

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



Обзор рынка магнитных сепараторов для переработки минерального сырья в России

Москва
Апрель, 2016

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/42/501>

Общее количество страниц: 133 стр.

Стоимость отчета – 48 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Аннотация | 11 |
| Введение | 13 |
| 1. Основы технологии магнитной сепарации сырья. Основные характеристики и классификация магнитных сепараторов Типы магнитных сепараторов | 14 |
| 2. Производство магнитных сепараторов в России. Основные компании-производители | 28 |
| ООО «УГМК Рудгормаш-Воронеж» /ОАО «Рудгормаш» | 29 |
| ЗАО «НПО «ЭРГА» | 38 |
| ЗАО «НПО «Механобр-Техника» | 45 |
| ООО «Бурмашснаб», ОАО «Машиностроитель»..... | 49 |
| ООО «Гортехмаш»..... | 51 |
| ООО «ПО «Химсталькомплект» | 53 |
| ООО «НПК ИНТТЕХТЭКС»..... | 55 |
| 3. Экспорт-импорт магнитных сепараторов России (1999-2015 гг.) | 57 |
| 3.1 Экспорт | 57 |
| 3.2. Импорт | 67 |
| 3.3. Экспортно-импортные цены на магнитные сепараторы | 76 |
| 4. Основные поставщики магнитных сепараторов в Россию | 80 |
| ООО «НТЦ магнитной сепарации «Магнис» | 80 |
| ЧМП НПФ «Продэкология» | 88 |
| ОАО «Днепротяжбуммаш»..... | 94 |
| ЗАО «Луганский машиностроительный завод им. А. Я. Пархоменко»..... | 97 |
| ГП ГПКИ ОО «Гипромашуглеобогащение»..... | 99 |
| ООО «Луганский электромашиностроительный завод» (ООО «Научно-производственная компания «ЛЭМЗ-ОГМК»)..... | 102 |
| Eriez Magnetics | 104 |
| Китайские компании..... | 107 |
| 5. Использование магнитных сепараторов для переработки минерального сырья в России | 113 |
| Переработка железорудного сырья..... | 114 |
| Угольная промышленность | 120 |
| Обогащение песка для стекольной промышленности | 126 |
| Другие направления..... | 129 |

| | |
|---|-----|
| 6. Характеристика и прогноз развития рынка магнитных сепараторов в России до 2020 г. | 130 |
| Приложение 1. Адресная книга производителей магнитных сепараторов в СНГ | 132 |
| Приложение 2. Адресная книга основных пользователей магнитных сепараторов в СНГ | 133 |

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1: Основные параметры и размеры сепараторов типа ПБМ
Таблица 2: Основные параметры и размеры сепараторов типа ПБС
Таблица 3: Основные параметры и размеры сепараторов типа ЭВМ
Таблица 4: Основные параметры и размеры сепараторов типа ЭВС
Таблица 5: Основные параметры и размеры сепараторов типа ПБС
Таблица 6: Показатели надежности магнитных сепараторов
Таблица 7: Технические характеристики валковых магнитных сепараторов производства ООО «УГМК Рудгормаш-Воронеж»
Таблица 8: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов производства ООО «УГМК Рудгормаш-Воронеж»
Таблица 9: Основные финансовые показатели ОАО «Рудгормаш» в 2008-2010 гг., тыс. руб.
Таблица 10: Основные финансовые показатели ООО «УГМК Рудгормаш-Воронеж» в 2009-2014 гг., тыс. руб.
Таблица 11: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов серии БСМ НПО «ЭРГА»
Таблица 12: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов серии СМБМ и СМБМ-2 НПО «ЭРГА»
Таблица 13: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов серии МБС НПО «ЭРГА»
Таблица 14: Технические характеристики валковых магнитных сепараторов серии СМВИ-2 НПО «ЭРГА»
Таблица 15: Основные финансовые показатели ООО «ЭРГА», ООО «Сепаратор» и ООО «ЭРГА Плюс» в 2012-2014 гг., тыс. руб.
Таблица 16: Технические характеристики валковых магнитных сепараторов производства ЗАО «НПО «Механобр-Техника»
Таблица 17: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов производства ЗАО «НПО «Механобр-Техника»
Таблица 18: Основные финансовые показатели ЗАО «НПО «Механобр-Техника» в 2009-2014 гг., тыс. руб.
Таблица 19: Технические характеристики магнитных сепараторов типа ПБМ производства ОАО «Машиностроитель»
Таблица 20: Основные финансовые показатели ОАО «Машиностроитель» в 2009-2014 гг., тыс. руб.
Таблица 21: Технические характеристики магнитных сепараторов производства ООО «Гортехмаш»
Таблица 22: Основные финансовые показатели ООО «Гортехмаш» в 2009-2014 гг., тыс. руб.
Таблица 23: Технические характеристики магнитного сепаратора 2ПБМ 60/60 производства ООО «ПО «Химсталькомплект»
Таблица 24: Технические характеристики магнитных сепараторов серии ЛМО производства ООО «НПК ИНТТЕХТЭКС»

