



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Направленность (профиль)	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор - разработчик: Мушкетов А.А., канд. техн. наук
Рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Практическая работа – это средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы.

Практическая работа 1

Тема: Определение показателей крупности материала и удельной производительности мельницы по расчётному классу

Цель работы

Определить показатели крупности материала, измельчённого в лабораторной шаровой мельнице при различных продолжительностях, и удельную производительность мельницы по расчётному классу $-0,071+0$ мм.

Материалы и оборудование

Одна проба руды массой 100 г, три навески руды массой по 300 г, лабораторная шаровая мельница объёмом 7 л, секундомер, набор сит для ситового анализа, вибрационный ситовый анализатор, кисточки, весы, сушильный шкаф, брызгало.

Ход работы

Три навески массой по 300 г отдельно нумеруются (№ 2, 3 и 4), загружаются в лабораторную шаровую мельницу и в мокрую измельчаются при продолжительностях t_1 ; t_2 и t_3 мин соответственно. Вместе с каждой навеской в мельницу заливается по 150 мл воды для обеспечения массовой доли твёрдого в пульпе 67 %.

После измельчения каждая измельчённая навеска разгружается из мельницы и отстаивается (декантируется) для разделения на обезвоженную твёрдую часть и осветлённый слой воды, который сливается.

Обезвоженные измельчённые навески высушиваются в сушильном шкафу. Из высушенных навесок, предварительно тщательно перемешанных, отбираются пробы массой по 100 г каждая. Для определения гранулометрического состава исходная неизмельчённая проба руды (№ 1) и три пробы, отобранные от измельчённых навесок № 2, 3 и 4, подвергаются комбинированному ситовому анализу.

Комбинированный ситовый анализ заключается в первоначальном **мокроем ситовом анализе** пробы и последующем **сухом ситовом анализе** высушенной надрешётной части. При мокром ситовом анализе проба промывается водой на сите с мелким размером отверстия (как правило 0,071 мм). Полученный надрешётный продукт сушится и рассеивается на наборе сит. При мокром просеивании материала эффективность прохождения тонких частиц через сита с небольшим размером отверстий значительно выше по сравнению с сухим просеиванием. Схема проведения комбинированного ситового анализа приведена на рисунке 1.

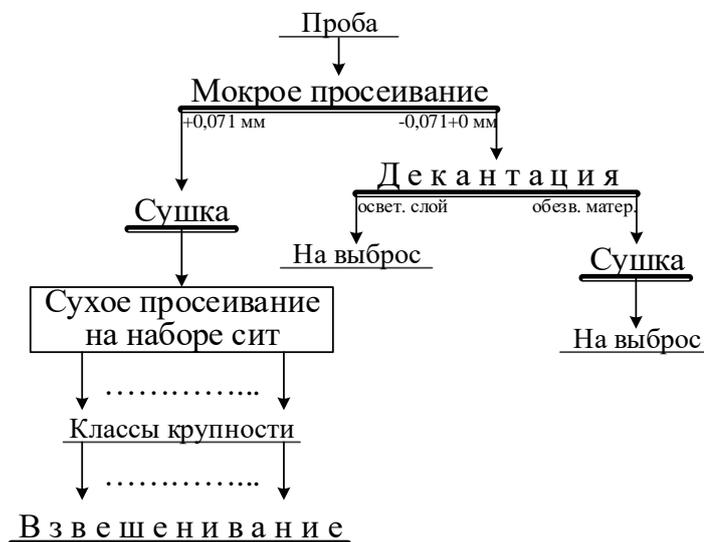


Рисунок 1 – Схема проведения комбинированного ситового анализа

Для проведения комбинированного ситового анализа исследуемую пробу предварительно отмывают на сите с размером отверстия 0,071 мм с последующим получением кл. -0,071+0 и +0,071 мм. Класс -0,071+0 мм отстаивается (декантируется) с последующим сливом осветлённый слоя воды. Обезвоженный кл. -0,071+0 мм и кл. +0,071 мм переводят в чашки и сушат.

