7	7,6
Очень трудная:					
T = 21,3	ш. "Тайси ОФ". Г	6,32	42,45	13,22	18,12
T = 18,2	ш. "Тайси ОФ". Г	7,48	32,64	15,31	10,38
T = 16,3	ш. "Тайси ОФ". Г	6,56	16,32	14,72	12,27
Среднее		6,8	30,5	14,4	13,6
Рядовой уголь крупностью 6-50(75) мм					
Легкая:					
T = 1,0	ООО "Инвестуголь". Ж	0,92	13,41	5,05	0,14
T = 3,1	КНР. К	3,1	2,0	8,4	5,9
T = 4,4	КНР. ГЖ	4,3	5,6	11,6	5,1
T = 2,5	КНР. К	2,1	3,3	4,8	2,7

## Гравітаційна сепарація

*Окончание табл. 1*

1	2	3	4	5	6
Среднее		2,6	6,1	7,5	3,5
Средняя:					
Т = 8,7	ш. "Садовая". Т	2,68	3,83	1,61	4,32
Т = 8,7	ш. "Садовая". Т	1,25	1,75	13,00	8,77
Т = 6,6	ОАО "Качество плюс". Ж	4,88	20,56	8,24	6,27
Т = 6,8	ОАО "Качество плюс". Ж	5,21	4,32	10,72	8,33
Т = 7,5	КНР. ГЖ	7,6	6,9	12,7	8,6
Т = 9,9	КНР. Г	9,8	7,9	12,7	10,6
Среднее		5,2	9,2	9,8	7,8
Трудная:					
Т = 12,2	ш. "Садовая". Т	3,75	6,24	8,27	11,13
Т = 11,7	КНР. ГЖ	11,1	10,8	5,1	4,8
Т = 14,2	КНР. Г	12,4	16,4	11,6	12,2
Среднее		7,4	11,2	7,8	9,4
Очень трудная:					
Т = 16,2	ш. "Садовая". Т	4,36	8,31	11,31	15,23
Т = 16,7	ш. "Дуншань". ОС	11,22	25,44	13,42	10,71
Т = 15,2	КНР. Г	15,2	8,7	7,1	13,2
Среднее		10,3	14,2	10,6	13,0

*Таблица 2*

Засорение продуктов обогащения существующих  
пневматических сепараторов при получении трех продуктов

Категория обогатимости	Предприятие. Марка уголь	Концентрат		Промпродукт		Отходы	
		Средние фракции	Тяжелые фракции	Легкие фракции	Тяжелые фракции	Легкие фракции	Средние фракции
1	2	3	4	5	6	7	8
Крупный машинный класс (+13 мм)							
Легкая:							
Т = 2,6	Турция. К	2,4	14,2	32,4	14,4	4,8	3,6
Т = 3,8	Турция. К	2,9	12,7	30,3	13,8	5,7	4,2
Т = 4,2	Турция. Ж	3,1	11,5	29,1	16,2	6,3	3,9
Среднее		2,8	12,8	30,6	14,8	5,6	3,9
Средняя:							
Т = 8,3	р-р "Бунгурский". Г	4,0	3,8	36,2	12,8	5,4	6,5
Т = 6,2	ш. "Пинкоу". К	7,22	23,19	42,62	17,38	6,41	9,52
Т = 6,4	ЦОФ "Ново-Узловская". К	1,2	1,2	35,2	14,8	4,4	5,3
Среднее		4,3	9,4	38,0	15,0	5,4	7,1
Трудная:							
Т = 11,8	р-р "Бунгурский". Г	4,1	4,2	35,1	13,2	5,4	7,1
Т = 10,5	р-р "Бунгурский". Г	7,1	8,2	35,1	41,4	4,6	7,3
Среднее		5,6	6,2	35,1	27,3	5,0	7,2
Очень трудная:							