- Таблица 25: Основные финансовые показатели ООО «НПК ИНТТЕХТЭКС» в 2009-2014 гг., тыс. руб.
- Таблица 26: Направления и объем экспорта магнитных сепараторов из России в 1999-2015 гг., единиц
- Таблица 27: Основные компании-экспортеры магнитных сепараторов из России в 1999-2007 гг., единиц
- Таблица 28: Основные компании-экспортеры магнитных сепараторов из России в 2008-2015 гг., единиц
- Таблица 29: Направления и объем импорта магнитных сепараторов* России в 1999-2015 гг., единиц
- Таблица 30: Основные компании-поставщики магнитных сепараторов в России в 1999-2007 гг., единиц
- Таблица 31: Основные компании-поставщики магнитных сепараторов в Россию в 2008-2015 гг., единиц
- Таблица 32: Средние цены на экспортируемые из РФ магнитные сепараторы разных марок в 2006-2015 гг., тыс. долл./ед.
- Таблица 33: Средние цены на импортируемые РФ магнитные сепараторы разных марок в 2006-2015 гг., тыс. долл./ед.
- Таблица 34: Технические характеристики роторных сепараторов НТЦ «Магнис»
- Таблица 35: Технические характеристики сепараторов СБМ НТЦ «Магнис»
- Таблица 36: Технические характеристики барабанных сепараторов SDM НТЦ «Магнис»
- Таблица 37: Технические характеристики барабанных сепараторов СБаМ НТЦ «Магнис»
- Таблица 38: Технические характеристики барабанно-ленточных сепараторов НТЦ «Магнис»
- Таблица 39: Технические характеристики отдельных видов роликовых магнитных сепараторов производства НПФ «Продэкология»
- Таблица 40: Технические характеристики отдельных видов барабанных магнитных сепараторов производства НПФ «Продэкология»
- Таблица 41: Российские импортеры магнитных сепараторов ЧМП НПФ «Продэкология» в 1999-2015 гг., ед.
- Таблица 42: Технические характеристики магнитных сепараторов ПБМ производства ОАО «Днепротяжбуммаш»
- Таблица 43: Технические характеристики магнитных дешламаторов ОАО «Днепротяжбуммаш»
- Таблица 44: Технические характеристики отдельных видов магнитных сепараторов производства ЗАО «Луганский машиностроительный завод»
- Таблица 45: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов СБаМ-С «Гипромашуглеобогащение»
- Таблица 46: Технические характеристики барабанных магнитных сепараторов СБаМ «Гипромашуглеобогащение»

- Таблица 47: Технические характеристики роторных электромагнитных сепараторов «Гипромашуглеобогащение»
- Таблица 48: Технические характеристики барабанных сепараторов производства ООО «Луганский электромашиностроительный завод»
- Таблица 49: Технические характеристики магнитных сепараторов НИ компании Eriez Magnetics
- Таблица 50: Технические характеристики сепараторов СТВ компании Shandong Huate Magnet Technology
- Таблица 51: Технические характеристики сепараторов СТВ компании Shanghai Vostosun Industrial
- Таблица 52: Технические характеристики высокоградиентных сепараторов SLon компании SLon Magnetic Separator
- Таблица 53: Производство товарной железной руды основным предприятиями в России в 2006-2015 гг., млн т
- Таблица 54: Характеристика основного оборудования, применяемого при обогащении железорудного сырья на основных железорудных предприятиях России
- Таблица 55: Поставки импортных магнитных сепараторов железорудным предприятиям России в 1999-2015 гг.*
- Таблица 56: Углеобогащительные фабрики России, использующие метод тяжелосредного обогащения
- Таблица 57: Поставки угольным компаниям России импортных магнитных сепараторов для регенерации тяжелых сред в 1999-2015 гг.*
- Таблица 58: SWOT-анализ российского рынка магнитных сепараторов

