

УДК 621.928.83

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА БЕГУЩЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПУЛЬП

Угольников А.В., Горелова А.Е.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург,
e-mail: ugolnikov@yandex.ru

Задачей любого предприятия является: снижение издержек производства, привлечение инвестиций для внедрения новых прогрессивных технологий по добыче, переработке и транспортировке сырья, воспроизводство эффективной минерально-сырьевой базы. На обогатительных фабриках заключительным процессом обогащения полезных ископаемых является обезвоживание пульп. Данный процесс влечет большие экономические затраты за счет расходов на электроэнергию и фильтроткань вакуум-фильтров. Наиболее перспективным является замена вакуум-фильтров на устройства, в которых пульпа обезвоживается под воздействием на неё бегущего магнитного поля. Использование такого устройства позволит существенно повысить качество железорудного концентрата, снизить потери полезного компонента и расходы на электрическую энергию, исключить затраты на фильтроткань и тем самым снизить себестоимость продукции. Принцип работы подобных устройств обезвоживания заключается в том, что магнитные частицы, попадая в зону действия бегущего магнитного поля, начинают перемещаться против направления этого поля. В данной работе предлагается заменить вакуум-фильтр на установку обезвоживания ферромагнитных пульп на основе действия бегущего магнитного поля. Данная установка позволяет уменьшить капитальные затраты, затраты на ремонт и затраты на расходные материалы. В произведенном расчете видно, что замена имеющегося оборудования на новое приводит к годовому экономическому эффекту в эксплуатационных издержках. Это указывает, что если основываться на соображениях исключительно экономического порядка, то замена на устройство обезвоживания является надежным капиталовложением.

Ключевые слова: обезвоживание, вакуум-фильтр, устройство обезвоживания, экономическая эффективность, капитальные затраты, затраты на ремонт, обогащение полезных ископаемых

USING EFFECTS RUNNING MAGNETIC FIELD DURING DEHYDRATION FERROMAGNETIC PULPS

Ugolnikov A.V., Gorelova A.E.

Ural State Mining University, Yekaterinburg, e-mail: ugolnikov@yandex.ru

The objective of any enterprise is: lower production costs, to attract investments for the introduction of new advanced technologies for the extraction, processing and transportation of raw materials, efficient reproduction of the mineral resource base. Dehydration pulps is the final process in mineral processing. This process has great economic costs due to energy costs and the filter cloth vacuum filters. The most promising is the replacement of vacuum filters in the unit where the pulp is dehydrated under the influence of it on the traveling magnetic field. Using such a device would significantly improve the quality of iron ore concentrate, to reduce the loss of the useful component and the cost of electrical energy, eliminate the cost of filter cloth and thereby reduce production costs. The principle of operation of such dewatering devices is that magnetic particles entering the coverage area of the running magnetic field, begin to move against the direction of the field. In this paper, we propose to replace the vacuum filter installation ferromagnetic dewatering slurries based on the action of the running magnetic field. This setting allows you to reduce capital costs, repair costs and the cost of consumables. In the works of the calculation shows that the replacement of existing equipment with new, leads to the annual economic effect in the operating costs. This indicates that if based solely on considerations of economic order, the replacement dewatering device is a sound investment.

Keywords: dehydration, vacuum filter, dehydration device, economic efficiency, capital expenditure, repair costs, mineral processing

Важнейшими задачами предприятий добывающей отрасли являются: снижение издержек производства, привлечение инвестиций для внедрения новых прогрессивных технологий по добыче, переработке и транспортировке сырья, воспроизводство эффективной минерально-сырьевой базы. Сегодня предприятия добывающей отрасли стремятся достичь максимальной производительности труда и отдачи капиталовложений.

В процессах обогащения полезных ископаемых вода в определённом соотношении к массе твёрдого материала проходит через весь технологический цикл обогатительной

фабрики. Для получения высоких показателей обогащения каждую технологическую операцию проводят при оптимальном соотношении жидкого к твёрдому (Ж:Т).

