



**МЕХАНОБР  
ТЕХНИКА**

**«Создание технологий и экспериментальных образцов оборудования для экологически безопасного сухого обогащения бедных тонковкрапленных руд, цветных и благородных металлов, а также слабомагнитных руд черных металлов с участием научных организаций Австралии.»**

**Работы выполнены в рамках государственных контрактов  
№02.515.11.5098 и №02.515.12.5012**

**Организация исполнитель: открытое акционерное общество  
«Научно-производственная корпорация «Механобр-техника»**

# Цель работы

Разработка научно-технических основ технологии и получение исходных данных для создания промышленных образцов оборудования для экологически безопасного обогащения руд чёрных, цветных и благородных металлов, обеспечивающих исключение использования воды для технологических нужд.

## Область применения

- предприятия по переработке руд черных, цветных и благородных металлов;
- предприятия по переработке горно-химического сырья;
- предприятия промышленности нерудных материалов;
- предприятия промышленности строительных материалов;
- предприятия химической промышленности;
- предприятия стекольной и керамической промышленности;
- предприятия по переработке электронного лома и отходов электрокабеля;

# Обоснование разработки

В Российской Федерации ежегодно добывается более 1 млрд. т твердых полезных ископаемых, из которых около 40% подвергаются дальнейшему обогащению с использованием воды в качестве технологической среды.

Расход воды при обогащении составляет 5-10 м<sup>3</sup> на тонну руды, что обуславливает ежегодное потребление более 2 млрд. м<sup>3</sup> воды, причем значительная часть этого потребления приходится на обогащение магнетитовых и гематитовых железных руд.

Применение воды при обогащении руд обусловлено необходимостью диспергирующего воздействия среды на тонкоизмельченные минеральные частицы, подвергаемые сепарации, с использованием гравитационных, магнитных или электрических полей.

Поисковые исследования показали, что можно добиться дезагрегирования сухих минеральных порошков путем воздействия на них вибрационными силами.

Основываясь на результатах поисковых исследований, предлагается разработать технологии и создать экспериментальные устройства, использующие вибрационные воздействия на порошки для обеспечения их дезагрегации перед сепарацией.

Работы по созданию электромагнитного сепаратора для обогащения руд чёрных металлов осуществлялись совместно с Технологическим университетом Curtin University of Technology (Австралия).

# Применение эффекта виброожижения

Процессу разделения мелких минеральных частиц в магнитном поле препятствуют силы типа сухого трения между частицами. При наличии таких сил разделение частиц с различными магнитными свойствами происходит при достижении разности электромагнитных сил определенного предела.

Физической основой, позволяющей надеяться на достижение повышения показателей процесса, является следующая качественная закономерность:

*Силы сухого трения + вибрация = силы типа вязкого трения + дополнительная («вибрационная») сила.*

При наличии сил типа вязкого трения разделение частиц начинается теоретически при любой, отличной от нуля разности сил.

Можно надеяться, что при наличии вибрации будет происходить более полное и быстрое разделение частиц с различными магнитными свойствами.

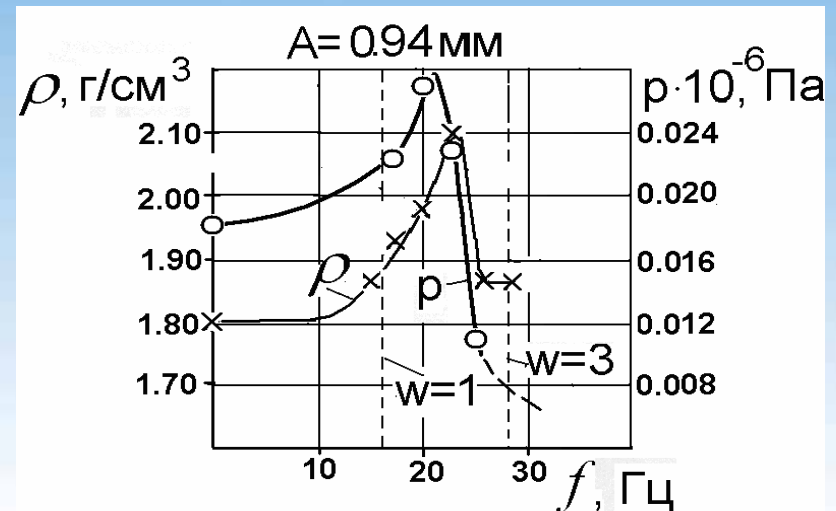
Параметры вибрации лотка питателя обычно устанавливаются из требований получения необходимой скорости перемещения сыпучего материала в магнитном поле. Если одновременно выбрать параметры вибрации из условия поддержания частиц сыпучего материала во взвешенном состоянии в воздушной среде (виброкипение), то можно ожидать, что будет также происходить извлечение магнитных частиц из толщи слоя, а не только с его поверхностной части. Тем самым повысится эффективность процесса и отпадёт необходимость применения технологической воды.