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1: Замкнутая (а) и открытая (б) магнитные системы магнитных сепараторов
- Рисунок 2: Принципиальные схемы наиболее распространенных типов магнитных сепараторов
- Рисунок 3: Виды магнитных сепараторов в зависимости от направления движения разделяемых частиц
- Рисунок 4: Структура российского производства магнитных сепараторов для переработки минерального сырья (2013-2015 гг.), %
- Рисунок 5: Внешний вид двухбарабанного сепаратора для мокрого обогащения магнетитовых руд ПБМ-150/300М13 производства «Рудгормаш»
- Рисунок 6: Внешний вид барабанного сепаратора для сухого обогащения марки ПБС-90/210А (АС)
- Рисунок 7: Внешний вид двухбарабанных сепараторов на постоянных магнитах типа ПБМ-90/250Р12 для регенерации магнетитового утяжелителя
- Рисунок 8: Динамика поставок на экспорт магнитных сепараторов производства ООО «УГМК Рудгормаш-Воронеж» в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 9: Внешний вид магнитных сепараторов серии МБС производства ЗАО «НПО «ЭРГА»
- Рисунок 10: Внешний вид валкового магнитного сепаратора серии СМВИ производства НПО «ЭРГА»
- Рисунок 11: Динамика поставок на экспорт магнитных сепараторов производства ЗАО «НПО «Механобр-Техника» в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 12: Внешний вид магнитного сепаратора серии ЛМО для сухого магнитного обогащения кварцевого песка производства ООО «НПК ИНТТЕХТЭКС»
- Рисунок 13: Динамика экспорта промышленных магнитных сепараторов из России в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 14: Динамика экспорта лабораторных магнитных сепараторов из России в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 15: Динамика экспорта магнитных сепараторов из России в стоимостном выражении в 1999-2015 гг., млн долл.
- Рисунок 16: Сводная структура поставок магнитных сепараторов по производителям за 1999-2015 гг., %
- Рисунок 17: Основные «прямые» потребители импортируемых из России магнитных сепараторов (1999-2015 гг.), единиц
- Рисунок 18: Сводная структура экспорта магнитных сепараторов из России по основным маркам (1999-2015 гг.), %

- Рисунок 19: Динамика импорта магнитных сепараторов России в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 20: Динамика импорта магнитных сепараторов России в стоимостном выражении в 1999-2015 гг., млн долл.
- Рисунок 21: Сводная структура импорта России магнитных сепараторов* по стране отправления (1999-2015 гг.), %
- Рисунок 22: Сводная структура импорта России магнитных сепараторов* по компании-изготовителю (1999-2015 гг.), %
- Рисунок 23: Сводная структура использования импортных магнитных сепараторов* по областям переработки сырья (1999-2015 гг.), %
- Рисунок 24: Основные российские «прямые» потребители импортных магнитных сепараторов в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 25: Внешний вид роторного магнитного сепаратора с высокоинтенсивным магнитным полем производства НТЦ «Магнис»
- Рисунок 26: Внешний вид комплекса для механизированной магнитной рудоразборки и магнитного обогащения крупнокусковых магнетитовых руд производства НТЦ «Магнис»
- Рисунок 27: Динамика поставок магнитных сепараторов ООО «НТЦ магнитной сепарации «Магнис» в Россию в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 28: Динамика поставок магнитных сепараторов ЧМП НПФ «Продэкология» в Россию в 1999-2015 гг.*, единиц
- Рисунок 29: Внешний вид роликового магнитного сепаратора производства НПФ «Продэкология»
- Рисунок 30: Динамика поставок магнитных сепараторов ОАО «Днепротяжбуммаш» в Россию в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 31: Внешний вид дешламатора МД-5А производств ОАО «Днепротяжбуммаш»
- Рисунок 32: Динамика поставок магнитных сепараторов ЗАО «Луганский машиностроительный завод» в Россию в 1999-2015 гг., ед.
- Рисунок 33: Динамика поставок магнитных сепараторов ООО «Луганский электромашиностроительный завод» в Россию в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 34: Динамика импорта в Россию магнитных сепараторов производства Eriez Magnetics в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 35: Внешний вид барабанного магнитного сепаратора ERIEZ серии HMDA
- Рисунок 36: Динамика импорта в Россию магнитных сепараторов из Китая в 1999-2015 гг., единиц
- Рисунок 37: Внешний вид барабанного магнитного сепаратора серии СТВ компании Shandong Huate Magnet Technology
- Рисунок 38: Внешний вид высокоинтенсивного магнитного сепаратора серии LGS (WHIMS) компании Longi Magnet
- Рисунок 39: Оценочная структура емкости рынка магнитных сепараторов по направлениям применения в России, %