Высушенный кл. +0,071 мм подвергается сухому ситовому анализу на наборе сит при помощи вибрационного ситового анализатора. Продолжительность сухого ситового анализа составляет 15 мин. Полученные классы крупности взвешиваются с последующим расчётом частных и суммарных выходов.

Обработка результатов

Одним из важных показателей, по которому оценивается эффективность циклов измельчения на фабрике является **удельная производительность мельницы по расчётному классу (q^{-a})**. В этом показателе $-a$ – это класс крупности $-a+0$ мм по которому ведётся расчёт удельной производительности цикла измельчения. Этот показатель показывает массу расчётного класса крупности, образовавшегося в процессе измельчения, которая приходится на единицу объёма барабана мельницы. Как правило расчётный класс равен конечной крупности материала, при которой в последней стадии обогащения возможно получение готового концентрата. На фабриках готовым классом, как правило, считается кл. -0,071+0 мм. Удельная производительность промышленной мельницы по расчётному классу $-a$ мм рассчитывается по формуле

$$q^{-a} = \frac{Q \cdot (\beta^{-a} - \alpha^{-a})}{100 \cdot V}, \text{ т/(ч} \cdot \text{м}^3), \quad (1)$$

где Q – производительность по твёрдому мельницы, т/ч; β^{-a} и α^{-a} – массовая доля кл. $-a+0$ мм в измельчённом материале и в питании мельницы соответственно, %; V – объём мельницы, м³.

Удельная производительность лабораторной мельницы по расчётному классу $-a$ мм периодического действия рассчитывается по формуле

$$q^{-a} = \frac{M \cdot (\beta^{-a} - \alpha^{-a})}{100 \cdot V \cdot \tau}, \text{ т/(ч} \cdot \text{м}^3), \quad (2)$$

где M – масса измельчаемого материала, т; β^{-a} и α^{-a} – массовая доля кл. $-a+0$ мм в измельчённом материале и в питании мельницы соответственно, %; V – объём мельницы, м³; τ – продолжительность измельчения, ч.

Полученные результаты заносятся в таблицу, общий вид которой представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Общий вид таблицы гранулометрического состава

Класс крупности, мм	Масса, г	Частный выход, %	Суммарный выход, %	
			«по плюсу»	«по минусу»
...

По рассчитанным данным строится и определяется следующее.

1. Зависимость массовой доли кл. -0,071+0 в материале (β^{-71}) и удельной производительности мельницы по кл. -0,071+0 мм (q^{-71}) от продолжительности измельчения (τ) (две зависимости на одном графике).

2. Зависимость удельной производительности мельницы по кл. -0,071+0 мм (q^{-71}) от крупности измельчённого материала (β^{-71}).

3. Зависимости суммарных выходов классов крупности (γ^+ и γ^-) от соответствующей границы суммарного класса крупности ($+d$ и $-d$ мм).

4. Зависимость средневзвешенной (d_{cp}) и номинальной (d_{95}) крупности от продолжительности измельчения (τ).

Выводы

Полученные зависимости проанализировать и сделать по ним выводы о влиянии исследуемых факторов (τ и β^{-71}) на показатели крупности материала и удельную производительность мельницы по расчётному классу.