## Гравітаційна сепарація

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
T = 18,8	ш. "Ерчиш-Тхан". Г	5,0	3,0	42,8	24,8	5,0	12,4
T = 17,3	ш. "Ерчиш-Тхан". Г	5,2	3,9	40,3	25,6	5,6	10,8
T = 37,3	ш. "Ерчиш-Тхан". Г	5,6	1,8	48,3	33,8	12,7	12,3
T = 35,2	ш. "Ерчиш-Тхан". Г	5,3	2,1	47,2	35,6	10,8	11,2
Среднее		5,3	2,7	44,7	30,0	8,5	11,7

### Мелкий машинный класс (-13 мм)

Легкая:							
T = 4,5	ш. "Ерчиш-Тхан". Г	3,9	4,5	38,0	12,2	15,4	3,3
T = 3,9	ш. "Цянь-Тунь".	5,27	24,87	28,16	29,14	11,44	5,82
T = 2,8	ш. "Яньжуань". А	2,31	22,37	14,36	21,07	4,82	3,74
T = 3,1	ш. "Силун". Д	4,14	19,36	31,18	35,55	8,64	6,33
Среднее		3,9	27,9	27,9	24,5	10,0	4,8
Средняя:							
T = 9,5	р-р "Бунгурский". Г	4,1	4,4	30,4	18,4	4,2	6,3
T = 8,9	ш. "Дидао". ГЖ	8,32	31,6	26,64	28,04	9,63	8,58
T = 9,2	ш. "Яюншань". К	4,1	12,2	45,6	34,9	6,5	6,5
T = 7,6	ГОФ "Центральная". Ж	6,2	6,8	60,2	32,6	4,9	8,6
T = 7,8	ГОФ "Центральная". Ж	5,6	9,2	61,0	31,2	5,2	8,3
T = 6,7	ГОФ "Центральная". Ж	4,6	8,7	67,8	25,3	4,3	7,9
Среднее		5,5	12,2	48,6	28,4	5,8	7,7
Трудная:							
T = 12,4	р-р "Бунгурский". Г	5,8	4,9	37,3	21,4	5,8	8,9
T = 14,4	р-р "Бунгурский". Г	6,6	15,8	40,6	35,7	5,0	8,1
Среднее		6,2	10,4	39,0	28,6	5,4	8,5
Очень трудная:							
T = 17,2	р-р "Бунгурский". Г	6,2	3,3	50,0	35,0	9,4	14,2
Среднее		6,2	3,3	50,0	35,0	9,4	14,2

### Рядовой уголь крупностью 6-50(75) мм

Легкая:							
T = 2,7	Турция. К	2,0	7,3	35,1	24,2	4,6	2,7
T = 3,3	Турция. К	2,6	10,2	28,4	26,3	3,8	3,3
T = 4,2	КНР. Ж	2,6	9,8	28,6	25,1	4,2	3,3
Среднее		2,4	9,1	30,7	35,2	4,2	3,1
Средняя:							
T = 5,4	ш. "Хенань № 9". Т	2,29	15,51	33,69	14,31	6,15	7,03

## Гравітаційна сепарація

*Окончание табл. 1*

1	2	3	4	5	6	7	8
T = 6,2	Турция. ОС	2,8	3,8	22,1	28,7	4,8	6,3
T = 7,3	Турция. ОС	2,4	4,2	24,3	32,1	4,6	5,1
T = 8,4	Турция. ОС	2,9	5,3	23,1	25,7	6,0	4,0
Среднее		2,6	7,2	25,8	25,2	5,4	5,6
Трудная:							
T = 11,3	КНР. К	2,6	4,9	35,6	28,5	6,2	8,2
T = 14,3	КНР. К	2,9	5,3	34,9	29,6	6,8	8,0
T = 12,6	Турция. Г	3,1	6,7	32,4	33,2	7,1	9,1
T = 13,7	Турция. Г	2,6	6,2	33,9	34,8	5,9	8,4
T = 11,8	КНР. Т	2,8	4,9	37,2	26,9	7,0	8,3
Среднее		2,8	5,6	34,8	30,6	6,6	8,4
Очень трудная:							
T = 16,7	КНР. К	4,2	3,6	46,8	31,7	8,2	12,4
Среднее		4,2	3,6	46,8	31,7	8,2	12,4

Полученные данные взаимозасорения продуктов обогащения пневматических сепараторов, расклассифицированные по машинным классам и категориям обогатимости, позволили определить их средние значения при выделении двух и трех продуктов.