Рисунок 40: Динамика производства товарной железной руды в России в 1998-2015 гг., млн т

Рисунок 41: Динамика обогащения коксующихся и энергетических углей на обогатительных фабриках России в 2004-2015 гг., млн т

Рисунок 42: Динамика добычи стекольных песков в России в 2000-2015 гг., млн т

Аннотация

Настоящий отчет является первым изданием исследования рынка магнитных сепараторов в России.

Цель исследования – анализ российского рынка магнитных сепараторов.

Объектом исследования являются магнитные сепараторы, используемые для переработки минерального сырья.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, статистики железнодорожных перевозок РФ, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов производителей и потребителей магнитных сепараторов.

Хронологические рамки исследования: 1999-2015 гг., прогноз – 2016-2020 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка.

Отчет состоит из **6** частей, содержит 133 страницы, в том числе **58** таблиц, **42** рисунка и **2** приложения.

В **первой главе** даны основы технологии магнитного сепарации сырья, приведена классификация магнитных сепараторов, показаны требования к различным типам магнитных сепараторов.

Вторая глава отчета посвящена производству магнитных сепараторов в России. В этом разделе приведены оценочные объемы выпуска этих аппаратов российскими предприятиями. Дано подробное описание основных производителей магнитных сепараторов в России.

В **третьей главе** анализируются российские внешнеторговые операции с магнитными сепараторами за период 1999-2015 гг. Приведены данные об объемах экспорта и импорта изучаемой продукции, оценены марочная структура аппаратов, представлены основные экспортеры и импортеры. Также в этой главе даны ценовые показатели магнитных сепараторов разных марок и разных производителей.

В **четвертой главе** отчета описано состояние основных поставщиков магнитных сепараторов, как из стран СНГ, так и из дальнего зарубежья в Россию.

Пятая глава посвящена использованию магнитных сепараторов в России, приведена оценочная емкость российского рынка, приведена ее структура по направлениям использования этих аппаратов. Описаны основные области применения и крупнейшие предприятия-потребители магнитных сепараторов.

В **шестой главе** отчета приводится прогноз развития рынка магнитных сепараторов до 2020 г., дан SWOT анализ изученного рынка.

В **приложении** приведена контактная информация производителей и потребителей магнитных сепараторов в России.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка магнитных сепараторов – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих в горно-добывающей промышленности.

Введение

Магнитные сепараторы – это широко распространенное оборудование для отделения магнитных компонентов от немагнитных частиц. Спектр применения магнитных сепараторов в промышленности чрезвычайно широк, однако в данном отчете рассмотрено лишь оборудование, которое используется в процессе переработки минерального сырья.

В настоящее время магнитные сепараторы широко применяются в технологических процессах на горно-обогатительных предприятиях России, главным образом на ГОКах, осуществляющих обогащение железорудного сырья. Также сепараторы используются для регенерации суспензии в процессе обогащения углей, а также для переработки неметаллических полезных ископаемых (прежде всего, стекольных песков).

Широкое использование магнитной сепарации стало возможным благодаря применению для создания магнитных систем эффективных постоянных редкоземельных магнитов (главным образом, Fe-Nd-B).

1. Основы технологии магнитного сепарации сырья. Основные характеристики и классификация магнитных сепараторов Типы магнитных сепараторов

Магнитная сепарация – процесс разделения смесей минералов с помощью магнитных сил на магнитную и немагнитную фракции в воздушной или водной среде.

