

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук,

Ю.Н. ФИЛИППЕНКО, канд. техн. наук

(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУХОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Исходными данными для разработки технологии подготовки и сухого обогащения угля с использованием пневматических сепараторов являются физико-механические свойства рядового угля, его гранулометрический и фракционный составы, производительность по рядовому углю, ожидаемые показатели работы основных и вспомогательных операций технологии, качественно-количественные показатели конечных продуктов обогащения.

Теория и практика переработки твердых полезных ископаемых свидетельствует, что наибольшие качественно-количественные показатели продуктов обогащения достигаются при эффективной специально направленной подготовке исходного материала непосредственно к обогащению [1-7].

Из анализа данных научно-технической литературы следует, что подготовка исходного материала непосредственно к обогащению происходит по следующим направлениям:

- определение количества машинных классов [8, 9];
- определение диапазонов крупности машинных классов [10, 11];
- минимизация засорения машинных классов посторонними фракциями некондиционной крупности [12];
- стабилизация удельной нагрузки на обогатительные аппараты [13, 14];
- стабилизация гранулометрического и фракционного состава машинных классов [15, 16].

Таким образом, подготовка исходного материала непосредственно в обогащении может включать следующие технологические операции:

- усреднение качества исходного материала;
- предварительное грохочение для исключения негабаритных материалов и крупно-кускового материала;
- породо- или углевывборку для снижения зольности исходного материала или извлечения товарного концентрата;
- измельчение крупно кускового материала до крупности, определяемой машинным классом;
- подготовительное грохочение для выделения машинных классов определенной крупности;
- обеспыливание исходного материала.

Эффективность непосредственно процессов обогащения определяется оптимизацией их режимных параметров [17, 18]. Чем больше параметров, которые регулируются, тем более высокий оптимальный уровень оборудования, тем

меньше взаимозасорение продуктов обогащения [19, 20].

Эти выводы действуют и относительно технологии сухого обогащения угля с использованием пневматических сепараторов.

Исходя из анализа современного состояния разработки схем обогащения полезных ископаемых [21, 22], технология сухого обогащения рядового угля с использованием пневматических сепараторов должна осуществляться несколькими машинными классами. На основании сравнения скорости равнопадаемости угольных и породных частиц в воздухе и, исходя из возможности получения сортового угля, количество машинных классов должно равняться трем, а их диапазон зольности находится в границах +13 мм, 6-13 мм и 0-6 мм. Верхняя граница зольности машинного класса должна быть на уровне 50 мм [23, 24].

Таким образом, для технологии необходимо 3 сепаратора. В Украине применяются пневматические сепараторы с производительностью 50 т/час, поэтому нагрузка на установку должна составлять $3 \times 50 = 150$ т/час, а с учетом коэффициента неравномерности – $150 \times 1,25 = 187,5$ т/час.

Принимаем нагрузку по исходному рядовому углю 200 т/час, что удовлетворяет условию применения четырех сепараторов.

В случае работы установки 5400 час/год переработка исходного продукта равняется $5400 \times 200 = 1080000$ т.

Крупность исходного рядового угля ограничивается техническими параметрами грохотов и составляет 300 мм

Технология пневматической сепарации угля должна обеспечить выпуск товарной угольной продукции с заданной зольностью (не более 30%).

Зольность исходного сырья должна быть в пределах 30...60%, где 30% – это максимальная зольность энергетического концентрата, 60% – это зольность исходного продукта, который не подлежит обогащению с точки зрения себестоимости 1 т товарной продукции.

Общее снижение зольности исходного продукта должно быть не менее 15...25% в зависимости от его исходной зольности, если его влага меньше 10%.

Технология пылеулавливания должна обеспечить содержание твердого в воздухе, который возвращается в атмосферу не более 50 мг/м^3 . Технология должна базироваться на многостадийности, где каждая стадия пылеулавливания основана на разных физических принципах. Технология пылеулавливания должна применять сухие методы.

Технология подготовки рядового угля к обогащению включает четыре технологические операции.

Технологическая операция № 1 "Предварительное грохочение рядового угля" предназначена для ограничения верхней границы исходного материала крупностью 50 мм, извлечения (посторонних) негабаритных предметов. Производительность операции должна составлять 200 т/час, эффективность грохочения не меньше 95%, содержание класса – 50 мм в надситном продукте не более 2,0%.

