

**А.С. КИРНАРСКИЙ**, д-р техн. наук  
(Германия, "Инжиниринг Доберсек ГмБХ")

## **ТЕХНОЛОГИЯ СУХОГО ПРОИЗВОДСТВА ФОСФОРИТОВОЙ МУКИ**

На переработку в условиях Туркменабатского химического завода (Туркменистан) поступает фосфоритовая руда с содержанием фосфорного ангидрида на уровне 24%. Влажность материала – 5%, индекс работы по Бонду менее 12 кВт·час/т. Гранулометрический состав исходного сырья представлен в табл. 1.

*Таблица 1*

Гранулометрический состав исходной фосфоритовой руды			
Класс крупности, мм	Выход классов, %	Класс крупности, мм	Выход классов, %
40-70	12,83	4-7	2,11
15-40	67,18	1-4	0,99
10-15	12,67	0-1	0,63
7-10	3,59	Итого	100,00

Так как настоящая руда имеет средневзвешенный диаметр 27,56 м, что неприемлемо для последующего ее эффективного использования в технологическом процессе, то была разработана сухая технология производства фосфоритовой муки (рис. 1) при заданных параметрах готового продукта: производительность – 150 тыс. т в год, влажность – 1% и дисперсность – 70% кл. -0,16 мм.

Согласно данной технологии исходная руда при помощи грейферного крана разгружается из железнодорожных вагонов в промежуточный склад, откуда через бункер питателем материал подается на вибрационный грохот, работающий в замкнутом цикле с конусной дробилкой типа КМД. Степень дробления – 7,33. Средневзвешенный диаметр дробленого продукта – 3,76 мм. Производительность конусной дробилки – 58 т/ч при разгрузочной щели на уровне 12-13 мм. Мощность приводного электродвигателя – 90 кВт. Место выгрузки дробленой руды из дробилки оборудуется аспирируемым укрытием, в котором поддерживается разрежение на уровне 8 Па. Скорость воздуха в месте присоединения аспирационной воронки к укрытию принимается равной 1,0-1,5 м/с. Расход воздуха, удаляемого от аспирируемого укрытия, составляет 8000 м<sup>3</sup>/ч. Средняя концентрация пыли в отсасываемом воздухе – 0,40 г/м<sup>3</sup>.

Применение грохота в голове процесса позволяет совместить операции предварительного и поверочного грохочения, при этом для обеспечения высокой эффективности грохочения по граничной крупности 8 мм грохот выполнен двухситным при площади просеивающей поверхности 5,4 м<sup>2</sup>. Первое сито грохота имеет ячейку размером 11мм, второе сито ячейку размером 8 мм. Угол наклона деки грохота 18°. Мощность приводного электродвигателя – 15 кВт. Величина циркуляционной нагрузки составляет 165,7%. Производительность грохота – 93 т/ч.

В месте установки вибрационного грохота предусматривается емкое укры-

**Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 46(87)**

## **Підготовчі процеси збагачення**

тие, в котором поддерживается разрежение на уровне 8-10 Па. Скорость воздуха в месте присоединения аспирационной воронки к укрытию принимается равной 1,0-1,5 м/с. Расход воздуха, удаляемого от аспирируемого укрытия, составляет 3000 м<sup>3</sup>/час. Средняя концентрация пыли в отсасываемом воздухе – 0,35 г/м<sup>3</sup>. Тогда потери дробленой руды на стадии ее грохочения равны 1050 г/час. Ленточный конвейер тоже имеет укрытие, при этом объем аспирируемого воздуха принимаем 1500 м<sup>3</sup>/ч. Средняя концентрация пыли в отсасываемом воздухе – 1,20 г/м<sup>3</sup>. Тогда потери дробленой руды на стадии ее транспортирования равны 1900 г/ч.

Общие потери фосфоритовой руды на стадии ее дробления равны 3200 г/ч.

Общие потери фосфоритовой муки на стадии ее грохочения, дробления и транспортировки оцениваются в 6150 г/ч.