Физический механизм разделения частиц в процессе магнитной сепарации состоит в том, что минеральные зёрна, обладающие более высокой магнитной восприимчивостью, притягиваются к полюсам магнитной системы магнитных сепараторов и с помощью транспортирующих устройств перемещаются в приёмные устройства магнитных продуктов, а немагнитные или слабомагнитные зёрна потоком выносятся в приёмные устройства немагнитных продуктов.

Процесс магнитной сепарации в зависимости от магнитных свойств разделяемых минералов и напряженности магнитных полей, делят на магнитную сепарацию для сильномагнитных руд и магнитную сепарацию для слабомагнитных руд. Иногда эти процессы называют соответственно магнитной сепарацией в слабом магнитном поле (напряженность магнитного поля от 70 до 120 кА/м и сила поля от $3 \cdot 10^{-5}$ до $6 \cdot 10^{-5}$ кА²/м³) и магнитной сепарацией в сильном магнитном поле (напряженность магнитного поля от 800 до 1600 кА/м и сила поля от $3 \cdot 10^{-7}$ до $1210 \cdot 10^{-7}$ кА²/м³).

Сепарацию в слабом магнитном поле применяют для сильномагнитных железных руд, улавливания металлических предметов и регенерации тяжелых сред. Сепарацию в сильном магнитном поле применяют для обогащения слабомагнитных марганцевых руд, при доводке продуктов обогащения руд цветных и редких металлов, в процессе обезжелезнения графитовых, тальковых и других неметаллических полезных ископаемых.

Для увеличения контрастности магнитных свойств разделяемых компонентов сырья в ряде случаев применяют термообработку (магнетизирующий обжиг) в окислительной или восстановительной атмосфере.

В зависимости от характера среды, в которой происходит разделение частиц на магнитную и немагнитную фракции, различают сухую магнитную сепарацию (воздушная среда) и мокрую магнитную сепарацию (водная среда).

Сухая магнитная сепарация применяется обычно при обогащении руд крупностью 3-100 мм. При обогащении более мелкой руды это процесс имеет ряд недостатков, в частности, ухудшение разделения за счет слипания частиц

из-за наличия в руде влаги и глины; налипание частиц на поверхности устройств, транспортирующих магнитную фракцию.

Эти недостатки отсутствуют при мокрой сепарации, поэтому она нашла широкое применение для обогащения руд крупностью менее 3 мм. При мокрой сепарации налипшие частицы хорошо смываются водой, образование флокул из мелких магнитных частиц благотворно влияет на разделение минералов при обогащении сильномагнитных руд. Отрицательным фактором мокрого магнитного обогащения является более высокое сопротивление воды движению частиц минералов.

Первые сведения об использовании магнитной сепарации для обогащения железных руд датированы XVIII веком. В промышленности магнитная сепарация впервые применена в Швеции в 1892 г. В России первый магнитный сепаратор был изготовлен в 1911 г. и использовался на Урале для обогащения магнетитовых руд. Магнитная сепарация для крупно-вкрапленных слабомагнитных руд начала применяться в 40-х гг. XX века, для тонковкрапленных – в 70-х гг. XX века.

В практике обогащения магнитная сепарация является основным методом обогащения железных и марганцевых руд. При обогащении руд чёрных металлов магнитная сепарация позволяет производить высокосортные концентраты с содержанием Fe до 68%, Mn до 43%. Извлечение магнитных минералов в концентрат превышает 90%.

Магнитная сепарация применяется также для руд цветных и редких металлов, горно-химического и нерудного сырья, в качестве доводочных операций после гравитационных способов обогащения, а также для удаления металлических и железосодержащих примесей из разных материалов (каолиновые глины, формовочные пески и др.). При изготовлении стекла и керамики магнитные сепараторы применяются для очистки песка от железных частиц различного размера, которые придают нежелательные оттенки стеклу, снижают его прозрачность, являются причиной появления «мушек» на керамической плитке. Применение магнитных сепараторов для обогащения шликера (фарфоровой суспензии) и глазури при производстве высококачественного фарфора позволяет повысить их белизну, прочность и улучшить диэлектрические свойства.

Магнитная сепарация предполагает применение оборудования различных типов - магнитных и электромагнитных сепараторов, железоотделителей, анализаторов, дешламаторов, намагничивающих и размагничивающих аппаратов.