Гравітаційна сепарація

Технологическая операция № 2 "Породовыборка породы крупностью +50 мм" предназначена для извлечения крупно-кусковой породы с целью уменьшения зольности исходного продукта. Эффективность породовыборки из класса +50 мм должна составлять не меньше 80% при скорости ленточного конвейера не более 0,8 м/с. Ширина ленты конвейера не менее 1000 мм

Технологическая операция № 3 "Измельчение класса +50 мм" предназначена для уменьшения крупности исходного продукта до -50 мм. Производительность операции измельчения составляет не менее 20 т/час и в зависимости от физических свойств материала, могут применяться молотковые или валковые дробилки. Крупность измельченного материала должна быть 0-25 мм, а засорение его классом +25 мм не более 5...7%.

Технологическая операция № 4 "Подготовительное грохочение" предназначена для извлечения из рядового угля трех машинных классов крупностью 13-50, 6-13 и 0-6 мм. Производительность оборудования не менее 150...200 т/час при влаге исходного угля 8...10%. Эффективность грохочения должна составлять для верхнего сита 80...85%, для нижнего – 70...75%.

Технология обогащения рядового угля включает три технологические операции.

Технологическая операция № 5 "Обогащение машинного класса 13-50 мм пневмовиброгравитационным способом" предназначена для разделения исходного материала по плотности на два продукта: концентрат и отходы. Производительность операции не более 50 т/час, плотность разделения для каменного угля 1800-1900 кг/м³, антрацита – 1900-2000 кг/м³. Засорение отходов концентратными частицами должно составлять для категорий обогатимости легкой, средней, трудной и очень трудной, соответственно, не более 9,9; 11,8; 15,1 и 18,2%. Снижение зольности исходного продукта не менее 25%.

Технологическая операция № 6 "Обогащение машинного класса 6-13 мм пневмовиброгравитационным способом" предназначена для разделения исходного материала по плотности на два продукта: концентрат и отходы. Производительность операции не более 50 т/час, плотность разделения для каменного угля 1800-1900 кг/м³, для антрацита – 1900-2000 кг/м³. Засорение отходов концентратными частицами должно составлять для категорий обогатимости легкой, средней, трудной и очень трудной, соответственно, не более 12,2; 14,5; 17,1 и 21,0%. Снижение зольности исходного продукта не менее 20%.

Технологическая операция № 7 "Обогащение машинного класса 0-6 мм пневмовиброгравитационным способом" предназначена для разделения исходного материала на два продукта: концентрат и отходы. Производительность операции не более 100 т/час, плотность разделения для каменного угля 1800-1900 кг/м³, для антрацита – 1900-2000 кг/м³. Засорение отходов концентратными

Гравітаційна сепарація

ми частинами должно составлять для категории обогатимости легкой, средней, трудной и очень трудной, соответственно, не более 14,5; 17,3; 19,2 и 25,0%. Снижение зольности исходного продукта не менее 15%.

Технология пылеулавливания включает три технологические операции.

Технологическая операция № 8 "Выделение технологического воздуха с помощью спирального устройства" (I стадия пылеулавливания) предназначена для выделения технологического воздуха из рабочего воздуха. Объем технологического воздуха должен составлять не меньше 83%. Расход воздуха на данной технологической операции составляет 55...100 тыс. м³/час.

Технологическая операция № 9 "Выделение крупнозернистой пыли с помощью центробежных сил" (II стадия пылеулавливания) предназначена для выделения из воздуха, что следует в атмосферу, крупнозернистой пыли. Эффективность извлечения пыли не меньше 70...75%. Расход воздуха технологической операции составляет 5...14 тыс. м³/час.

Технологическая операция № 10 "Выделение тонкозернистой пыли с помощью фильтрования рабочего воздуха" (III стадия пылеулавливания) предназначена для выделения из воздуха, направляемого в атмосферу, тонкозернистой пыли. Эффективность пылеулавливания не меньше 95%, содержание твердого в воздухе, направляемого в атмосферу, не более 50 мг/м³. Расход воздуха операции составляет 5...14 тыс. м³/час. На этой технологической операции в зависимости от влаги пыли нужно применять рукавные или зернистые фильтры.

Исходные данные к технологии сухого обогащения рядового угля с использованием пневматических сепараторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные к технологии сухого обогащения угля
с использованием пневматических сепараторов

Показатель	Единицы измерения	Допустимые величины	Среднее значение
1	2	3	4
Исходная нагрузка по рядовому углю	тыс. т/год	1080,0	1080,0
Часовая нагрузка по рядовому углю, не больше	т/ч	200	150
Крупность исходного угля, в границах	мм	0-300	0-250
Зольность исходного угля, в границах	%	30-60	45
Влага исходного угля, не больше	%	10	8

Технологическая операция № 1

Предварительное грохочение рядового угля

Производительность, не больше	т/ч	200	150
Размер отверстий сита	мм	50	50
Эффективность грохочения, не менее	%	95	95
Содержание класса -50 мм в надситном продукте, не более	%	2,0	2,0