Дробление исходной руды в замкнутом цикле с грохотом обеспечивает получение дробленого продукта, который имеет следующий гранулометрический состав (табл. 2).

Таблица 2

Расчетный гранулометрический состав фосфоритовой руды после мелкого дробления			
Класс крупности, мм	Выход классов, %	Класс крупности, мм	Выход классов, %
4-8	46,6	0,25-0,50	4,0
2-4	25,00	0,16-0,25	2,7
1-2	9,7	0-0,16	6,2
0,5-1,0	5,8	Итого	100,00

После дробления по конвейеру материал направляется в сушильный агрегат, который состоит из сушильного барабана, топки и установки пылеулавливания.

Сушильный барабан обеспечивает обезвоживание материала до содержания влаги менее 1,0%. Сушильный агрегат работает на природном газе, удельный расход которого составляет 6,1 м<sup>3</sup>/т сухого материала. Теплота сгорания сжигаемого газа равна 33,18 мДж/м<sup>3</sup>. Природный газ подается в топку, где он сжигается и подается в сушильный барабан в качестве дымового газа-теплоносителя. Количество воздуха, подаваемого в топку равно 15500 м<sup>3</sup>/ч. Общий расход природного газа равен 153 м<sup>3</sup>/ч.

Для очистки отходящих дымовых газов предусмотрена пылеулавливающая установка, оборудованная вытяжным вентилятором и рукавным фильтром, укомплектованным фильтрующими элементами из хемостойкого, высокотемпературного технического текстиля из полиакрильных волокон типа доланит. Рукавные фильтры работают в непрерывном режиме и не требуют постоянного обслуживания. Автономность работы и необходимая эффективность пылеулавливания обеспечивается системой импульсной регенерации фильтрующих элементов при помощи сжатого воздуха, предварительно осушенного и очищенного от масла, влаги и пыли. Длительность импульсов примерно 1 сек. Расход сжатого воздуха – 30 м<sup>3</sup>/ч. Давление сжатого воздуха – не более 6 бар. Площадь фильтрующей поверхности – 210 м<sup>2</sup>. Удельная газовая нагрузка настоящего ру-

кавного фільтра складає  $1,23 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ .

Діаметр воздухопроводу між сушильним барабаном і фільтром – 560 мм, його довжина – 9000 мм. Діаметр воздухопроводу між рукавним фільтром і вентилятором – 560 мм, його довжина – 9000 мм. Для видалення отработаних димових газів передбачено димоход висотою 15 м. Зовнішній діаметр димохода складає 1000 мм. Решткова концентрація пилу в отработаних димових газах не перевищує ПДК пилу на даному підприємстві ( $6 \text{ мг/м}^3$ ). Тоді втрати руди при її сушці складають щогодинно 93 г. Удельний витрат електроенергії при обробці фосфоритової руди в сушильному агрегаті складає  $1,24 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$  руди.

Просушена фосфоритова руда при допомозі шнекового транспортера направляється в шарову мельницю, де під дією удару і істирання в присутстві мелючих тіл (сталі кулі діаметром 30-70 мм) рудні частинки дробляться до крупності 70% класу  $-0,16 \text{ мм}$ . Мельниця складається з сталюого барабана, закритого з обох кінців сталюими кришками. Товщина корпусу барабана – 25 мм. Маса корпусу – 11,8 т. Робоча поверхня захищена футеровочними плитами, виконаними з термообробленої сталі твердістю за Роквеллом (за шкалою С) – 50-55HRC. Кришки литі разом з цапфами – опорами барабана. Частота обертання барабана мельниці складає 20,7 об/хв. або  $74,3\% n_{кр}$ . Головні підшипники мельниці – роликотопшипники діаметром 900 мм, які забезпечують перехід з ковзання на тертя качення. Термін служби роликотопшипників більше 100000 годин. Смазка підшипникового вузла забезпечується з центральної мастиляни.