Основными конструктивными элементами магнитных сепараторов являются магнитная система, питатель, ванна (при мокром обогащении), транспортирующее устройство (барабаны, валки, роторы), желоба и течи разделяемых продуктов, привод и рама.

В зависимости от физико-химических характеристик разделяемого материала и его крупности используют различные типы магнитных сепараторов (барабанные, валковые, ленточные, дисковые, роторные и др.).

Преимущественное распространение для обогащения сильномагнитных материалов получили барабанные сепараторы, для слабомагнитного сырья – валковые и роторные.

Валковые сепараторы располагают валковой конструкцией рабочего транспортирующего органа; Барабанные сепараторы содержат вращающийся немагнитный барабан и магнитную систему, размещенную внутри барабана. Дисковый сепаратор характеризуется магнитной системой, выполненной из дисковых концентраторов и дисковых магнитов.

Серийно выпускаются сепараторы двух типов: электромагнитные и с постоянными магнитами. Магнитные системы сепараторов могут быть открытыми или замкнутыми, с постоянной или чередующейся полярностью, с бегущим или полиградиентным магнитным полем.

Замкнутые магнитные системы представляют собой два противоположно расположенных магнита с разноименными полюсами. На рисунке 1 а полюс S расположен во вращающемся барабане, а полюс N на неподвижной плоскости. Такие магнитные системы создают высокую напряженность магнитного поля, экономичны и применяются в сепараторах для обогащения слабомагнитных руд.

В основном полюса замкнутых магнитных систем имеют с одной стороны зубья прямоугольного или треугольного сечения, с противоположной стороны – плоскую форму или с выемками различной формы. Сепараторы с замкнутыми магнитными системами имеют рабочую зону сравнительно малой высоты и длины, что вызвано трудностью создания интенсивного поля в большом объеме. Крупность обогащаемых частиц не превышает 5-6 мм.

Открытая магнитная система имеет ряд параллельно расположенных полюсов чередующейся полярности, края которых расположены в плоскости или по цилиндрической поверхности (рис. 1 б). Эти системы могут быть с постоянной и чередующейся полярностью (рис. 2 а, б). Магнитные системы с постоянной полярностью применяются в сепараторах, предназначенных для выделения оскобистых хвостов и высокого извлечения частиц при регенерации тяжелой среды. Сепараторы с открытыми магнитными системами могут иметь большую высоту рабочей зоны и поэтому применяются для обогащения руд крупностью до 100 мм (например, при сухой магнитной сепарации).

Открытые магнитные системы не могут создать высокую напряженность магнитного поля, поэтому их применяют в сепараторах для обогащения сильномагнитных руд. Магнитное поле сепараторов с открытой системой зависит от шага полюсов, отношения толщины полюса к ширине зазора между полюсами, формы полюсных концов, радиуса цилиндрической поверхности, касательной к краям полюсных концов. Шаг полюсов зависит от крупности обогащаемого материала.