Потребление воды при обогащении полезных ископаемых зависит от технологической схемы их переработки, характеристик исходного сырья, конечной крупности перерабатываемых продуктов. В среднем расход воды только на технологические нужды изменяется в пределах 3–6 м³ на 1 тонну обогащаемой руды, достигая 15 м³ на 1 тонну и более на фабриках с развитой гравитационной технологией.

Процессы обезвоживания являются ключевыми на обогатительных фабриках с мокрым обогащением. Цена продукции зависит от содержания в ней влаги; на себестоимость также влияют потери продукта при обезвоживании, расходы на электроэнергию и фильтроткань вакуум-фильтров.

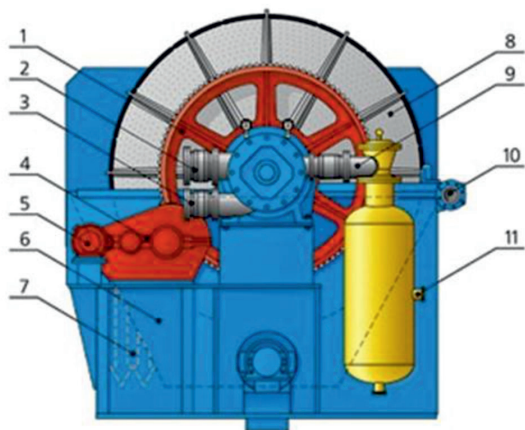


Рис. 1. Диск вакуум-фильтр ДУ-100:

1 – шестерня привода; 2 – отдувка (съем осадка); 3 – отвод фильтра; 4 – редуктор привода; 5 – двигатель; 6 – корыто; 7 – выгрузка осадка; 8 – фильтровальные диски; 9 – сушка осадка; 10 – труба подачи суспензии; 11 – к вакуум-насосу

Технологические требования к работе отделения обезвоживания заключаются в следующем [3, 4]:

- обеспечение требуемого количества выходного продукта;
- снижение потерь полезного компонента (железа) со сливом сгустителя;
- повышение производительности отдельных агрегатов отделения обезвоживания;
- снижение затрат электроэнергии и материалов;
- поддержание производительности отделения обезвоживания на уровне не ниже уровня производительности основных пределов обогащения;
- получение концентрата с содержанием влаги, не превышающим норм технологического процесса.

Недостатком данной технологии обезвоживания является влажность кека выше нормы – 9,8%. Одним из несовершенных устройств в традиционной технологии обезвоживания является вакуум-фильтр. Данный фильтр имеет следующие недостатки [1, 2]:

- большое количество вспомогательного оборудования на один фильтр (вакуум-насос – 1 шт.; турбовоздуходувка – 1 шт.),

что обуславливает большие затраты на электроэнергию;

- в процессе фильтрации происходит повреждение фильтроткани, забивка пор ткани частицами, химическая цементация волокон, что требует периодической замены фильтроткани и дополнительных затрат;

- для нормальной работы вакуум-фильтров необходимо стабилизировать плотность питания на уровне 55–60%, вакуум – на максимальном уровне.

Всё это обуславливает большие эксплуатационные расходы на данный фильтр и сложную систему управления. При всех перечисленных выше недостатках вакуум-фильтра становится актуальной разработка и расчёт новых устройств, позволяющих заменить сложные в эксплуатации вакуум-фильтры.

Наиболее перспективной является замена вакуум-фильтров на устройства, в которых пульпа обезвоживается под воздействием на неё бегущего магнитного поля. Использование такого устройства позволит существенно повысить качество железорудного концентрата, снизить потери полезного компонента и расходы на электрическую энергию, исключить затраты на фильтроткань и тем самым снизить себестоимость продукции.

Принцип работы подобных устройств обезвоживания заключается в том, что магнитные частицы, попадая в зону действия бегущего магнитного поля, начинают перемещаться против направления этого поля. Наиболее распространены два способа получения бегущего магнитного поля: с помощью трёхфазных линейных индукторов и с помощью перемещающихся постоянных магнитов. Первый способ получения бегущего магнитного поля отличается высокой конструктивной надёжностью, поскольку не содержит подвижных рабочих частей, и более приемлем для устройств обезвоживания, основанных на принципе бегущего магнитного поля.