Гравітаційна сепарація

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
<i>Технологическая операция № 2</i>			
Породовыборка породы крупностью +50 мм			
Скорость движения ленты, не больше	м/с	0,8	0,6
Эффективность породовыборки из класса +50мм, не менее	%	70	80
Ширина ленты конвейера, не менее	м	1,2	1,0
<i>Технологическая операция № 3</i>			
Измельчение класса +50 мм			
Производительность, не менее	т/ч	20	20
Крупность измельченного материала, не больше	мм	0-30	0-25
Засорение измельченного материала классом +25 мм, не более	%	7	5
<i>Технологическая операция № 4</i>			
Подготовительное грохочение			
Размер отверстий верхнего сита	мм	13	13
Размер отверстий нижнего сита	мм	6	6
Эффективность грохочения верхнего сита, не менее	%	80	85
Эффективность грохочения нижнего сита, не менее	%	70	75
Производительность, не меньше	т/ч	200	150
<i>Технологическая операция № 5</i>			
Обогащение машинного класса 13-50 мм пневмовиброгравитационным способом			
Производительность, не более	т/ч	50	50
Плотность разделения для:			
каменного угля	кг/м ³	1900	1800
антрацита	кг/м ³	2000	1900
Засорение отходов угольными частицами, не более, для категорий обогатимости:			
легкой	%	9,9	9,9
средней	%	11,8	11,8
трудной	%	15,1	15,1
очень трудной	%	18,2	18,2
Снижение зольности исходного продукта, не менее	%	25	25
<i>Технологическая операция № 6</i>			
Обогащение машинного класса 6-13 мм пневмовиброгравитационным способом			
Производительность, не более	т/ч	50	50
Плотность разделения для:			
каменного угля	кг/м ³	1900	1800
антрацита	кг/м ³	2000	1900
Засорение отходов угольными частицами, не более, для категорий обогатимости:			
легкой	%	12,2	12,2
средней	%	14,5	14,5
трудной	%	17,1	17,1
очень трудной	%	21,0	21,0
Снижение зольности исходного продукта, не менее	%	20	20

Гравітаційна сепарація

Окончание табл. 1

1	2	3	4
<i>Технологическая операция № 7</i>			
Обогащение машинного класса 0-6 мм пневмовиброгравитационным способом			
Производительность, не более	т/ч	100	100
Плотность разделения для:			
каменного угля	кг/м ³	1900	1800
антрацита	кг/м ³	2000	1900
Засорение отходов угольными частицами, не более, для категорий обогатимости:			
легкой	%	14,5	14,5
средней	%	17,3	17,3
трудной	%	19,2	19,2
очень трудной	%	25,0	25,0
Снижение зольности исходного продукта, не менее	%	15	15
<i>Технологическая операция № 8</i>			
Выделение технологического воздуха с помощью спирального устройства (I стадия пылеулавливания)			
Извлечение технологического воздуха, не менее	%	85	83
Расход воздуха в границах	тыс. м ³ /ч	55-100	75
<i>Технологическая операция № 9</i>			
Выделение крупнозернистой пыли с помощью центробежных сил (II стадия пылеулавливания)			
Извлечение пыли, не менее	%	70	75
Расход воздуха в границах	тыс. м ³ /ч	5-14	9,5
<i>Технологическая операция № 10</i>			
Выделение тонкозернистой пыли с помощью фильтрования рабочего воздуха (III стадия пылеулавливания)			
Эффективность пылеулавливания, не меньше	%	95	98
Содержание твердого в воздухе возвращается в атмосферу, не более	мг/м ³	50	50
Расход воздуха в границах	тыс. м ³ /ч	5-14	5,5

На основании полученных исходных данных ГП "Укрниуглеобогащение" разработано ТЗ на технологию сухого обогащения углей с применением пневматических сепараторов "Технология ТОП-200", расчетная качественно-количественная схема которой приведена на рисунке, а баланс продуктов обогащения в табл. 2.