Рисунок 1: Замкнутая (а) и открытая (б) магнитные системы магнитных сепараторов

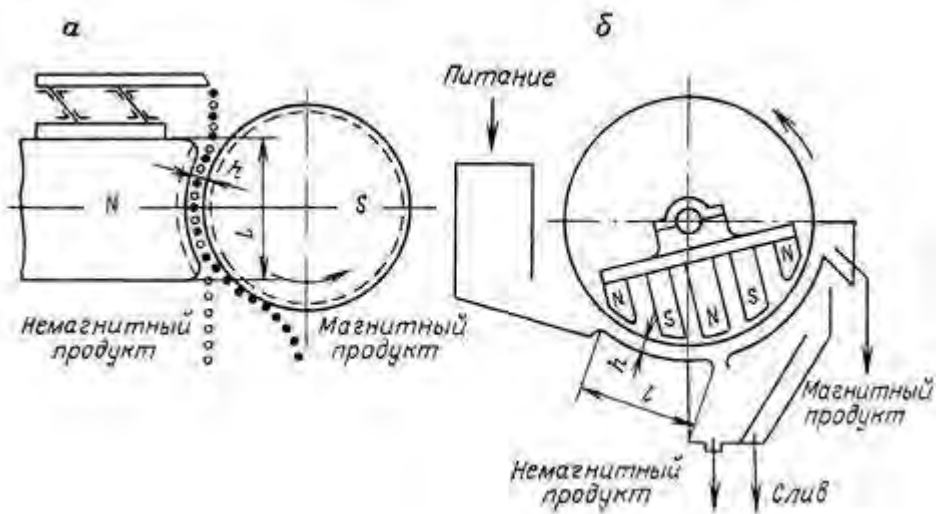
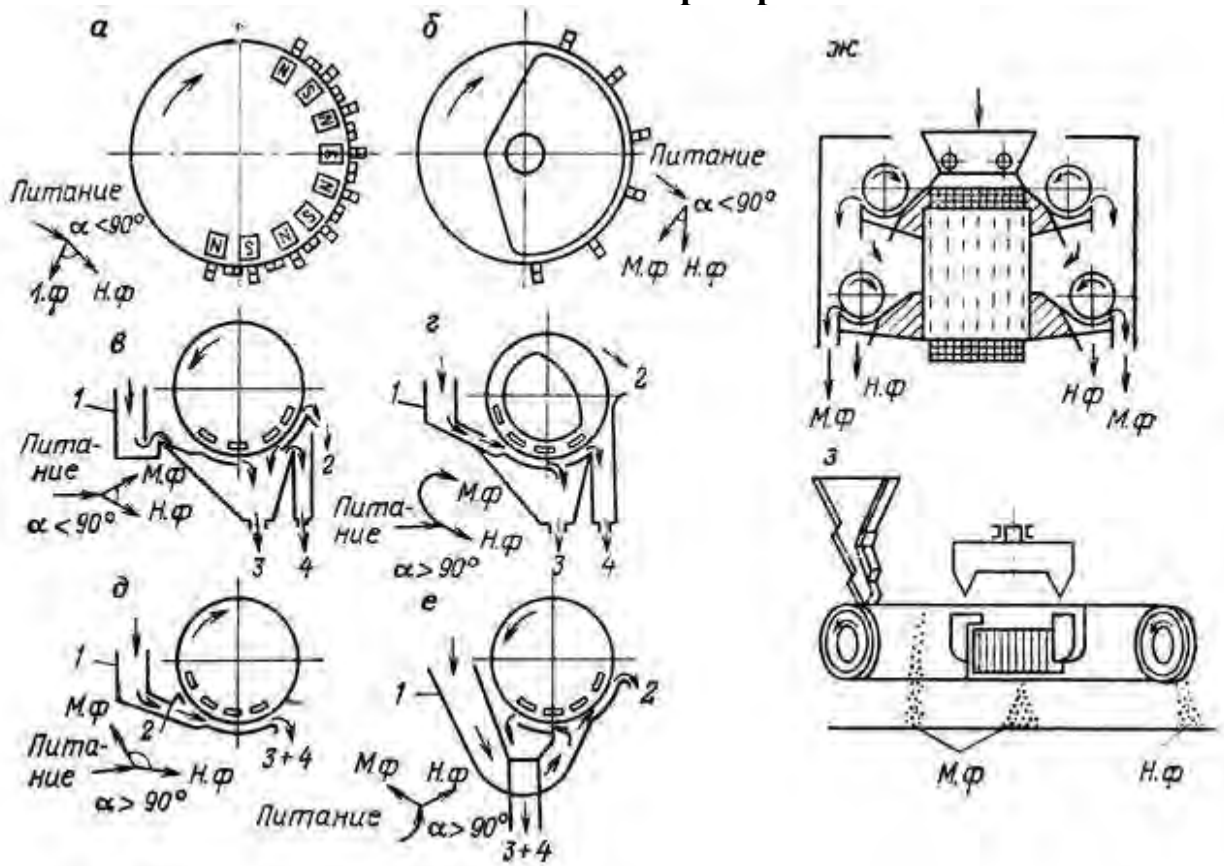


Рисунок 2: Принципиальные схемы наиболее распространенных типов магнитных сепараторов



а - сухой барабанный с чередующейся полярностью; *б* - то же, с постоянной полярностью; *в* - мокрый барабанный прямоточный; *г* и *д* - то же противоточный; *е* - то же, полупротивоточный; *ж* - четырехвалковый; *з* - дисковый

М.ф - магнитная фракция; *Н.ф* - немагнитная фракция

В зависимости от направления движения продуктов относительно друг друга различают сепараторы с прямоточной, противоточной и полупротивоточной ванной (рис. 3). Противоточные сепараторы используются для обогащения руд крупностью от 0 до 0,6 мм, прямоточные аппараты – для обогащения руд крупностью от 0 до 6 мм, а полупротивоточные – для обогащения руд крупностью от 0 до 0,5 мм.