Практическая работа 2

Тема: Магнитный анализ магнетитовой руды

Цель работы

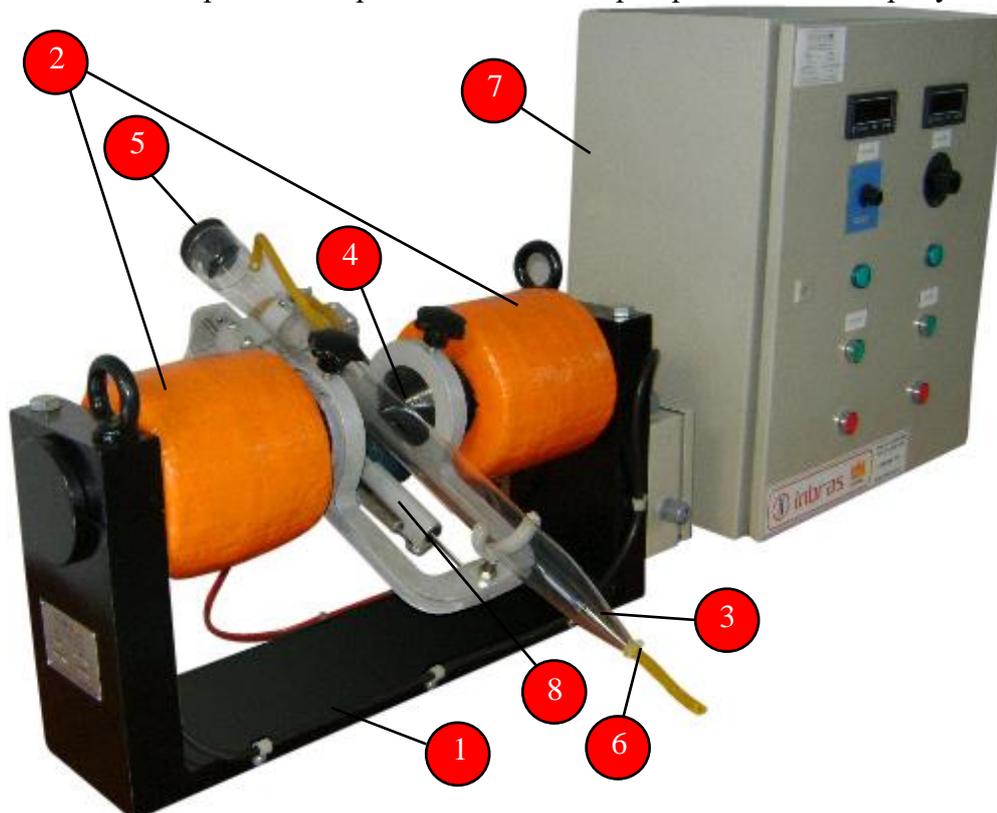
Определить выходы продуктов магнитного анализа и влияние напряжённости магнитного поля на технологические показатели обогащения.

Материалы и оборудование

Три навески магнетитовой руды массой по 50 г, магнитный анализатор, кисточки, весы, стаканчик, воронка, сушильный шкаф, брызгало.

Ход работы

Магнитный анализатор (трубка Дэвиса) – это устройство для определения технологических показателей магнитного обогащения материала, имеющем в своём составе сильномагнитные минералы. Изображение анализатора представлено на рисунке 2.



1 – магнитопровод (сердечник); 2 – медные катушки; 3 – стеклянная трубка; 4 – полюсный наконечник; 5 – загрузочное отверстие; 6 – выпускное отверстие стеклянной трубки; 7 – выпрямитель электрического тока; 8 – кривошипно-шатунный механизм.

Рисунок 2 – Магнитный анализатор

Исследуемый материал небольшими порциями загружается в приёмное отверстие (5) трубки (3), в которое непрерывно поступает питающая вода с постоянным расходом. При помощи кривошипно-шатунного механизма (8) стеклянная трубка совершает возвратно-поступательное движение. Под действием силы тяжести и гидродинамических сил частицы материала транспортируются до уровня полюсных наконечников (4), где попадают в зону постоянного магнитного поля. Полюсные наконечники являются частью магни-

топровода (1), на котором намотаны медные провода в виде катушек (2). По проводу течет постоянный электрический ток, который создаёт постоянное магнитное поле. Постоянный ток вырабатывается выпрямителем (7). Зёрна и сrostки минералов, обладающие сильномагнитными свойствами, захватываются магнитным полем в зоне полюсных наконечников и выстраиваются по его линиям напряжённости. Зёрна и сrostки минералов, не обладающие сильномагнитными свойствами, под действием силы тяжести и гидродинамических сил транспортируются к разгрузочному отверстию (6). Трубка (3), совершающая постоянные возвратно-поступательные движения, создаёт аналогичные по характеру движения потоки воды, которые вымывают механически захваченные немагнитные зёрна из магнитного продукта, сконцентрированного между полюсами (4).