Общий вид устройства изображён на рис. 2.

Устройство включает рабочий орган в виде короба 1 из немагнитного материала, установленный под углом к горизонту α с образованием зон сгущения 2 и сушки 3, причем участок короба в зоне сгущения выполнен с углом наклона к горизонту меньшим, чем угол наклона короба в зоне сушки, магнитную систему 4, сливной порог 5, установленный в торцевой части короба в зоне сгущения, приемник обезвоженного продукта 6 и водосборник 7.

Магнитная система содержит также фильтр верхних частот и фильтр импульсов. Благодаря фильтру верхних частот, не пропускающему переменный ток, включённому в цепь импульсного тока, достигается прохождение трёхфазного переменного

тока по всем обмоткам и тем самым создание бегущего магнитного поля под всем днищем короба [5, 7].

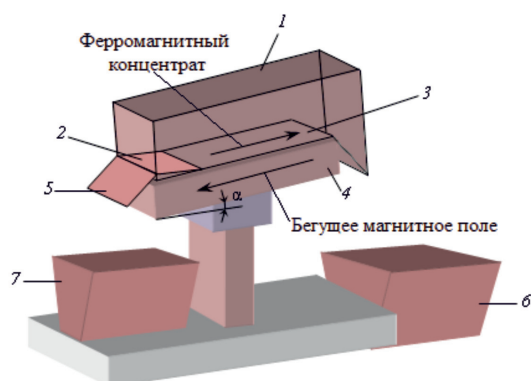


Рис. 2. Общий вид устройства обезвоживания ферромагнитных пульп

При прохождении тока, создаваемого источником импульсного поля, в обмотках магнитной системы, расположенной под зоной суши, создаётся магнитное поле импульсного тока большой амплитуды и скважности. По остальным обмоткам импульсный ток не проходит благодаря фильтру импульсов, включённому в цепь трёхфазного переменного тока. В качестве фильтра верхних частот возможно использование типовых схем, например схем типовых RC- и LC-фильтров, активных фильтров, в качестве фильтра импульсов – схем типовых полосовых фильтров. Для формирования импульсного тока большой амплитуды и малой скважности используются типовые схемы генераторов сигналов, например, на базе триггеров Шмидта [6].

Устройство работает следующим образом: тонкоизмельченную ферромагнитную пульпу с содержанием влаги 30–60% подают в короб 1 на границу раздела зон сгущения 2 и суши 3. Ввиду того, что угол наклона к горизонтали зоны 3 больше угла наклона зоны 2, пульпа попадает в зону сгущения 2, где происходит осаждение ферромагнитных частиц и перемещение их вверх по днищу короба 1 встречно направлению бегущего поля. Вода удаляется из короба через сливной порог 5. При перемещении ферромагнитных частиц вверх по днищу короба 1 в зоне суши 3 происходит удаление влаги из осадка под действием собственной силы тяжести вниз по днищу. Для удаления остаточной влаги в обезвоживаемом материале на него в зоне суши воздействуют дополнительно магнитным полем импульсного тока большой амплитуды и скважности, создаваемого посредством подключения источника

и фильтра к обмоткам, размещенным под зоной суши 3. Обезвоженный продукт поступает в приёмник 6.

При замене вакуум-фильтра ДУ-100 на устройство обезвоживания, основанное на принципе бегущего магнитного поля, возможно высвобождение из рабочего цикла вакуум-насоса ВН-120 и турбовоздуходувки ТВ-80.

Рассмотрим вариант замены на установку только вакуум-фильтра ДУ-100. Базовый вариант – вакуум-фильтр ДУ-100, расчетный вариант – устройство обезвоживания на основе действия бегущего магнитного поля.

