© А.В. Кузьмин, А.В. Калина, В.В. Морозов, 2008

УДК 6221.928.6

А.В. Кузьмин, А.В. Калина, В.В. Морозов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ РАЗРЕЗА БУНГУР МЕТОДОМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

Приведены результаты исследований обогатимости углей, добываемых на разрезе «Бунгур», методом пневматической сепарации.

Семинар № 22

Эффективным путем повышения технико-экономических показателей обогащения углей является применение метода воздушной сепарации. Преимущества данного метода обусловлены возможностью резкого снижения материалоемкости, энергозатрат и уменьшения расхода технической воды [1, 2]. В настоящее время появились новые конструкции машин для обогащения углей в воздушном потоке, характеризующиеся высокой эффективностью разделения [3, 4], приближающейся, а в ряде случаев превышающей показатели обогащения отсадкой или в тяжелых средах.

Лабораторные испытания обогатимости углей, добываемых на разрезе «Бунгур», методом пневматической сепарации проводились на обогатительной установке СЕПАИР – 1 -0.5. При проведении испытаний в эксперименте использовалась фракция угля крупностью до 20 мм, с выделением классов для обогащения 2,5-5; 5-10; 10-13, 13-20 мм.

Работа сепаратора осуществляется следующим образом. Поступающий на сепарацию материал с помощью вибрационного питателя *6* распределяется в один слой на поверхности ленточного сетчатого конвейера *1*. Транспортируясь, материал попадает в зону воздушного сопла *2*, через которое с определенной скоростью всасывается воздух. Этот воздушный поток создается за счет работы воздуходувки *4*, соединенной через продуктовый бункер *3* с соплом *2*. С помощью частотного преобразователя привода воздуходувки подбирается необходимый расход воздуха через сопло *2*, что обеспечивает при заданном сечении сопла требуемую скорость воздушного потока. Восходящий поток воздуха передает импульс транспортируемому по конвейеру материалу. Куски, имеющие меньшую плотность, захватываются воздушным потоком и попадают в продуктовый бункер, более тяжелые остаются на конвейере *1*, и транспортируются в накопительную емкость для хвостов.

Рабочая проба исследуемого материала взвешивалась и выгружалась в приемный бункер ленточного питателя, из которого по конвейеру с постоянной производительностью подавалась на установку СЕПАИР-1-0.5. Предварительно с помощью частотного преобразователя задавалась минимальная скорость вращения электродвигателя воздуходувки, которая обеспечивала создание воздушного потока в сопле со скоростью, достаточной для захвата наиболее легкого материала с сетчатого конвейера. После окончания сепарации материал

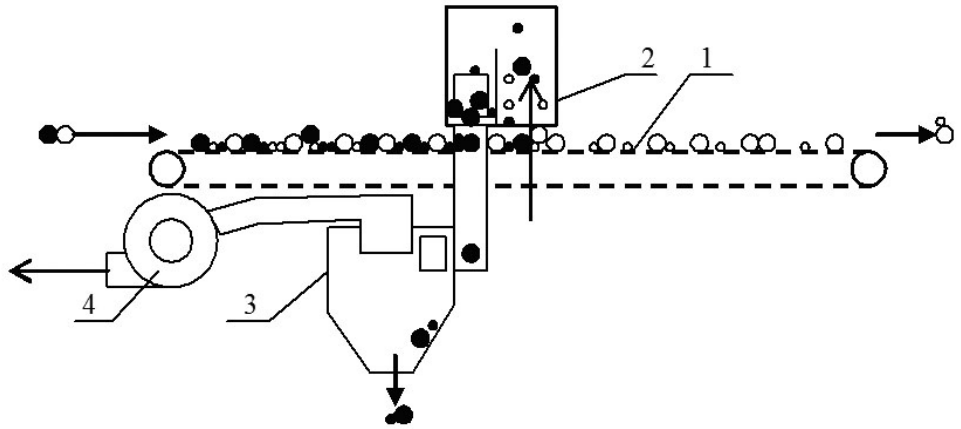


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторного пневматического сепаратора «Сепаир»: *1* – ленточный сетчатый конвейер; *2* – воздушное сопло; *3* – продуктовый бункер; *4* – воздуходувка

из продуктового бункера выгружался, взвешивался и из него отбиралась проба для определения плотности продукта. Хвосты сепарации, т.е. материал, который остался на конвейере, собирался в емкость, взвешивался для контроля баланса продуктов и снова загружался в бункер ленточного питателя. Частотным преобразователем поднималась частота вращения вала электродвигателя воздуходувки, включался ленточный питатель, и процесс сепарации повторялся.