Вивантаження дробленого продукту відбувається ліфтерами через діафрагму, складену з окремих плит товщиною 40 мм з щелями розміром 8 мм для виходу рудних зерен. Плити виконані з термообробленої сталі твердістю за Роквеллом (за шкалою С) – 48-53HRC. Степень заповнення мельниці шаровою мельницею 28%. Маса дроблячих куль – 23560 кг. Розмір мелючих сталюих куль рівний 30-70 мм. Твердість сталі мелючих тіл за Роквеллом (за шкалою С) – 60-65HRC.

Привід мельниці складається з трьохфазного асинхронного електродвигача з фазним ротором і масляним реостатом, механічно з'єднаного муфтою з гелікоідальним редуктором, який допускає передачу великих крутячих моментів на підвентичну шестерню. Передаточне число такого редуктора – 9,4. Номинальна потужність двигача – 400 кВт. Напруга – 400 В, а частота електричного струму – 50 Гц. Привід обладнано допоміжним вузлом в складі магнітного гальма, детектора швидкості і зворотного зупинки. Установочна потужність допоміжного вузла – 7,5 кВт. Охолодження редуктора здійснюється при допомозі спеціального охолоджуючого контуру в масляній ванні, а також за допомогою вентилятора, встановленого на високоскоростному валу. Зубчастий венець кріпиться з боку завантажувальної кришки барабана. Початковий його діаметр – 3520 мм, ширина зуба – 300 мм, кількість зубців – 160 шт. Маса зубчастого венця – 4,3 т.

Ведуча (підвентична) шестерня кріпиться нижче осі барабана на валу при

## **Підготовчі процеси збагачення**

помощи качающихся подшипников 23134. Срок службы подшипников более 100000 часов. Начальный диаметр шестерни – 462 мм, ширина зуба – 320 мм, количество зубьев – 21 шт. Масса подвенечной шестерни – 1,0 т. Смазка зубчатого венца и ведущей шестерни осуществляется посредством отдельного устройства, снабженного пневмонасосом. Давление сжатого воздуха в пневмосистеме – 6 бар, расход сжатого воздуха – 6,0 м<sup>3</sup>/ч. Удельный расход электроэнергии на измельчительном переделе составляет до 10 кВт·ч/т руды.

Для обеспечения заданной чистоты готовой продукции (70% класса менее 0,16 мм) предусмотрена сепарация сухого помола в воздушном сепараторе, работающего в замкнутом цикле с шаровой мельницей. Измельченная фосфоритовая руда элеватором подается в питающий лоток, откуда материал засасывается в приемный патрубок сепаратора типа VTP 1300. Размеры приемного патрубка – 2×160×160 мм. Для обеспечения пневмотранспорта 40 т/ч измельченной руды потребный объем воздуха составляет 30000 м<sup>3</sup>/ч. Питающий воздушный фланец имеет размеры: 650×710 мм. Загрузочное устройство обеспечивает равномерное распределение материала в рабочей зоне сепаратора, что определяет высокую эффективность разделения частиц по крупности. Для снижения турбуленций в процессе сепарации предусмотрено равномерное распределение воздушного потока, подаваемого в установку. Поверхности, подвергающиеся интенсивному износу, футеруются базальтовыми или керамическими плитами.

Для создания центробежного поля высокой интенсивности внутри сепаратора на вертикальном валу встроен перфорированный ротор. Установочная мощность привода – 37 кВт. На роторе установлены лопасти, выполненные из высоколегированных сплавов и имеющие износостойкое покрытие. В зависимости от требуемой тонины помола регулируется частота вращения ротора, расход подаваемого воздуха и размер отверстий ситчатой поверхности ротора.

В условиях высокоинтенсивного центробежного поля материал разделяется на крупно- и тонкозернистую часть, при этом крупный материал разгружается в нижней части конуса, а готовая тонкая фракция воздухом через отверстия ротора и боковую горловину уносится в фильтр.

Альтернативно, на этой стадии технологического может быть предусмотрено сухое грохочение сухого помола на виброгрохоте, работающего в замкнутом цикле с шаровой мельницей. Измельченная фосфоритовая руда элеватором подается на грохот, где имеет место отсев некондиционной фракции более 1 мм. Надрешетный продукт возвращается на доизмельчение в шаровую мельницу, а подрешетный продукт поступает в систему пневмотранспорта. Размер ячеек сита – 1 мм. В зависимости от требуемой тонины помола регулируется частота вращения ротора, расход подаваемого воздуха и размер отверстий ситчатой поверхности ротора.