# Исследования эффекта виброожижения



- 1) Поперечная (вертикальная) амплитуда вибрации 0.1 мм
- 2) Угол вибрации 45град
- 3) Полная амплитуда вибрации 0,14 мм
- 4) Продольная (горизонтальная) амплитуда вибрации 0.01 см
- 5) Частота вибрации 100 Гц (628 с-1)
- 6) Коэффициент перегрузки  $w=4,02$
- 7) Скорость транспортировки 4,4 см/с

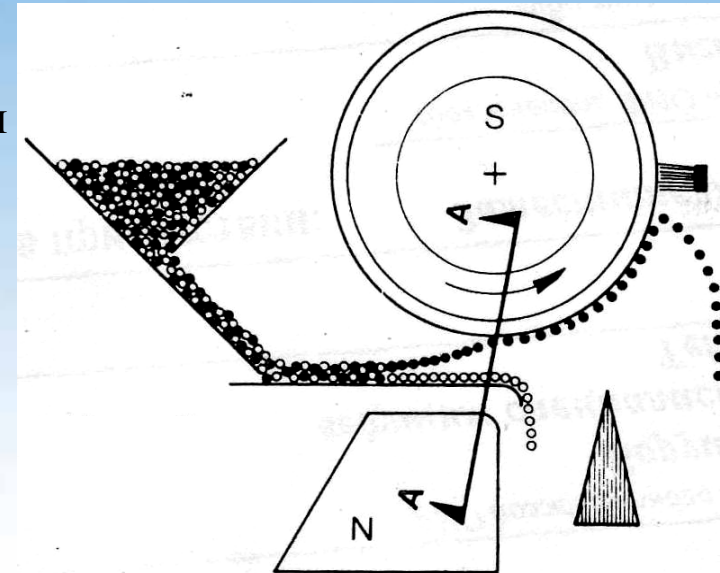
В результате выполнения расчётов и проведения лабораторных исследований, определены параметры вибрации для достижения эффекта виброожижения



Зависимости плотности сыпучей среды и давления, действующего на пенетрометр, от частоты вибрации для пробы гематитовой руды.

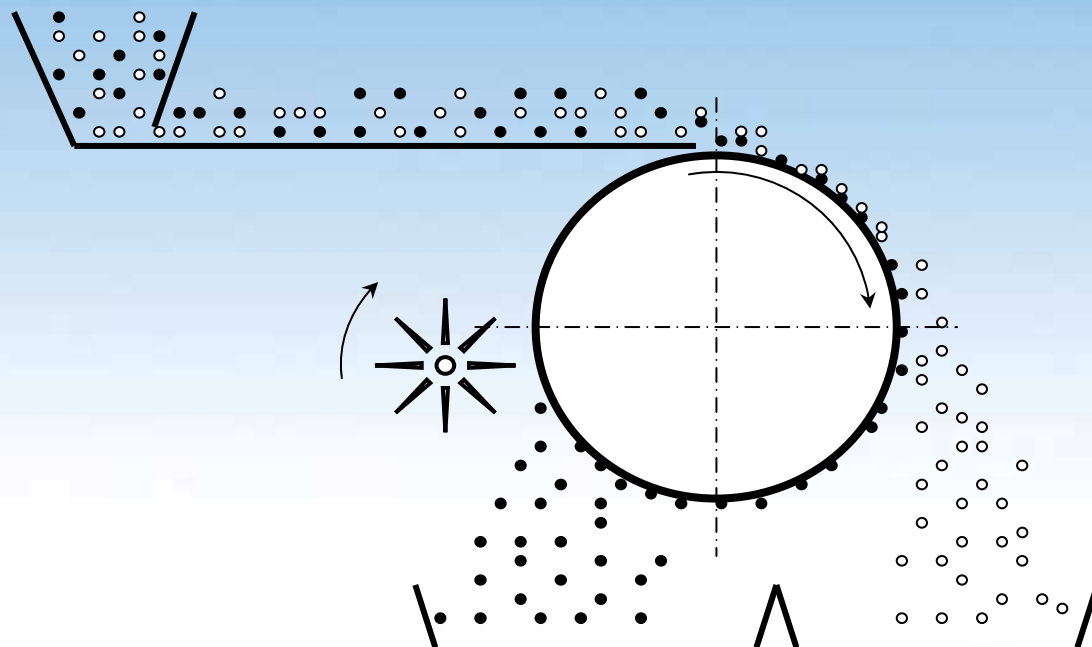
# Описание разработанной технологии сухой магнитной сепарации:

- питание подается в рабочую зону с помощью вибрационного питателя (лотка), который обеспечивает преодоление сил взаимной адгезии частиц – эффект псевдооживления потока сухого материала;
- магнитный рабочий орган в виде вращающегося зубчатого валка, расположенный над вибропитателем, обеспечивает извлечение слабомагнитных частиц из псевдооживленного потока материала;
- центробежная сила, возникающая при вращении магнитного валка, обеспечивает удаление с его поверхности немагнитных частиц, увлеченных слабомагнитными частицами;
- слабомагнитные частицы, удержавшиеся на поверхности валка, счищаются щеткой и разгружаются с помощью специального устройства;
- немагнитные частицы разгружаются с помощью вибропитателя.



# Описание разработанной технологии сухой сепарации порошков содержащих парамагнетики и диамагнетики:

В основу выбранной технологии заложено применение вибрационного воздействия для дезагрегирования тонкоизмельчённых руд цветных и благородных металлов перед подачей их в зону валкового сепаратора на постоянных магнитах т.е. подача питания в псевдооживленном виде («кипящий» слой). Это облегчает условия сепарации и позволяет отказаться от применения технологической воды.

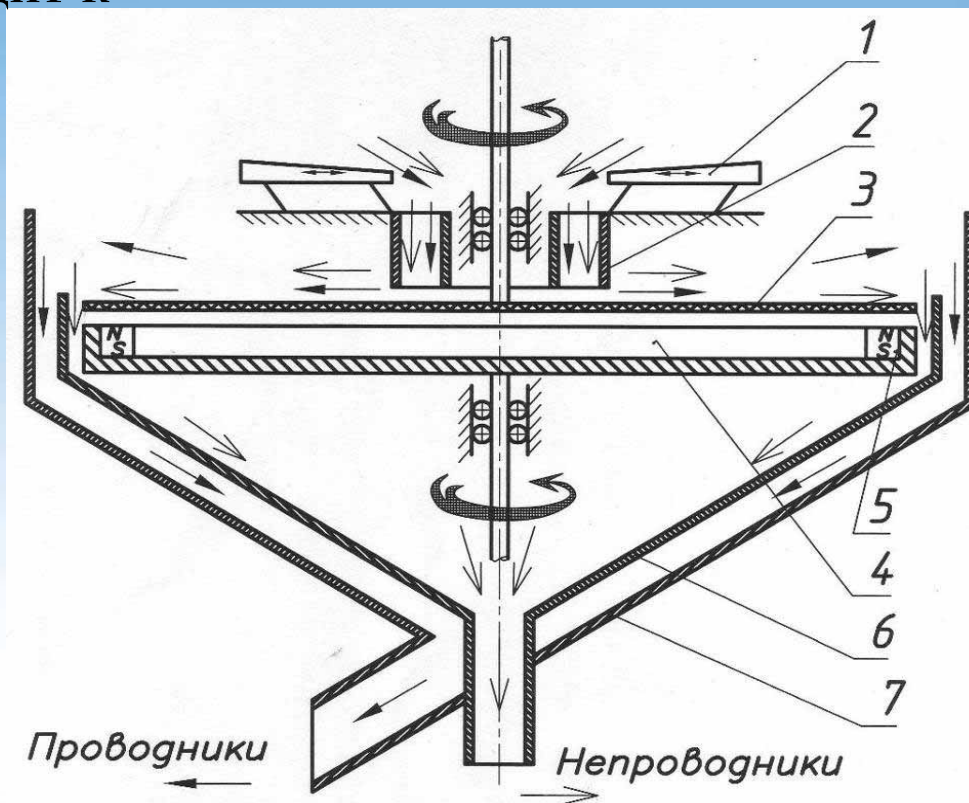




# Описание разработанной технологии сухой сепарации порошков, содержащих проводники и диэлектрики:

Разрабатываемый метод заключается в наведении вращающимся магнитным полем электродвижущей силы (ЭДС) в частицах из цветных металлов, возбуждающей вихревые токи. Взаимодействие наведенных вихревых токов с вращающимся магнитным полем приводит к

возникновению магнитных сил, которые изменяют траекторию движения токопроводящих частиц относительно траектории неэлектропроводящих частиц, что обеспечивает их разделение.