Таблица 1

Капитальные затраты
на вакуум-фильтр ДУ-100

№ п/п	Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
1	Фильтр ДУ-100	1350
2	Фильтроткань	770
3	Транспортные расходы	71,58
4	Стоимость монтажных работ	568,2
Общая сумма капитальных затрат		2759,78

Таблица 2

Капитальные затраты
на устройство обезвоживания

№ п/п	Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
1	Стоимость установки (металл, обмоточный провод, электро-техническая сталь, оргстекло)	355
2	Стоимость монтажных работ	50
Общая сумма капитальных затрат		405

Расчет расходов на электроэнергию

$$C_э = P \cdot T_{вр} \cdot k_m \cdot C, \quad (1)$$

где P – мощность объекта; $T_{вр}$ – годовое фонд рабочего времени; k_m – коэффициент использования по мощности; C – стоимость электроэнергии.

Базовый вариант:

$$C_э = 11 \cdot 8760 \cdot 0,8 \cdot 1,75 = 134904, \text{ руб.}$$

Расчетный вариант:

$$C_э = 34,5 \cdot 8760 \cdot 0,8 \cdot 1,75 = 423108, \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы

Основная зарплата рабочих.

$$C_{ос} = t \cdot T_{тар} \cdot 1,808, \quad (2)$$

где $T_{тар}$ – тарифная ставка рабочего 1-го разряда – 59 руб. 1,49 – коэффициент для рабочих 4-го разряда; t – годовое фонд рабочего времени; 1,808 – коэффициент, учитываю-

ций: 40 % – премия; 20 % – уральский коэффициент; 35,8 % – единый социальный налог.

Расчет заработной платы по основному и базовому вариантам.

$$C_{oc} = 8760 \cdot 87,9 \cdot 1,808 = 1392167, \text{ руб.}$$

Зарплата на ремонт

$$C_{oc} = t_p \cdot n \cdot T_{\text{тар}} \cdot 1,808, \quad (3)$$

где t_p – единицы ремонтной сложности; n – коэф. сложности ремонта.

В табл. 3 представлены затраты на ремонт вакуум-фильтра и устройства обезвоживания.

Таблица 3
Затраты на ремонт

№ п/п	Параметр	ДУ-100	Устройство обезвоживания
1	t_p (чел/час)	146	55
2	Капитальный ремонт, руб.	9490	1300
3	Средний ремонт, руб.	1460	950
4	Текущий ремонт, руб.	630	250
5	$t_{\text{общ}}$	1304	305
Общие затраты на ремонт, руб.		311200	72790

В смете годовых эксплуатационных расходов расходы на вспомогательный материал составляют 2 % от суммы капитальных вложений (K_3).

Базовый вариант:

$$C_{\text{БМ}} = 0,02 \cdot K_3 = 0,02 \cdot 2758200 = 55164, \text{ руб.}$$

Расчетный вариант:

$$C_{\text{БМ}} = 0,02 \cdot K_3 = 0,02 \cdot 405000 = 8100, \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений

По мере износа основные фонды утрачивают не только потребительские свойства, но и стоимость, т.е. воплощенный в них прошлый труд. Однако благодаря производственному использованию основных фондов их первоначальная стоимость не исчезает бесследно, а переносится постепенно трудом рабочих на создаваемую продукцию. Этот процесс называется амортизацией.

Годовые амортизационные отчисления по каждому варианту определяются по формуле

$$A_o = \frac{H_a \cdot K}{100}, \quad (4)$$

где H_a – норма амортизационных отчислений; K – стоимость объекта.

Для базового варианта норма отчислений составляет – 5,5 %.

Для новой установки норма отчислений составляет – 5 %.

Базовый вариант:

$$A_o = \frac{5,5 \cdot 2120000}{100} = 116600, \text{ руб.}$$

Расчетный вариант:

$$A_o = \frac{5 \cdot 355000}{100} = 17750, \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в табл. 4.