Сравнительный анализ фактических показателей засорения и нормативных, изложенных в [2, 7-10] и приведенных в таблицах 3 и 4, показал, что первые значительно отличаются от вторых в области засорения концентрата и находятся примерно на одном уровне в областях засорения промпродукта и отходов.

*Таблица 3*

Фактические и нормативные показатели засорения продуктов обогащения пневматических сепараторов при выделении двух продуктов

Категория обогатимости	Норматив засорения концентрата тяжелыми фракциями			Потери с отходами, %					
				Легких фракций			Средних фракций		
	Табл.1	[19]	[33]	Табл.1	[19]	[33]	Табл.1	[19]	[33]
Крупный машинный класс (> 13 мм)									
Легкая	2,6	2,0	3,0	3,2	6,0	3,0	3,4	6,0	8,0
Средняя	4,7	3,5	3,0	4,8	7,0	3,0	4,7	8,0	8,0
Трудная	7,1	–	5,0	8,8	–	4,0	8,4	–	9,0
Очень трудная	7,2	–	7,0	9,6	–	5,0	11,8	–	10,0
Мелкий машинный класс (< 13 мм)									
Легкая	11,6	3,0	4,0	7,4	10,0	4,0	6,3	6,0	10,0
Средняя	13,8	4,0	4,0	10,3	12,0	4,0	7,4	8,0	10,0
Трудная	24,8	–	7,0	12,7	–	6,0	7,6	–	12,0
Очень трудная	30,5	–	9,0	14,4	–	8,0	13,6	–	14,0
Рядовой уголь крупностью 6-50(75) мм									
Легкая	6,1	–	–	7,5	–	–	3,5	–	–
Средняя	9,2	–	–	9,8	–	–	7,8	–	–
Трудная	11,2	–	–	7,8	–	–	9,4	–	–
Очень трудная	14,2	–	–	10,6	–	–	13,0	–	–

## Фактические нормативные показатели засорения продуктов обогащения пневматических сепараторов при выделении трех продуктов

Категория обогатимости	Содержание фракций в продуктах, %																							
	Концентрат								Промпродукт								Отходы							
	Средние				Тяжелые				Легкие				Тяжелые				Легкие		Средние					
	Табл. 2	[34]	[7]	[35]	Табл. 2	[34]	[7]	[35]	Табл. 2	[34]	[7]	[35]	Табл. 2	[34]	[7]	[35]	Табл. 2	[34]	[7]	[35]				
<b>Крупный машинный класс (&gt;13 мм)</b>																								
Легкая	2,8	2,0	2,5	2,5	12,8	1,0	1,3	1,3	30,6	30,0	–	–	14,8	30,0	–	–	5,6	5,0	5,0	5,0	2,9	6,0	7,0	7,0
Средняя	4,3	2,8	3,0	3,0	9,4	2,2	1,7	1,7	38,0	40,0	40,0	40,0	15,0	25,0	20,0	20,0	5,4	7,0	6,0	6,0	7,1	8,0	10,0	10,0
Трудная	5,6	3,2	4,0	4,0	6,2	2,4	2,2	2,2	35,1	55,0	45,0	45,0	27,3	15,0	25,0	25,0	5,0	10,0	7,0	7,0	7,2	10,0	12,0	12,0
Очень трудная	5,3	–	–	–	2,7	–	–	–	44,7	–	–	–	30,0	–	–	–	8,5	–	–	–	11,7	–	–	–
<b>Мелкий машинный класс (&lt;13 мм)</b>																								
Легкая	3,9	2,5	3,0	3,0	27,9	1,8	1,5	1,5	27,9	35,0	40,0	40,0	24,5	30,0	25,0	25,0	10,0	5,0	6,0	6,0	4,8	6,0	8,0	8,0
Средняя	5,5	3,0	4,0	4,1	12,2	2,3	2,0	2,0	48,6	45,0	45,0	45,0	28,4	25,0	25,0	25,0	5,8	8,5	7,0	7,0	7,7	9,0	11,0	11,0
Трудная	6,2	3,4	5,0	5,0	10,4	2,6	2,5	2,5	39,0	60,0	50,0	50,0	28,6	15,0	30,0	30,0	5,4	11,0	8,0	8,0	8,5	11,0	14,0	14,0
Очень трудная	6,2	–	–	–	3,3	–	–	–	50,0	–	–	–	35,0	–	–	–	9,4	–	–	–	14,2	–	–	–
<b>Рядовой уголь крупностью 6-50(75) мм</b>																								
Легкая	2,4	–	3,0	–	9,1	–	1,5	–	30,7	–	–	–	25,2	–	–	–	4,2	–	6,0	–	3,1	–	8,0	–
Средняя	2,6	–	4,0	–	7,2	–	2,0	–	25,8	–	–	–	25,2	–	–	–	5,4	–	7,0	–	5,6	–	11,0	–
Трудная	2,8	–	5,0	–	5,6	–	2,5	–	34,8	–	–	–	31,2	–	–	–	6,6	–	8,0	–	8,4	–	14,0	–
Очень трудная	4,2	–	–	–	3,6	–	–	–	46,8	–	–	–	31,7	–	–	–	8,2	–	–	–	12,4	–	–	–