# Экспериментальные образцы оборудования



# Технические требования для разработки опытного образца сухого электромагнитного сепаратора для обогащения руд чёрных металлов

| Характеристика                                         | Величина |
|--------------------------------------------------------|----------|
| Производительность, т/ч                                | до 10    |
| Диаметр рабочей части валка, мм.                       | 260      |
| Длина рабочей части валка, мм                          | 2 x 500  |
| Величина рабочего зазора, мм                           | 10-15    |
| Крупность исходного материала, мм, не более            | 2        |
| Магнитная индукция в рабочей зоне, Тл, не менее        | 1,5      |
| Мощность электродвигателя привода валка, кВт, не более | 4,0      |
| Мощность электромагнитной системы, кВт, не более       | 4,0      |
| Частота вращения валка, мин <sup>-1</sup>              | 65-200   |
| Габаритные размеры ,мм                                 |          |
| длина                                                  | 2700     |
| ширина                                                 | 1500     |
| высота                                                 | 2000     |
| Масса (без пульта управления), кг                      | 5000     |

# Технические требования для разработки опытного образца сухого магнитного сепаратора для обогащения руд цветных металлов

| Характеристика                                           | Величина |
|----------------------------------------------------------|----------|
| Производительность, т/ч                                  | до 5     |
| Диаметр рабочей части валка, мм.                         | 200      |
| Длина рабочей части валка, мм                            | 1000     |
| Число валков                                             | 2        |
| Магнитная индукция в рабочей зоне, Тл, не менее          | 1,0      |
| Мощность электродвигателей привода валков, кВт, не более | 1,5      |
| Частота вращения валков, мин <sup>-1</sup>               | 40-100   |
| Габаритные размеры ,мм<br>длина                          | 1600     |
| ширина                                                   | 1200     |
| высота                                                   | 1800     |
| Масса (без пульта управления), кг                        | 2000     |

# Технические требования для разработки опытного образца устройства для сухой сепарации порошков, содержащих проводники и диэлектрики

| Характеристика                                                                                                       | Величина             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Производительность, т/ч                                                                                              | до 0,3               |
| Диаметр рабочего органа (диэлектрического диска), мм.                                                                | 1000                 |
| Внутренний диаметр кольцевого питателя, мм                                                                           | 400                  |
| Наружный диаметр кольцевого питателя, мм                                                                             | 500                  |
| Диаметр магнитного ротора, мм                                                                                        | 1000                 |
| Индукция магнитного поля на поверхности рабочего органа, Тл, не менее                                                | 0,4                  |
| Величина кольцевого зазора для разгрузки непроводникового продукта, мм                                               | 10                   |
| Частота вращения рабочего органа, об/мин                                                                             | 20-100               |
| Частота вращения магнитного ротора, об/мин                                                                           | 3000                 |
| Номинальная мощность, кВт, не более<br>электродвигателя диэлектрического диска<br>электродвигателя магнитного ротора | 1,5<br>4,0           |
| Габаритные размеры (без вибропитателя) ,мм<br>длина<br>ширина<br>высота                                              | 1500<br>1500<br>1800 |
| Масса (без пульта управления), кг                                                                                    | 600                  |

# Заключение:

Разработанная в ходе выполнения работ научно-техническая продукция обладает следующими преимуществами по сравнению с известными аналогами:

- высокоградиентный магнитный сепаратор для обогащения руд цветных и благородных металлов, отличающийся от известных аналогов подачей исходного питания в рабочую зону в псевдооживленном состоянии что обеспечивает возможность эффективной сепарации тонкоизмельченных минералов в сильном магнитном поле без использования воды в качестве дисперсионной среды;

- электродинамический сепаратор для обогащения по электропроводности, отличающийся вращением рабочего органа вокруг вертикальной оси и обеспечивающий эффективное разделение проводников и диэлектриков в диапазоне крупности от 1 до 5 мм;

- электромагнитный сепаратор для сухого обогащения слабомагнитных руд чёрных металлов, позволяющий отказаться от применения воды в качестве дисперсионной среды за счёт подачи питания в псевдооживленном состоянии.

Таким образом, в результате выполнения данных работ, была получена научно-техническая продукция, способствующая созданию новых типов оборудования обеспечивающих экологически безопасное обогащение минерального сырья на горно-обогатительных предприятиях, предприятиях стекольной, керамической, химической промышленности, а также промышленности строительных и нерудных материалов. Данная продукция ориентирована на широкое применение в научно-исследовательских организациях и фирмах-производителях наукоемкой продукции и является конкурентоспособной на мировом рынке.