Таблица 2

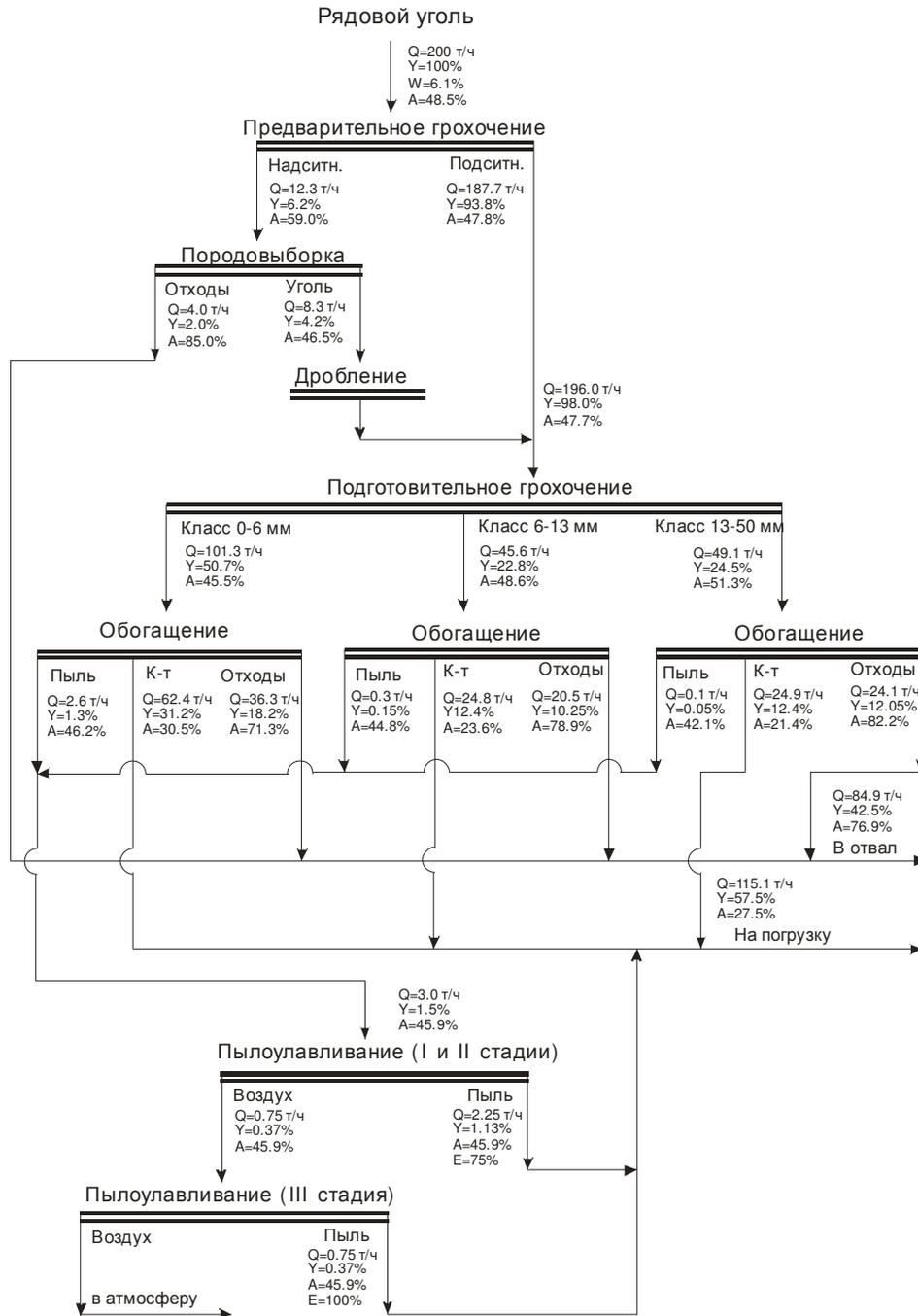
Баланс продуктов технологии обогащения угля с использованием
пневматических сепараторов

Продукты	Показатели		
	Количество, т/год.	Выход, %	Зольность, %
Концентрат	115,1	57,5	27,5
Отходы	84,9	42,5	76,9
Всего	200,0	100,0	48,5

Гравітаційна сепарація

Из данных табл. 2 следует, что зольность концентрата составляла 27,5% (меньше 30%), зольность отходов 76,9%. Снижение зольности исходного угля – 21% (более 20%).

Из рисунка следует, что зольность исходных продуктов сепараторов уменьшается со снижением крупности машинных классов с 51,3 до 45,5%, зольность концентрата растет с 21,4 до 30,5%, а зольность отходов составляет 82,5, 78,9 и 71,3%, соответственно, для классов 13-50, 6-13 и 0-6 мм.



Качественно-количественная схема технологии сухого обогащения угля с использованием пневматических сепараторов типа СІсП-1,4-МПт

Выводы

В ГП "Укрнииуглеобогащение" разработана технология сухого обогащения угля ТОП-200 с применением пневматических сепараторов, позволяющая в зависимости от зольности исходного материала получать снижение зольности товарной продукции на 15...20%. Лучшие качественно-количественные показатели сухого обогащения угля достигаются при его обогащении тремя машинными классами 13-50, 6-13 и 0-6 мм на пневматических сепараторах типа СІсП-1,4-МПт.