Таблица 4
Анализ затрат

№ п/п	Наименование расходов	Базовый вариант, $C_{\text{бв}}$	Расчетный вариант, $C_{\text{рв}}$
1	Капитальные затраты, руб.	2758200	405000
2	Амортизация, руб.	116600	17750
3	Электроэнергия, руб.	134904	423108
4	Основная зарплата, руб.	1392167	1392167
5	Затраты на ремонт, руб.	311200	72790
6	Затраты на материалы, руб.	55164	8100
Общие затраты, руб.		4768235	2318915

Годовая экономия

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= C_{\text{бв}} - C_{\text{рв}} = \\ &= 4768235 - 2318915 = 2449320, \text{ руб.} \end{aligned}$$

Выпускать больше продукции и лучшего качества – это цель каждого предприятия. При наличии на рынке современных, модернизирующих производство машин любому предприятию становится все труднее обходиться со старым, изношенным оборудованием, особенно в том случае, когда конкуренты фирмы стали на путь модернизации производства. Установка нового оборудования обычно приводит к значительному снижению издержек на труд, на некоторых автоматизированных предприятиях заработная плата производственных рабочих составляет почти ничтожный процент от общих издержек. Даже на предприятиях с большим количеством ручного труда новое оборудование резко повышает производительность, улучшает моральное состояние рабочих и снижает себестоимость единицы продукции.

Перед руководством предприятия также остро встают проблемы непрерывного использования основного оборудования в режиме эксплуатации, при снижении стоимости технического обслуживания.

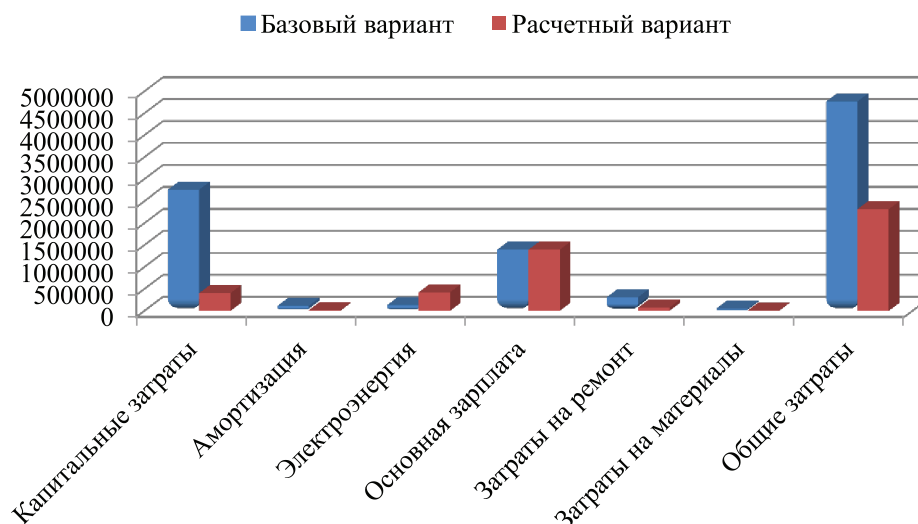


Рис. 3. Сравнение финансовых затрат базового и расчетного вариантов

В произведенном расчете видно, что при замене имеющегося оборудования на новое получится 2449320 руб. годовой экономии в эксплуатационных издержках; это указывает, что если основываться на соображениях исключительно экономического порядка, то замена на устройство обезвоживания явится надежным капиталовложением.

В рассмотренном варианте посчитана экономия только при замене вакуум-фильтра. При замене вакуум-насоса и турбовоздуходувки экономия будет значительно больше.

Список литературы

1. Гринченко В.А. Обоснование базовой конструкции линейного электродвигателя // Theoretical & Applied Science. – 2013. – Т. 1, № 11 (7). – С. 58–60.

2. Пелевин А.Е. Магнитные и электрические методы обогащения: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 159 с.

3. Суслина Л.А. Обогащение полезных ископаемых. КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2012. – 193 с.

4. Полузадов В.Н. Электрические машины. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 512 с.

5. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. – М.: Изд-во: Горная книга, 2008. – 472 с.

6. Стрелкин Н.А. Взаимодействие магнетитовых частиц и сродков с бегущим магнитным полем // Обогащение руд черных металлов. – М.: Недра, 1975. – С. 168–174.

7. Щеклеина И.Л., Леонов Р.Е. Перемещение железорудной пульпы линейным индуктором. // Электрические машины и машиновентильные системы: Сб. науч. тр. Свердл. ИНЖ. пед. ин-т. – Свердловск, 1989. – С. 114–121.