Процесс сепарации исследуемой пробы продолжался до достижения максимальных оборотов электродвигателя воздуходувки. Продукт 1 получали при выдерживании оборотов воздуходувки и, соответственно, скорости воздушного потока в зоне сепарации на уровне 10 % от максимально возможной. Для получения последующих продуктов (2-7) число оборотов и скорость воздушного потока наращивались в арифметической прогрессии (20-70 % от максимально возможного уровня). Последний продукт представлял собой материал, оставшийся на конвейере.

По результатам проведенных исследований были построены сепарационные характеристики для отдельных фракций угля с использованием в качестве разделительного признака плотности фракций и скорости восходящего потока воздуха.

Представленные в табл. 1 и на рис. 2 результаты обогащения угля крупностью +2,5–5,0 мм показали, что выход фракций угольного концентрата с суммарной зольностью 9,5 % (продукты 1-3) составил около 47,1 %, а выход фракций промпродукта с суммарной зольностью 31,2 % (продукты 4,5) - 35,1 %. При этом выход отхода обогащения (хвостов) с зольностью 72,2 % составил 17,6 %. Расчетный выход угольного концентрата (рис. 2) при ведении процесса в одну операцию составляет 62,5 %.

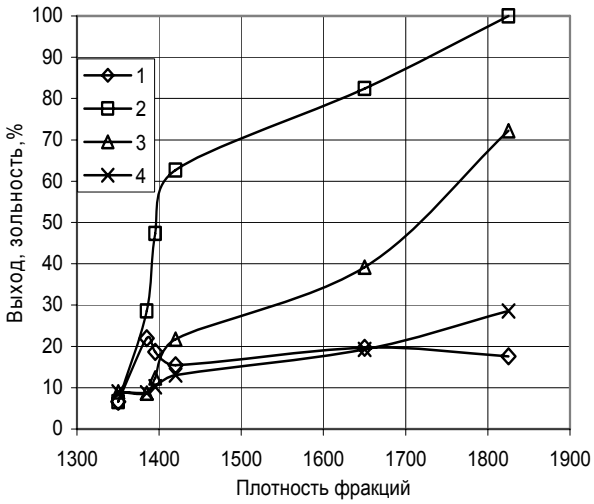
Результаты обогащения угля крупностью +5 – 10 мм показали, что выход фракций угольного концентрата с суммарной зольностью 10,8 % (продукты 1-3) составил около 46,3 %, а выход фракций промпродукта с суммарной зольностью 29,2 % (продукты 4,5) - 36,6 %. При этом выход отхода обогащения (хвостов) с зольностью 82,2 % составил 13,5 %. Расчетный выход угольного концентрата из класса 2,5-5,0 мм с зольностью 12 % (рис. 2) при ведении про-

цесса в одну операцию составляет 61,5 %.

Таблица 1

Данные по испытаниям класса +2,5 -5,0 мм

Продукты	Скорость восходящего потока, % от макс.	Выход, %	Зольность	Плотность, кг/м^3
Продукт 1	6,6	6,6	9	1350
Продукт 2	22,0	22,0	8,7	1385
Продукт 3	18,7	18,7	12,4	1395
Продукт 4	15,4	15,4	21,7	1420
Продукт 5	19,7	19,7	39,2	1650
Продукт 6 (отход)	17,6	17,6	72,2	1825
Итого	100,0	100,0	28,6	



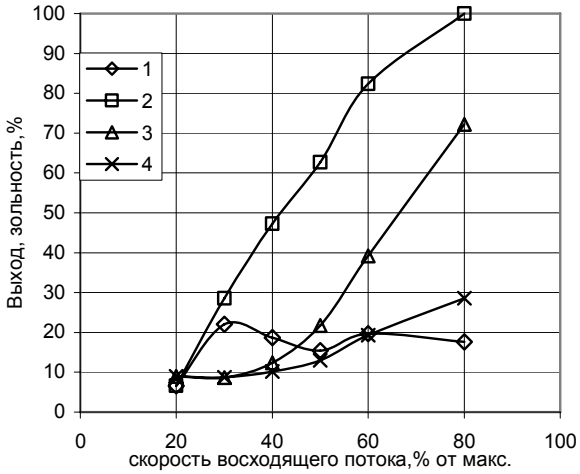


Рис. 2. Зависимости выходов продуктов сепарации от их зольности и скорости восходящего потока для класса +2,5 -5 мм: *1* – выход фракций; *2* – выход концентрата; *3* – зольность фракций; *4* – зольность концентрата

Результаты обогащения угля крупностью +5–10 мм показали, что выход фракций угольного концентрата с суммарной зольностью 10,1 % (продукты 1-5) составил около 68,7 %, а выход фракций промпродукта с суммарной зольностью 38,2 % (продукты 6, 7) - 23,2 %. При этом выход отхода обогащения (хвостов) с зольностью 74,8 % составил 8,3 %. Расчетный выход угольного концентрата из класса 10-13 мм с зольностью 12 % (рис. 4) при ведении процесса в одну операцию составляет 81,7 %.