Список литературы

1. XIV international coal preparation congress and exhibition. – Sandton, South Africa. – 2002. – 496 s.
2. XV international coal preparation congress and exhibition. – Peking, China University of Mining and Technology Press, 2006. – V.2. – 435 s.
3. XIII international coal preparation congress and exhibition. – Tokio: Japan. – 1994. – V.1. – 384 s.
4. XIV international coal preparation congress and exhibition. – Brozlaw: Polan. – 1998. – V 1. – 322 s.
5. **Самылин Н.А., Починок В.В.** Влияние мелких классов на процесс отсадки. В кн. : "Труды Укрнииуглеобогащение". – М.: Недра. – 1963. – Т.2. – С. 70-84.
6. **Бевзенко Б.Ф.** О необходимости ситовой классификации питания флотации на углеобогатительных фабриках // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. 23(64). – 69-73.
7. **Полулях А.Д., Мельничук В.Д., Резниченко Г.Л.** Влияние гранулометрического состава угольных шламов на способы их обработки // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1999. – Вип. 6(47). – С. 22-24.
8. **Полулях А.Д.** Обогащение рядового угля пятью машинными классами // Уголь Украины. – 1999. – № 5. – С. 49-50.
9. **Полулях А.Д., Ищенко О.В.** Состояние подготовки обогащения машинных классов угля на Украине // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. № 23(64). – С. 21-26.
10. **Ищенко О.В.** Обоснование и выбор диапазонов крупности машинных классов при обогащении угля // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2006. – №25(66). – С. 23-28.
11. **Полулях А.Д., Ищенко О.В.** Определение диапазона крупности машинных классов на основе закона равнопадаемости угольных частиц в водной среде // Геотехническая механика: Науч.-техн. сб. – 2005. – Вып. № 58. – С. 146-152.
12. **Полулях А.Д., Полулях О.В., Фирсов В.О.** О нормировании засорения продуктов гидравлической отсадки углей некондиционными фракциями // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – № 40(81). – С. 96-104.
13. **Берлин А.М., Чигринцев П.В., Лехциер О.Л.** Оценки адекватности математического моделирования временных рядов для качественно-количественных показателей угля и продуктов его обогащения // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 32(73). – С. 21-32.
14. **Полулях А.Д.** Анализ работы технологических схем углеобогатительных фабрик // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2004. – Вип. 19(60). – С.3-9.
15. **Мельничук В.Д., Полулях А.Д.** Технологические особенности обогащения углей Западного Донбасса // Сб. научн. трудов НГАУ. – 1998. – № 3. – Т. 4. – С.100-108.
16. **Мехальчишин В.С., Мамренко В.Г., Табагари Э.Ж.** Результаты приемочных ис-

Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 44(85)

Гравітаційна сепарація

пытаний винтового сепаратора СВ3-1250 // Уголь України. – 1999. – № 5. – С. 51-55.

17. **Кочетов В.В., Беринберг З.Ш., Мехальчишин В.С., Ямпольский М.Н.** Конкурентоспособность винтовых шлюзов с зарубежными винтовыми сепараторами // Уголь Украины. – 1997. – № 2-3. – С. 34-36.

18. **Кирнарский А.С., Полулях А.Д.** Об эффективной работе гидросайзеров // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2001. – Вип. 11(52). – С. 47-53.

19. **Мавренко Г.А.** Сравнительный анализ флотационных машин различных типов // Уголь Украины. – 2004. – № 2. – С. 42-44.

20. **Горидько Ю.И., Мамренко В.Г., Ищенко О.В.** О применении мокрой винтовой сепарации при обработке угольных шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. № 22(63). – С. 59-64.

21. **Полулях А.Д.** Технологические принципы управления качеством угольной продукции // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – № 41(82)-42(83). – С. 251-256.

22. **Полулях А.Д.** Перспективы развития технологических схем углеобогачительных фабрик // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – № 32(73). – С. 54-55.

23. **Паршин О.П.** Пневматические сепараторы для обогащения углей (обзор) // Обогащение и брикетирование углей. – 1962. – № 25. – С. 38-60.

24. **Кофанов А.С., Чумак В.Ф., Ефремов Ю.И.** Пневмовибрационный способ обогащения угля // Уголь Украины. – 2006. – № 4. – С. 42-45.

25. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.2006 р. № 309 "Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин з стаціонарних джерел".

© Полулях О.Д., Філіппенко Ю.М., 2011

*Надійшла до редколегії 10.03.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*