Это обстоятельство вызвано следующими причинами:

- направлением на пневматическое обогащение рядовых углей трудной и очень трудной категорий обогатимости, что ранее практически не осуществлялось;
- ростом содержания породных фракций в исходном рядовом угле, направляемом на сухое пневматическое обогащение;
- увеличением нормативных значений зольности товарных угольных продуктов, направляемых на теплоэлектростанции.

Наметившаяся в последние годы тенденция применения в Украине для обогащения угля пневматических сепараторов, предопределяет необходимость установления нормативных показателей засорения их продуктов обогащения с учетом современного качества исходного материала.

**Вывод.** Изменение качества рядовых углей, направляемых на обогащение на пневматические сепараторы предопределяет необходимость разработки нормативных показателей засорения их продуктов обогащения для расчета качественно-количественных показателей технологии сухого обогащения угля.

### Список литературы

1. Справочник по обогащению углей / Под ред. **И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина**. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
2. Техника и технология обогащения углей / Под ред. **В.А. Чантурия, А.Р. Молявко**. – М.: Наука, 1995. – 622 с.
3. Выполнить анализ провести исследование и разработать оптимальные технологические режимы обогащения угля в пневматических сепараторах: Отчет о НИР. – Луганск: ГП "Укрниуглеобогащение". – 2010. – 59 с.
4. SHEN. L. The compound dry cleaning machine and its application XIV international Cool

## **Гравітаційна сепарація**

Preparation Congress and Exhibition. – South African institute of mining and Metallurgy. – 2002. – S. 419-423.

5. Li Congmin Col Compound Dry Cleaning Teehigue – Study and Practuce. XV international Cool Preparation Congress and Exhibition. – China University of Mining and Technology Press. – 2006. – Т. № 2. – S. 439-447.

6. Caner Orhan E., Levent Erqun, Altiparmak B. Application of the FGX Separator in the Enrichment of Cafalagzi Coal Preparation Congress Proceedings. Society for Mining, Metallurgy Exploration. – 2010. – S. 562-570.

7. **Койбаш В.А., Король В.Я.** Проектирование углеобогачительных фабрик. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 328 с.

8. РД-03-306-99. Инструкция по определению и нормированию потери угля (сланцы) при переработке. – М.: Госгортехнадзор, 1999. – 34 с.

9. **Артюшин С.П.** Проектирование углеобогачительных фабрик. – М.: Госгортехиздат, 1958. – 168 с.

10. Методика расчета норм показателей качества углей и продуктов их переработки. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение, 1983.

© Полулях А.Д., Мануэл А.К., Ветрова Д.В., 2011

*Надійшла до редколегії 12.04.2011 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*