Результаты обогащения угля крупностью +13 –20 мм и +20 -50 мм показали, что выход фракций угольного концентрата с суммарной зольностью 10,1-10,3 % (продукты 1-4) составил

Таблица 2

Выход продуктов сепарации в лабораторных испытаниях

Класс, мм	Выход продуктов сепарации, %		
	Зольность, %		
	Менее 15%	15- 50	более 50
+ 13 -20	61,9	27,0	11,1
+ 10 -13	68,7	23,0	8,3
+ 5 -10	49,9	36,6	13,5
+2,5 -5	47,1	35,3	17,6
Итого при обогащении класса +2,5-13 мм	54,3	33,1	12,6

Таблица 3

Расчетный выход концентрата, промпродукта и хостов по сепарационным характеристикам

Класс, мм	Выход продуктов сепарации, %		
	Концентрат (A^d =12%)	Промпродукт (A^d=24-26%)	Хвосты (A^d=76%)
+ 13 -20	54,7	33,2	12,1
+ 10 -13	81,7	12,3	7,0
+ 5 -10	61,5	23,0	15,5
+2,5 -5	62,5	23,0	14,5
Итого при обогащении класса +1-13 мм	62,9	25,6	11,5

46,2–48,8 %, а выход фракций промпродукта с суммарной зольностью 37,5-38,2 % (продукты 5,6) - 34,2–35,7 %. При этом выход отхода обогащения (продукта 7 и хвостов) с зольностью 79,9-81,3 % составил 9,3-11,1 %. Расчетный выход угольного концентрата из класса 13-20 мм с зольностью 12 % составляет 54,7 %. Расчетный выход угольного концентрата из класса 13-20 мм с зольностью 12 % составляет 64,7 %.

Анализ полученных результатов показал, что наилучшие результаты получены при обогащении мелких классов угля (+2,5 -13 мм). Причиной некоторого снижения эффективности обогащения класса +13 – 20 мм может быть неполное раскрытие угля от вмещающей породы. Эти классы, как и более крупные классы, могут быть обогащены методом воздушной сепарации после додрабливания.

Суммарные выходы концентратов, промпродуктов и хвостов обогащения, полученные на основании данных по сепарации отдельных фракций данной пробы и представленные в табл. 2 и 3, показали возможность получения из труднообогатимых углей разреза «Бунгур» (Т = 13,2-17,5) обогащенного угольного концентрата (зольность до 12 %) с высоким выходом непосредственно в одну обогатительную операцию.

Для оценки возможности промышленного применения разработанного метода и аппарата были поставлены опыты на представительной пробе угля диапазона крупности 1-50 мм. Учитывая полученные результаты исследований, средний размер обогащаемой фракции и границы максимального по размеру