Так как фосфоритовая руда сильно пылит, то предусмотрена аспирационная система для следующих узлов перегрузки руды:

- разгрузка исходной руды из питающего бункера на ленточный конвейер, ее транспортирование и последующая загрузка в сушильный барабан

## Підготовчі процеси збагачення

• разгрузка просушенной руды из сушильного барабана на ленточный конвейер, ее транспортирование и подача в шаровую мельницу

При оборудовании укрытий исходят из условий создания достаточной емкости в местах образования повышенного давления, учета направления и формы пылевоздушного потока конфигурацией укрытия и обеспечения максимальной герметизации при минимальной площади неизбежных открытых рабочих проемов и неплотностей. Для предотвращения выбивания пыли из укрытия необходимо поддерживать устойчивый режим разрежения – не менее 0,2 мм вод. ст. Скорость движения воздуха в местах присоединения аспирационных воронок к укрытиям принимали в пределах 0,7-1,0 м/с.

Фосфоритовая мука требуемой дисперсности подается в существующие силоса при помощи пневмотранспортной установки нагнетательного действия. Расчетная подача компрессора по всасываемому воздуху – 10 м<sup>3</sup>/мин. Установленная мощность электродвигателя компрессора – 35 кВт. Складирование готовой фосфоритовой муки имеет место в существующем складе фосфатного сырья, который состоит из четырех силосов. Вместимость каждого силоса – 3000 т.

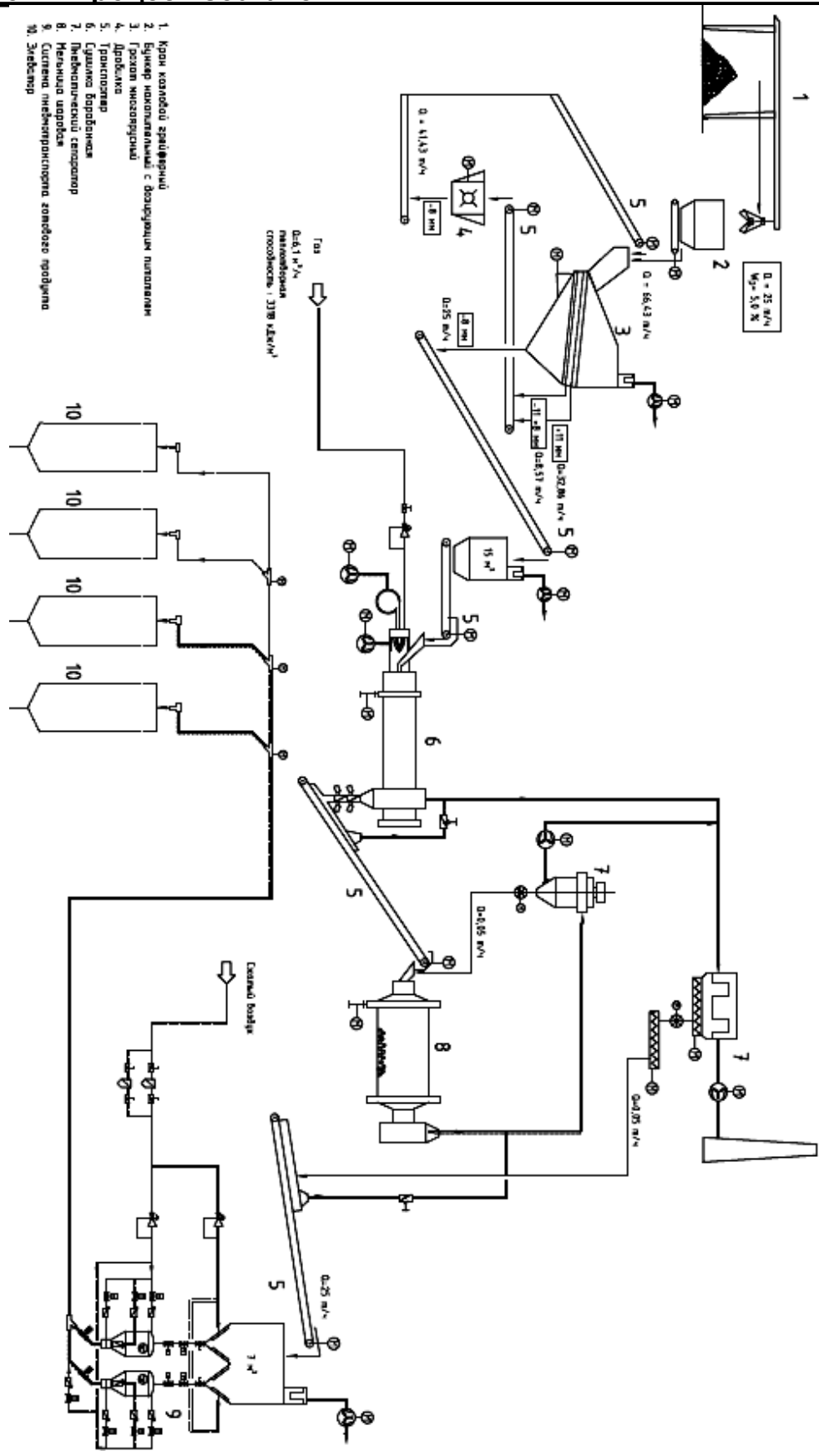
Результаты расчета потребного количества электроэнергии по предложенной технологии сведены в табл. 3.