Рисунок 3: Виды магнитных сепараторов в зависимости от направления движения разделяемых частиц



а - прямоточный; *б* - противоточный; *в* – полупротивоточный

Полиградиентное магнитное поле возникает при заполнении пространства между двумя полюсами магнита ферромагнитными телами сферической или другой формы, которые намагничиваются и становятся индукционными магнитами. На всех участках сближения индукционных магнитов магнитные силы действуют по всем трем осям и создают неоднородное по напряженности магнитное поле. Магнитные частицы в таких полях притягиваются индукционными магнитами и выносятся вместе с ними из зоны магнитного поля, где затем эти частицы отделяют от магнитов.

В магнитных сепараторах используются различные постоянные магниты, в том числе из ферритов бария и феррита стронция, сплавов Co-Sm и Nd-Fe-B. Магнитные системы из постоянных магнитов просты в обслуживании, безопасны, не требуют расхода электроэнергии во время эксплуатации сепараторов и вспомогательного оборудования для питания магнитной системы.

Все эти недостатки присущи системам, оборудованным электромагнитами. Преимуществом этих систем является возможность регулирования напряженности магнитного поля. У постоянных магнитов напряженность магнитного поля со временем понижается в результате размагничивания, поэтому после длительной эксплуатации приходится менять всю магнитную систему.

В последние годы получило широкое распространение использование для создания магнитных систем магнитных сепараторов постоянных магнитов Nd-Fe-B. Преимуществами таких магнитных сепараторов являются:

- повышенный срок стабильности магнитных свойств (более 12 лет против 3-5 лет у ферритов);
- высокие показатели магнитных характеристик (до 0,7 Тл);
- большая производительность (до 180 т/час) при существенно меньшем размере и весе.

Требования к магнитным сепараторам регламентируются межгосударственным стандартом – ГОСТ 10512-93 «Сепараторы магнитные и электромагнитные. Общие технические условия». Он введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 2 июня 1994 г. №160 взамен ГОСТ 10512-92.

Стандарт распространяется на магнитные и электромагнитные сепараторы, предназначенные для обогащения руд, обладающих магнитными свойствами, а также для очистки различных немагнитных материалов от магнитных примесей.

ГОСТ 10512-93 регламентирует изготовление следующих типов сепараторов:

1. ПБМ – магнитные барабанные мокрого обогащения сильномагнитных руд;
2. ПБС – магнитные барабанные сухого обогащения сильномагнитных руд и нерудных материалов;
3. ЭВМ – электромагнитные валковые мокрого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов;
4. ЭВС – электромагнитные валковые сухого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов;
5. ЭРМ – электромагнитные роторные мокрого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов.

По заказу потребителя сепараторы типа ПБМ допускается изготавливать в одном из следующих исполнений:

- 1) с прямоточной ванной (без буквенного обозначения исполнения) для материала крупностью до 6 мм;
- 2) с противоточной ванной (исполнение П) для крупности до 3 мм;
- 3) с полупротивоточной ванной (исполнение ПП) для крупности до 1 мм;
- 4) с полупротивоточной циркуляционной ванной (исполнение ППЦ) для крупности до 1 мм;
- 5) с регенерационной ванной (исполнение Р) для крупности до 1 мм.

Кроме того, сепараторы типа ПБМ могут изготавливаться с функциональными зонами сепарации.

Основные параметры и размеры сепараторов типа ПБМ должны соответствовать указанным в таблице 1, типа ПБС – в таблице 2, типа ЭВМ – в таблице 3, типа ЭВС – в таблице 4, типа ЭРМ – в таблице 5.

По заказу потребителя сепараторы типов ПБМ и ПБС всех исполнений допускается изготавливать со значениями магнитной индукции, которые отличаются от указанных параметров в таблицах 1-2.