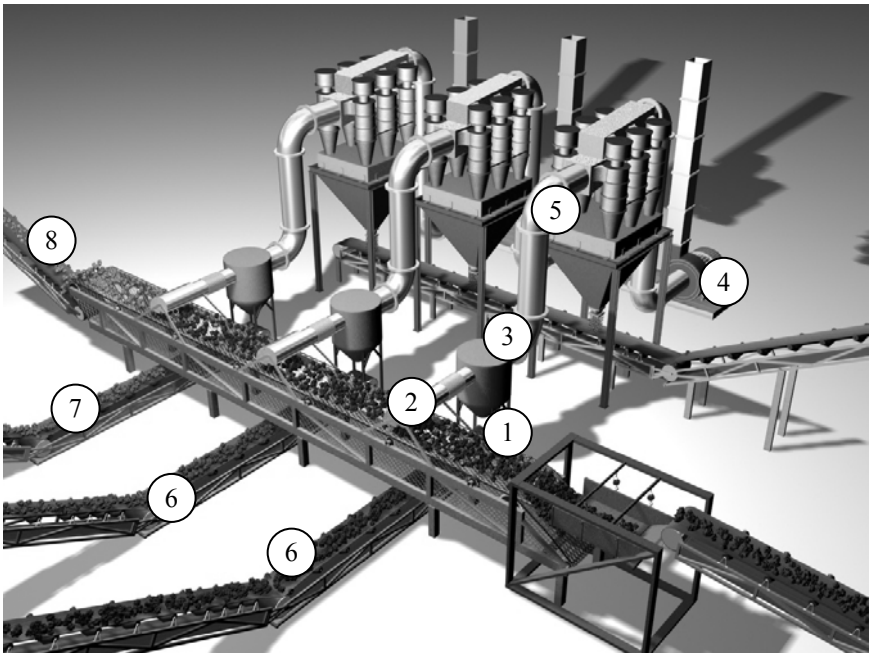


Рис. 3. Принципиальная схема установки «Сепаир» для обогащения угля с выделением трех концентратов, промпродукта и отвальных отходов: *1* - ленточный сетчатый конвейер; *2* – сопло; *3* - бункер для накопления продуктов сепарации. *4* – воздуходувка; *5*- система аспирации воздуха; *6* – конвейер для удаления концентратов; *7* – конвейер для удаления промпродуктов;. *8* – конвейер для удаления отходов

класса были сдвинуты в область больших величин. Полупромышленным исследованиям был подвергнут класс +1–13 мм и класс -50 +25 мм. Опытно-промыш-ленные испытания обогатимости углей, добываемых на разрезе «Бунгур», проводились методом пневматической сепарации на промышленной обогатительной установке «СЕПАИР» («Гор-машэкспорт», г. Новосибирск). Схема установки представлена на рис. 3.

Полученные результаты (табл. 4) показали, что при обогащении мелких классов угля без разделения на узкие классы происходит некоторое снижение выхода концентрата и отвальных хвостов обогащения.

В этом случае получение максималь-

Таблица 4

Технологические показатели обогащения фракции +1 -13 мм угля разреза «Бунгур» на промышленной установке пневматического обогащения угля «Сепаир»

Продукты обогащения	Выход		Зольность, %	Извлечение угольной массы, %
	т	%		
Концентрат 1	26,31	52,6	12,50	61,37
Концентрат 2	12,05	24,1	25,21	24,04
Промпродукт	6,60	13,2	36,53	11,18
Отвальный продукт	5,05	10,1	76,41	3,41
Итого	50,01	100,0	25,09	100,0

Таблица 5

Технологические показатели обогащения фракции +25 -50 мм на промышленной установке пневматического обогащения угля «Сепаир»

Продукты обогащения	Выход		Зольность, %	Извлечение угольной массы, %
	т	%		
Концентрат 1	27,59	55,18	9,50	63,46
Концентрат 2	13,78	27,50	25,20	26,10
Промпродукт	4,62	9,22	36,32	7,61
Отвальный продукт	4,05	8,10	78,40	2,83
Итого	50,04	100,0	21,89	100,0

но-достижимых технико-экономических показателей возможно на основе применения развитых схем обогащения с замкнутым или или отдельным промпродуктовым циклом.

Полученные результаты опытно-промышленной переработки фракции +25 – 50 мм на установке пневматического обогащения «Сепаир» показали высокую эффективность применения разработанного способа для переработки крупных фракций углей.

Таким образом, полученные результаты показали, что применение метода пневматического обогащения позволяет решить задачу обогащения труднообогатимых углей разреза «Бунгур» с получением приемлемых технологических показателей. Результаты проведенных испытаний позволяют рекомендовать разработанную технологию и аппарат для применения на других разрезах или обогатительных фабриках Кузбасса. Якутии и других регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арцлер А.С., Протасов С.И.* Угли Кузбасса: Происхождение, качество, использование: в 2 т. – Кемерово: Кузбасский госуниверситет, 1999. -576 с.

2. Новые направления в технике и технологии обогащения углей // Доклады. 12-тый Международный конгресс по обогащению углей. - Краков, Польша. – 1994 г. 23 - 27. 05. - т. 1. - С. 319 - 453.

3. *Люленков В.И., Кузьмин А.В., Качуров К.В., Кардаков А.Л., Бойко Д.Ю.* Способ сухого обогащения. Патент РФ № 2268787, 2005. Опубл. 27.01.2006.

4. *Кузьмин А.В., Люленков В.И., Качуров К.В., Кардаков А.Л.* Способ сухого обогащения угля. Патент РФ № 2282503, 2005. Опубл. 27.08.2006. ГИАБ

Коротко об авторах

Кузьмин А.В., Калина А.В. – НИИ «Комплексные проблемы обогащения минералов,
Морозов В.В. – профессор, доктор технических наук, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 22 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.М. Авдохин.*