*Таблица 3*

Расход электроэнергии по основному оборудованию технологической линии для производства фосфоритовой муки

Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Уст. мощность, кВт	Общая уст. мощность, кВт	Потребляемая мощность, кВт	КИО	Расход эл. энергии
1. Кран грейферный	1	120,00	120,00	36,00	0,90	32,40
2. Грохот вибрационный	1	15,00	15,00	6,00	0,60	3,60
3. Дробилка	1	90,00	90,00	36,00	0,60	21,60
4. Ленточный конвейер	1	5,00	5,00	2,00	0,90	1,80
5. Сушилка барабанная	1	25,10	25,10	18,83	0,90	16,94
6. Система пылеулавливания	1	19,00	19,00	15,20	0,90	13,68
7. Шнековый транспортер	1	4,00	4,00	2,40	0,90	2,16
8. Мельница шаровая	1	400,00	400,00	280,00	0,90	252,00
9. Пневмосепаратор	1	37,00	37,00	29,60	0,90	26,64
10. Аспирационная система	1	17,00	17,00	13,60	0,90	12,24
11. Система пылеулавливания	1	15,00	15,00	12,00	0,90	10,80
12. Компрессор пневмонасоса	1	35,00	35,00	24,50	0,90	22,05
Расчетная мощность, кВт		782,10				415,91
Расчетная мощность, кВА						332,73
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т						16,64
Годовой расход электроэнергии, млн.кВт·ч/год						2,99

# Підготовчі процеси збагачення



1. Кори каменної збагачувач
2. Вагівий апарат з ваговим підсилювачем
3. Конвеєр
4. Дробилка
5. Транспортер
6. Сумішник
7. Мельнический станок
8. Мельнический станок
9. Система інформатизації загального профілю
10. Зернохранилище

Технологическая линия сухого производства фосфоритовой муки  
**Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 46(87)**

## **Підготовчі процеси збагачення**

Основные показатели разработанной технологии производства фосфоритовой муки:

Производительность линии,	25,00 т/ч
Содержание класса (-0,16 мм) в готовом продукте,	не менее 70,00%
Влажность фосфоритовой муки	не более 1,00%
Удельный расход электроэнергии	16,64 кВт·ч/т
Удельный расход природного газа	6,1 м <sup>3</sup> /т

© Кирнарский А.С., 2011

*Надійшла до редколегії 15.09.2011 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*