Каждая навеска предварительно замачивается в стаканчике с водой. Стеклоанная трубка магнитного анализатора заполняется потоком питающей воды с таким расходом, чтобы поверхность воды внутри трубки находилась выше полюсов магнитной системы, но ниже разгрузочного отверстия. В процессе заполнения трубки открывается её выпускной кран для обеспечения постоянства заданного уровня воды. Вода из крана при этом по шлангу стекает в накопительную ёмкость. После установки водного режима, обеспечивающего постоянство необходимого уровня поверхности воды, происходит установка на выпрямителе заданной силы тока (I_1 , I_2 и I_3) и включение механизма возвратно-поступательного движения трубки.

После завершения подготовки анализатора к работе происходит постепенная загрузка материала в трубку небольшими порциями при помощи брызгала. Загрузка каждой новой порции осуществляется только после осветления воды в трубке.

В процессе работы необходимо следить за **постоянством уровня пульпы** в трубке анализатора при помощи увеличения или уменьшения поступающей в неё воды. В случае заполнения накопительной ёмкости немагнитным материалом необходимо заменить ёмкость.

После пропускания всей массы навески необходимо промыть стеклоанную трубку питающей водой от остатков немагнитного продукта при помощи попеременного её заполнения и опорожнения. После очистки трубки от остатков немагнитного продукта необходимо выключить питающую воду и поставить под разгрузочное отверстие новую ёмкость для магнитного продукта.

Для разгрузки магнитного продукта необходимо на выпрямителе **плавно вывести текущую силу тока до значения «0»**, выключить выпрямитель, включить питающую воду и также промыть стеклоанную от остатков магнитного продукта при помощи попеременного её заполнения и опорожнения.

Полученные продукты декантируются с последующим сливом осветлённого слоя воды и сушатся. После сушки продукты взвешиваются.

Обработка результатов

Полученные массы заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Общий вид таблицы гранулометрического состава

Продукт	Масса, г	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
$I_1 = \dots$				
Магнитный			β_{Fe}	
Немагнитный				
Исходный			α_{Fe}	
$I_2 = \dots$				
Магнитный			β_{Fe}	
Немагнитный				
Исходный			α_{Fe}	
$I_3 = \dots$				
Магнитный			β_{Fe}	

Немагнитный				
Исходный			α_{Fe}	

При помощи полученных результатов

1. Рассчитать выходы продуктов.
2. При помощи уравнений баланса по ценному компоненту и заданных массовых долей железа произвести расчёт массовой доли железа в продуктах обогащения.
3. Рассчитать извлечение железа в продукты обогащения.
4. Построить графики зависимостей выхода магнитного продукта и массовой доли железа в нём от напряжённости магнитного поля.

Выводы

Сделать выводы о влиянии напряжённости магнитного поля на технологические показатели обогащения.

Практическая работа 3

Тема: Влияние расхода собирателя на кинетику Флотации измельчённой сульфидной руды

Цель работы

Определить влияние расхода собирателя на кинетику флотации измельчённой сульфидной руды.

Материалы и оборудование

Две навески сульфидной руды по 1000 г, лабораторная флотационная машина с объёмом камеры 3 л, реагенты собиратель и вспениватель, лабораторная шаровая мельница объёмом 7 л, секундомер, ручное сито 1 мм, шприц.

Ход работы

Кинетика флотации – это зависимость суммарных показателей, характеризующих флотационный процесс, от продолжительности флотации (t). Кинетика флотации определяется по результатам флотационного эксперимента. Для этого продолжительность флотационного опыта разбивают на несколько временных отрезков, в течение которых проводят накопления порций (фракций) пенного продукта. К примеру, кинетика извлечения ценного компонента в пенный продукт флотации может выглядеть так, как это представлено на рисунке 3.

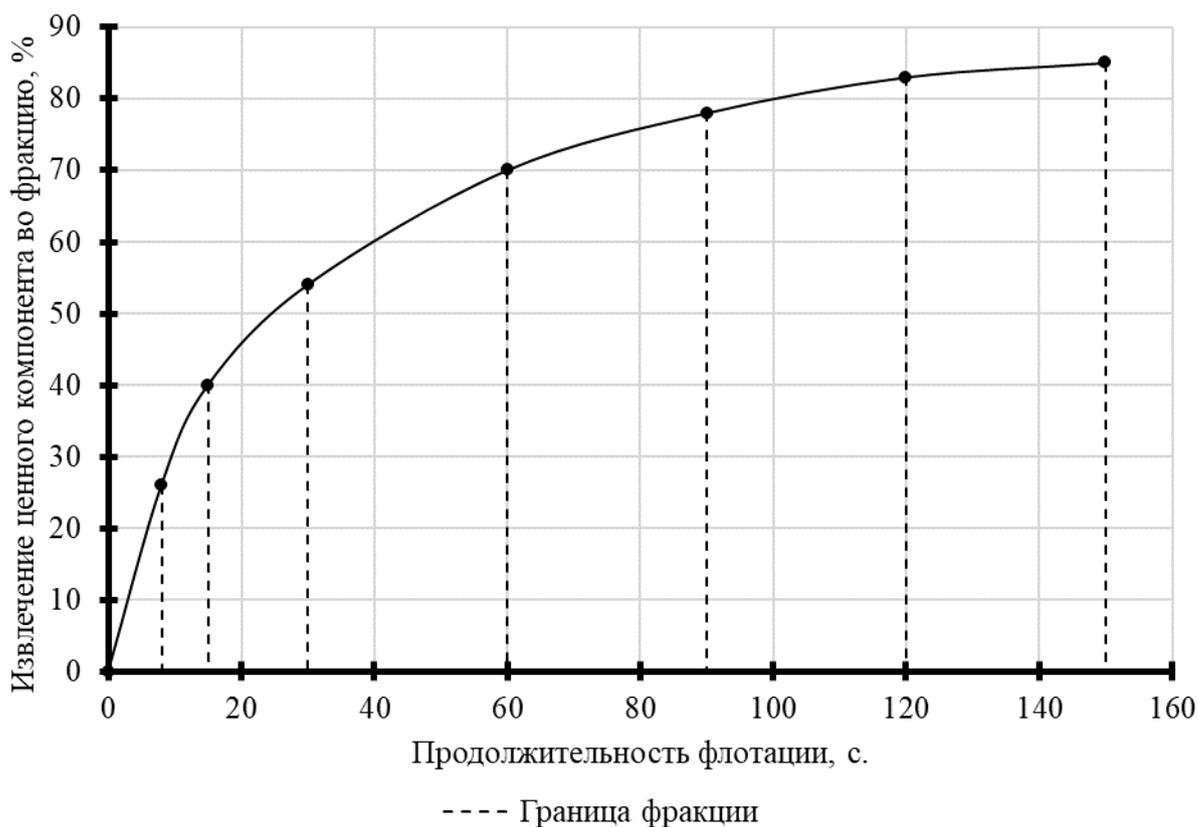


Рисунок 3 – Изображение кинетики флотации

В данном случае границами фракций будет являться границы интервалов времени, в течение которых была отобрана эта фракция, например, фракция 0-8 мин, 8-15 мин и т.д.

Как правило, под кинетикой флотации понимают зависимости суммарного извлечения ценного компонента в пенный продукт и суммарного выхода пенного продукта от продолжительности флотации. Однако, в процессе исследований могут также исследоваться и другие зависимости технологических показателей от продолжительности флотации и расходов реагентов.

Для исследования влияния расхода собирателя на кинетику выхода пенного продукта необходимо провести два опыта (опыты № 1 и 2) при различных его расходах. В качестве собирателя используется реагент бутиловый ксантогенат.

Две навески руды измельчаются при одинаковой продолжительности τ в шаровой мельнице. Разгрузка материала из мельницы в накопительную ёмкость осуществляется через сито 1 мм с целью предотвращения попадания в импеллер флотационной машины крупных частиц, которые могут привести к его поломке.

После просеивания материал из накопительной ёмкости переводится во флотационную камеру. Камера закрепляется во флотационной машине таким образом, чтобы импеллер был погружен в пульпу. После установки, включается импеллер и в камеру добавляется вода до сливного порога и собиратель объёмом V_1 . Под сливной порог камеры ставится чашка для сбора пенного продукта. После агитации в течение одной минуты в камеру добавляется пенообразователь. После ещё одной минуты агитации включается аэрация, пеногон и секундомер. При помощи секундомера производится отсчёт интервалов времени, в течение которых необходимо отобрать четыре флотационные фракции. Продолжительность отбора каждой фракции составляет 4 мин.

При этом в процессе флотации по мере удаления пенного продукта из камеры необходимо периодически добавлять в неё такое количество воды, чтобы обеспечить в ней уровень пульпы близкий к уровню сливного порога.

После отбора последней пенной фракции флотация прекращается, чашки с пенными продуктами обезвоживаются и сушатся. Камерный продукт декантируется, обезвоживается и переводится в чашку для сушки.

В дальнейшем делается опыт № 2 повторяется с расходом собирателя V_2 .

Обработка результатов

Полученные массы заносятся в таблицу 3. с последующим расчётом выхода каждой фракции.

Таблица 3 – Общий вид таблицы гранулометрического состава

№	Продукт	Продолжительность флотации, мин	Масса, г	Выход, %		Скорость изменения выхода пенного продукта, %/с
				частный	суммарный	
Опыт № 1, концентрация собирателя V_1						
2.1	Фракция № 1	4				
3.1	Фракция № 2	4				
4.1	Фракция № 3	4				
5.1	Фракция № 4	4				
6.1	Камерный	–				
Опыт № 2, концентрация собирателя V_2						
2.2	Фракция № 1	4				
3.2	Фракция № 2	4				
4.2	Фракция № 3	4				
5.2	Фракция № 4	4				
6.2	Камерный	–				
1	Исходный		1000	100,00		

При помощи полученных результатов для каждого опыта:

1. Рассчитываются выходы фракции;
2. Строится зависимость суммарного выхода пенного продукта флотации от её продолжительности $\Sigma\gamma_{\text{п}}=f(t)$;
3. Определяется скорость изменения выхода пенного продукта ($\Delta\gamma$) для каждой фракции по формуле

$$\Delta\gamma_{\text{п}} = \frac{\gamma_{i+1} - \gamma_i}{t_{i+1} - t_i}, \%/\text{с} \quad (3)$$

где γ_{i+1} , γ_i – выходы $i+1$ -ой и i -ой фракций соответственно, %; t_{i+1} , t_i – продолжительности флотации $i+1$ -ой и i -ой фракций соответственно, с.

4. Строится зависимость скорости изменения выхода пенного продукта флотации от её продолжительности $\Delta\gamma_{\text{п}} = f(t)$.

Выводы

Охарактеризовать виды полученных зависимостей, сделать вывод о влиянии расхода собирателя на выходы фракции и скорость изменения выхода пенного продукта.